

ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN

**ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN EN COLOMBIA VS ESTÁNDARES
DE DISEÑO INTERNACIONALES A NIVEL LATINOAMÉRICA**

MARÍA VIRGINIA ROCHA GRACIA

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2021

**ANÁLISIS DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN EN COLOMBIA VS ESTÁNDARES
DE DISEÑO INTERNACIONALES A NIVEL LATINOAMÉRICA**

MARÍA VIRGINIA ROCHA GRACIA

Proyecto de grado

Para optar al título en Maestría en Infraestructura Vial

Dirigido por:

Ing. M.Sc. Andrea Stefannia Arévalo Támara

Doctora en Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD SANTO TOMAS

FACULTAD INGENIERÍA CIVIL

BOGOTÁ D.C.

2021

Contenido

Resumen	10
Introducción	11
1. Planteamiento del Problema.....	13
2. Justificación	18
3. Objetivos.....	21
3.1. Objetivos Específicos	21
4. Marco Normativo en Colombia.....	21
4.1. Análisis de Impacto Normativo	22
4.1.1. Identificación de Actores.....	24
4.1.1.1. Sector Público	24
4.1.1.2. Sector Privado.....	25
4.1.2. Mercado Global de Sistemas de Contención Vehicular	26
4.2. Avance de acciones a nivel nacional para la normativa de implementación de sistemas de contención vial.	27
5. Estado del Arte	29
5.1. Antecedentes de seguridad vial	29
5.1.1. Situación de la Seguridad Vial en Colombia (2005 – 2014)	29
5.1.1.1. Víctimas de accidentes de tránsito según características del accidente	31
5.1.2. Situación de la Seguridad Vial en Colombia 2017 a 2021-1.....	34
5.2. Conceptos generales sobre sistemas de contención vial	36
5.2.1. Los terminales tipo «cola de pez o cuchara»	43
6. Metodología.....	46
6.1. FASE I - Recopilación y análisis de información.....	46
6.1.1. Solicitud, recopilación y análisis de datos de accidentalidad a nivel nacional	46
6.1.2. Consulta sobre la existencia de manuales normatizados de diseño de sistemas de contención vial a nivel Latinoamérica.....	47
6.2. FASE II – Diseño de sistemas de contención en 2 tramos viales	48
6.2.1. Definición de los tramos a evaluar.	48
6.2.2. Visita de inspección y recopilación de la información específica de los tramos..	48
6.2.3. Diseño de los sistemas de contención	49
6.3. FASE III – Comparativo del sistema existente vs el diseño obtenido.....	49

6.3.1.	Análisis de los resultados y formulación de recomendaciones.....	49
6.4.	FASE IV – Análisis de los resultados con respecto a la normatividad vigente	49
7.	Resultados.....	50
7.1.	Procesamiento y clasificación de datos de accidentalidad a nivel nacional	50
7.2.	Consulta de la normatividad vigente a nivel Latinoamérica respecto a parámetros de diseño de sistemas de contención vial	59
7.3.	Diseño Sistemas de Contención	74
7.3.1.	Tramo 1: Ruta 2503 Sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)	75
7.3.1.1.	Ubicación	75
7.3.1.2.	Descripción General del tramo	75
7.3.1.3.	Accidentalidad relacionada con el sistema de contención vial.....	77
7.3.1.4.	Señalización y otros dispositivos de seguridad vial	80
7.3.1.5.	Registro de Toma de Velocidades.....	81
7.3.1.6.	TPD y Composición Vehicular	82
7.3.1.7.	Identificación de Riesgos	83
7.3.1.8.	Registro Fotográfico Riesgos	86
7.3.1.9.	Diseño del sistema de Contención	89
7.3.1.9.1.	Nivel de Riesgo	89
7.3.1.9.2.	Nivel de Contención.....	90
7.3.1.9.3.	Selección de la Barrera	90
7.3.1.9.4.	Capacidad de deflexión y ancho de trabajo	93
7.3.1.9.5.	Selección del nivel de severidad.....	94
7.3.1.9.6.	Disposición de la Barreras de contención	94
7.3.1.9.7.	Disposición longitudinal de las barreras.....	95
7.3.1.9.8.	Ubicación lateral de la barrera de contención	95
7.3.1.9.9.	Altura de la barrera	96
7.3.1.9.10.	Terminales.....	97
7.3.1.9.11.	Consideraciones especiales	97
7.3.1.9.12.	Recomendaciones particulares.....	98
7.3.1.9.13.	Costos asociados a la implementación de medidas propuestas a corto y largo plazo	99
7.3.1.9.14.	Principales ajustes propuestos en el tramo 1.....	100
7.3.2.	Tramo 2: Ruta 2002 Sector “Patíco–Paletará” (PR 34+040 a PR 34+400).....	102
7.3.2.1.	Ubicación	102

7.3.2.2.	Descripción General del tramo	103
7.3.2.3.	Accidentalidad relacionada con sistema de Contención Vial	105
7.3.2.4.	Señalización y otros dispositivos de seguridad vial	107
7.3.2.5.	Registro de Toma de Velocidades.....	108
7.3.2.6.	TPD y composición vehicular	109
7.3.2.7.	Identificación de riesgos.....	110
7.3.2.8.	Registro Fotográfico Riesgos	113
7.3.2.9.	Diseño del sistema de Contención	117
7.3.2.9.1.	Nivel de Riesgo	117
7.3.2.9.2.	Nivel de Contención.....	117
7.3.2.9.3.	Selección de la Barrera	118
7.3.2.9.4.	Capacidad de deflexión y ancho de trabajo	120
7.3.2.9.5.	Selección del nivel de severidad.....	121
7.3.2.9.6.	Terminales.....	121
7.3.2.9.7.	Consideraciones especiales	122
7.3.2.9.8.	Recomendaciones particulares.....	122
7.3.2.9.9.	Costos asociados a la implementación de medidas propuestas a corto y largo plazo	123
7.3.2.9.10.	Principales ajustes propuestos en el tramo 2.....	124
7.4.	Comparativo de resultados entre las metodologías de diseño utilizadas	126
8.	Conclusiones y Recomendaciones	129
9.	Recomendaciones para futuras investigaciones	131
10.	Bibliografía	132

Lista de Tablas

Tabla 1	Usuarios lesionados o fallecidos por choque con objeto fijo, 2019	23
Tabla 2	Fallecidos y lesionados en accidente de tránsito según clase de accidente y condición de la víctima. Colombia, 2005 - 2014 (acumulado)	32
Tabla 3	Fallecidos y lesionados en accidente de tránsito según clase de accidente y tipo de vehículo	33
Tabla 4	Peligros laterales a la vía – enumerados de mayor (#1) a menor riesgo (#62) ...	40
Tabla 5	Número total de accidentes tipo choque con objeto fijo, comparado con el total acumulado de accidentes periodo 2007 a 2018	50
Tabla 6	Incidencia anual de total de accidente tipo choque con objeto fijo, respecto a total consolidado anual de accidentes en Colombia (2007 – 2018)	51
Tabla 7	Total accidentes a nivel nacional agrupado por accidente tipo choque con objeto fijo (Periodo 2007 – 2018).....	51
Tabla 8	Total número de accidentes tipo choque con objeto fijo en los departamentos de mayor concentración (2007 – 2018).....	52
Tabla 9	Análisis porcentual de la incidencia de los departamentos de mayor concentración de accidentes tipo choque con objeto fijo (2007 – 2018).....	52
Tabla 10	Análisis porcentual de la incidencia de los departamentos de mayor concentración de accidentes tipo choque con objeto fijo (2007 – 2018).....	53
Tabla 11	Comparativo I - Normatividad vigente y referencias normativas internacionales	60
Tabla 12	Comparativo II - Parámetros de diseño y clasificación de niveles de contención	61
Tabla 13	Comparativo III - Nivel de severidad y deformación del sistema.....	63
Tabla 14	Comparativo IV - Sistemas de Contención Certificados y No Certificados.....	65
Tabla 15	Comparativo V – Criterios de selección de la barrera de seguridad	68
Tabla 16	Comparativo VI – Clasificación y especificaciones para terminales y amortiguadores de impacto.....	70
Tabla 17	Resultado del comparativo de normativa nacional con la normativa internacional a nivel Latinoamérica y España	73
Tabla 18	Datos de accidentalidad específica con sistemas de contención tipo baranda metálica Ruta 2503 Sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)	78
Tabla 19	Registros de Toma de Velocidades Sentido Pasto – Cali - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750).....	81
Tabla 20	Datos históricos TPD y composición vehicular - Estación 297 – Sector El Bordo - Rosas	82

Tabla 21 Identificación de riesgos - Ruta 2503 Sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)	83
Tabla 22 Clasificación de barreras de contención certificadas, según normas internacionales UNE-EN 1317 y NCHRP 350	91
Tabla 23 Clasificación de los niveles de contención de las normas UNE-EN 1317, NCHRP 350 y MASH dentro de los NCC (Nivel de Contención Colombiano).....	91
Tabla 24 Niveles de Impacto Norma UNE-EN- 1317.....	92
Tabla 25 Ensayos de Impacto de vehículos Norma UNE-EN- 1317.....	93
Tabla 26 Niveles de anchura de trabajo normalizada - Norma UNE-EN- 1317	94
Tabla 27 Valores permisibles de ASI, THIV y PHD	94
Tabla 28 Presupuesto aproximado de implementación de medias a corto plazo tramo 1: Sector “Piedra Sentada” Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)	99
Tabla 29 Presupuesto aproximado de implementación de medias a largo plazo tramo 1: Sector “Piedra Sentada” Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)	100
Tabla 30 Datos de accidentalidad específica con sistemas de contención tipo baranda metálica Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)	105
Tabla 31 Registro de toma de velocidades sentido Isnos – Popayán - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400).....	108
Tabla 32 Datos históricos TPD Estación 677 – Sector “Patico – Paletará”	109
Tabla 33 Identificación de riesgos - Ruta 2002 Sector “Patico – Paletará” (PR 34+040 a PR 34+400)	110
Tabla 34 Clasificación de barreras de contención certificadas normas UNE-EN 1317 y NCHRP 350.....	118
Tabla 35 Clasificación de los niveles de contención de las normas UNE-EN 1317, NCHRP 350 y MASH dentro de los NCC (Nivel de Contención Colombiano).....	119
Tabla 36 Niveles de Impacto Norma UNE-EN- 1317.....	119
Tabla 37 Ensayos de impacto de vehículos Norma UNE-EN- 1317	120
Tabla 38 Niveles de anchura de trabajo normalizada Norma UNE-EN- 1317	120
Tabla 39 Valores permisibles de ASI, THIV y PHD	121
Tabla 40 Presupuesto aproximado de implementación de medias a corto plazo tramo 2: Sector “Patico-Paletará” Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400).....	123
Tabla 41 Presupuesto aproximado de implementación de medias a largo plazo tramo 2: Sector “Patico-Paletará” Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400).....	124
Tabla 42 Ruta 2503 sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)	126
Tabla 43 Ruta 2002 sector “Patico-Paletará” (PR 34+040 a PR 34+400).....	127

Lista de Figuras

Figura 1 Accidente de vehículo que impacta con bionda – Bogotá D.C. (10 de abril 2021)	13
Figura 2 Accidente de barrera metálica que atravesó vehículo vía Honda - La Dorada (24 de septiembre 2018)	13
Figura 3 Accidente de vehículo pesado por salida de la vía Bogotá D.C. (29 de noviembre 2018)	14
Figura 4 Accidente de bus de transporte público – zona rural El Copey (28 de mayo de 2018)	14
Figura 5 Accidente vehículo contra baranda metálica – Troncal del Caribe (31 de diciembre 2016)	15
Figura 6 Accidente contra amortiguador de Impacto – Bogotá D.C. (11 de mayo 2019)	15
Figura 7 Accidente contra amortiguador de impacto – Cali (Valle del Cauca)	16
Figura 8 Organización de los pilares estratégicos y los programas del PNSV 2011 - 2021	18
Figura 9 Actores identificados de los sectores público y privado	24
Figura 10 Gráfica de accidentes de tránsito (casos). Colombia, 2005 - 2014 (anual)	29
Figura 11 Gráfica de fallecidos en accidentes de tránsito (casos). Colombia, 2005 – 2014 (anual)	30
Figura 12 Gráfica de lesionados en accidentes de tránsito (casos). COLOMBIA, 2005 - 2014 (anual)	30
Figura 13 Gráfica de distribución porcentual de los fallecidos y los lesionados en accidentes de tránsito, según clase de accidente. Colombia, 2005 - 2014 (acumulado)	31
Figura 14 Parámetros de severidad lateral iRAP	42
Figura 15 Accidente contra terminal tipo “Cola de pez o Cuchara”	44
Figura 16 Ejemplos de Terminal Atenuador de Impacto	45
Figura 17 Gráfica comparativa de datos de accidentalidad con heridos (2007 - 2018), para Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Bogotá D.C.	54
Figura 18 Gráfica Comparativo Accidentalidad con muertos (2007 -2018), para Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Bogotá D.C.	55
Figura 19 Gráfica de tendencia datos históricos de accidentalidad por choque contra objeto fijo – Departamento de Valle del Cauca (2007-2018)	56
Figura 20 Gráfica de tendencia datos históricos de accidentalidad por choque contra objeto fijo – Departamento de Antioquia (2007-2018)	57

Figura 21 Gráfica de tendencia datos históricos de accidentalidad por choque contra objeto fijo – Bogotá D.C. (2007-2018).....	58
Figura 22 Gráfica de tendencia datos históricos de accidentalidad por choque contra objeto fijo – Cundinamarca (2007-2018)	59
Figura 23 Localización Tramo 1: Ruta 2503 Sector “Piedra Sentada”	75
Figura 24 Zonas Laterales - Ruta 2503, sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)	76
Figura 25 Planta general del tramo 1: sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)	77
Figura 26 Accidente contra baranda metálica Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750) – año 2016	78
Figura 27 Estado de la barrera metálica después de accidente - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)	79
Figura 28 Accidente contra baranda metálica Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750) – año 2019	79
Figura 29 Estado de la barrera metálica después del accidente - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)	80
Figura 30 Registro señalización - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750).....	80
Figura 31 Gráfica comparativa velocidades - sentido Pasto – Cali - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750).....	81
Figura 32 Planta de señalización y demarcación - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)	86
Figura 33 Registro fotográfico identificación de hallazgos - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)	87
Figura 34 Ubicación lateral de barrera en terraplenes.....	96
Figura 35 Parámetros de Definición Altura de Barreras	97
Figura 36 Cambio de terminal tipo “cola de pez” por terminal absorbente al inicio del tramo	101
Figura 37 Reubicación de los DCH y de la barrera metálica fuera de la cuneta lateral .	101
Figura 38 Tendido del talud lateral.....	101
Figura 39 Señalización de obstáculo lateral.....	102
Figura 40 Localización Tramo 2: Ruta 2002 – Sector Patico – Paletará (PR 34+040 a PR 34+400)	102
Figura 41 Sección típica transversal tramo Sector: Patico - Paletará.....	103

Figura 42 Zonas Laterales - Ruta 2002 (PR 34+300 a PR 34+400)	103
Figura 43 Zonas Laterales - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+300)	104
Figura 44 Planta general del tramo 2: Ruta 2002 - Sector “Patíco – Paletará” (PR 34+040 a PR 34+400)	105
Figura 45 Accidente por salida de la vía - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)	106
Figura 46 Registro vehículos de servicio público - Ruta 2002 (PR 34+200 a PR 34+250)	106
Figura 47 Registro impacto contra barrera metálica Ruta 2002 (PR 34+200 a PR 34+250)	107
Figura 48 Registro fotográfico señalización existente – Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)	108
Figura 49 Planta de señalización y demarcación - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)	113
Figura 50 Registro fotográfico identificación de hallazgos - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)	113
Figura 51 Instalación sistema de contención rígido “Sector abismo”	125
Figura 52 Continuidad barrera metálica	125
Figura 53 Señalización de obstáculo lateral	125
Figura 54 Cambio de terminal tipo “cola de pez” por terminal absorbente al inicio del tramo	126

Lista de Anexos

Anexo 1	Clasificación de resultados del análisis y clasificación de información histórica de siniestralidad clasificada: por año, departamento, gravedad del accidente “con heridos, con muertos o solo daños”, por clase de accidente “choque: objeto fijo, (a) objeto fijo: baranda; y (b) objeto fijo: poste, árbol y/o señal”.
Anexo 2	Plano de inventario y propuesta esquemática de diseño tramo 1 – Ruta 2503, sector “Piedra Sentada”.
Anexo 3:	Plano de inventario y propuesta esquemática de diseño tramo 2 – Ruta 2002, sector “Patíco - Paletará”.

Resumen

El presente trabajo se desarrolla, teniendo como referencia el alto grado de severidad de accidentes producidos por choque frontal contra los elementos instalados en los extremos de las barreras metálicas, denominados terminales tipo “cola de pez o cuchara”, comúnmente usados en los sistemas de contención vial en Colombia, y que son de uso restringido en muchos países del mundo.

Uno de los objetivos propuestos, es determinar el estado de implementación de normas y metodologías de diseño, relacionadas con los sistemas de contención vial a nivel Colombia y Latinoamérica; y su correlación con las normas internacionales de evaluación de desempeño y conformidad de sistemas de contención certificados, para lo cual se realizó un comparativo entre Chile, Perú y Colombia, en lo relacionado a variables tales como: parámetros de diseño, nivel de severidad y deformación del sistema, entre otras. Obteniendo al final resultados preocupantes a nivel nacional, pues mientras que los otros países cuentan con normativas de obligatorio cumplimiento; en Colombia actualmente no existe respaldo normativo a las guías y normas existentes desde el año 2012.

Para establecer si las guías existentes en Colombia, brindan las herramientas necesarias para el análisis y diseño de sistemas de contención; se procedió a realizar la evaluación en dos (2) tramos previamente identificados en donde se presentaron accidentes directamente relacionados con barreras metálicas, en ambos casos con alto número de víctimas.

Mediante el análisis del entorno, identificación de hallazgos y evaluación de riesgos en las zonas laterales; se desarrolló el diseño correspondiente en cada tramo para determinar el nivel de contención requerido; encontrando que los resultados obtenidos mediante la metodología chilena y la nacional son similares. Adicionalmente teniendo en cuenta que los tramos evaluados cuentan con un sistema de contención vial en servicio, se procedió a proponer mejoras técnicas encaminadas a mejorar el nivel de confiabilidad para los usuarios de la vía, a corto y largo plazo y su correspondiente valoración de costos de ejecución.

De requerirse la implementación de sistemas de contención certificados, es necesario el criterio del diseñador para la seleccionar de los productos existentes en el mercado que se adapten a las condiciones específicas de cada tramo vial y cumplan con los requerimientos de aceptación de pruebas de impacto tanto para el sistema de contención como para los terminales requeridos.

El análisis normativo realizado, deja en evidencia la urgencia con que el estado colombiano debe establecer, aprobar y promulgar disposiciones normativas o reglamentos técnicos que brinden a los usuarios de las vías, sistemas de contención que respondan a las necesidades específicas de las zonas laterales, para prevenir, controlar y disminuir el porcentaje de accidentes y víctimas fatales. Adicionalmente en términos de seguridad vial existen múltiples necesidades que deben ser atendidas de forma inmediata para salvar vidas, como lo es el retiro de los terminales tipo “cola de pez o cuchara” que día tras día siguen cobrando vidas.

Introducción

La Asamblea General de las Naciones Unidas, mediante resolución 64/255 de 2010, proclamó el periodo 2011-2020 «Decenio de Acción para la Seguridad Vial», “con el objetivo general de estabilizar y reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo” (World Health Organization, [WHO], 2011, p.3); para lo cual estableció algunos lineamientos en el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020.

Recientemente la misma Asamblea adoptó la resolución A / 74 / L.86 del 18 de agosto de 2020 "Mejora de la seguridad vial mundial", que proclama la «**Segunda Década de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030**», con el ambicioso objetivo de reducir a la mitad el número bruto de muertes y lesiones por accidentes de tránsito a 2030. La Resolución también respalda la Declaración de Estocolmo (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2020, p.1), aprobada durante la Tercera Conferencia Ministerial Mundial sobre Seguridad Vial celebrada en febrero de 2020, y alienta a los Estados miembros a favorecer políticas para promover la caminata, la bicicleta y el uso del transporte público, como modos de transporte inherentemente saludables y ambientalmente racionales.

La «**Segunda Década de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030**» brinda una oportunidad para aprovechar los éxitos y las lecciones de años anteriores, aprovecharlos para salvar vidas en las carreteras del mundo y facilitar el logro de los objetivos de desarrollo sostenible.

En Colombia, el 30 de marzo del 2012, el Ministerio de Transporte, mediante la expedición de la Resolución 1282, adoptó el Plan Nacional de Seguridad Vial - PNSV 2011 – 2016; posteriormente; el 6 de agosto de 2014, expidió el ajuste al Plan Nacional de Seguridad Vial 2011 – 2021, por medio de la Resolución 2273, en el cual se presenta con mayor detalle las actividades a realizar, los actores y agentes responsables, así como los colaboradores, y los plazos para su ejecución. Finalmente, el 9 de junio del 2015, con la Ley 1753, se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018, en el cual nuevamente se define la seguridad vial como política de Estado.

“Actualmente la Agencia Nacional de Seguridad Vial – ANSV invita a los ciudadanos, entidades territoriales, academia, empresas, ONG, colectivos y grupos de interés a participar en el proceso de formulación del Plan Nacional de Seguridad Vial 2022 – 2031, el cual será construido a través de un ejercicio participativo que involucrará los diferentes sectores que tienen incidencia en la seguridad vial e identificará las necesidades de los actores viales para el ejercicio de una movilidad segura, y de las autoridades nacionales y territoriales para la incorporación y priorización de la seguridad vial en la planeación y ejecución de sus políticas, planes, programas y proyectos” (Agencia Nacional de Seguridad Vial. [ANSV], 2021c).

En línea con los cinco (5) pilares de acción, contenidos en el “Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020”; los cuales se consideran como el punto de partida para generar los resultados esperados en cuanto a la disminución de víctimas fatales en accidentes de tránsito; en este caso particular nos referimos al Pilar 2: “Vías de tránsito y movilidad más seguras” (WHO, 2011).

Esta investigación hace referencia a los sistemas de contención vial, “Dispositivos que se instalan en las zonas laterales de una carretera o en las fajas de separación de calzadas en sentido contrario, y su finalidad es retener y redireccionar los vehículos que se salen fuera de control de la vía, de manera que se limiten los daños y lesiones, tanto para los ocupantes como para los otros usuarios de la carretera y personas u objetos situados en las cercanías, tales como viviendas, escuelas, ciclovías, personas y objetos en zonas de obras”. (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 19).

Colombia actualmente no cuenta con disposiciones normativas o reglamentos técnicos que contemplen procedimientos para evaluar el desempeño y la conformidad de los sistemas de contención vehicular. La normatividad vigente, no exige diseño específico de los sistemas de contención vial que se instalan en los diferentes tramos de la red vial nacional; de igual manera se ha podido establecer que la mayoría de los procesos contractuales para implementación de sistemas de contención vial; dentro de sus requerimientos técnicos no exigen el diseño específico del sistema a utilizar y mucho menos la instalación de barreras metálicas certificadas, es decir los elementos instalados no cuentan con ensayos de acuerdo a normas internacionales de impacto para el caso específico de barreras que requieren altos niveles de contención.

A pesar de que “el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC), realizó en 2013, la adopción idéntica de las cinco partes que conforman la norma armonizada europea UNE-EN 1317-2010; a través de la norma técnica colombiana NTC 6037: Sistemas de contención para carreteras. Y adicionalmente en el 2018, esta misma entidad adoptó de forma idéntica los lineamientos contenidos en el informe NCHRP 350 (1993), a través de la especificación normativa disponible END 095: Procedimientos recomendados para evaluar el desempeño de dispositivos viales” (ANSV, 2021a, p. 53).

El presente documento busca demostrar técnicamente, la necesidad de realizar el diseño de los sistemas de contención vial, en función de las características específicas del tramo vial, su entorno y los riesgos identificados desde el punto de vista de la seguridad vial; con el fin de mejorar los niveles de confiabilidad y seguridad a los diferentes usuarios de la vía y a la vez contribuir a disminuir el porcentaje de accidentes y víctimas fatales.

1. Planteamiento del Problema

Los sistemas de contención vial tipo barrera metálica, que se han venido instalando a lo largo del tiempo en la mayoría de los tramos viales no concesionados, corresponden a un tipo de sistema estándar no certificado. A continuación (figuras 1 a 7) se presentan diferentes accidentes con pérdidas materiales y daños a sus ocupantes en algunos casos “la muerte”, a causa de impactos con defensas metálicas, en gran mayoría de los casos, con los terminales “tipo: cola de pez o cuchara”.

Figura 1 Accidente de vehículo que impacta con bionda – Bogotá D.C. (10 de abril 2021)

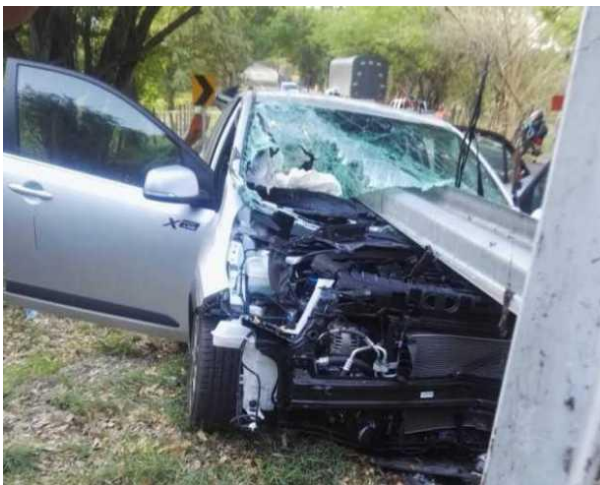


“El sábado 10 de abril de 2021; la Secretaria Distrital de Movilidad de Bogotá, informó sobre un fuerte choque entre un vehículo particular y el separador en la calle 26 con carrera 103 costado oriente-occidente.

En el accidente en la Av. El Dorado, resultó lesionado un hombre y lastimosamente también murió una persona en medio del grave accidente” (El Tiempo, 2021, p.1).

Fuente: El Tiempo. (2021, 10 de abril). Desvíos por grave accidente en la calle 26. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/bogota/accidente-de-transito-en-la-calle-26-en-bogota-desvios-por-choque-grave-579955#Echobox=1618063061>

Figura 2 Accidente de barrera metálica que atravesó vehículo vía Honda - La Dorada (24 de septiembre 2018)



“El pasado lunes 24 de septiembre de 2018; una adulta mayor murió luego de que una barrera metálica de protección, ubicada a un costado de la vía Honda-La Dorada, sector de Guarinocito, atravesó el vehículo en el que viajaba.

Algunos aseguraron que hay una curva muy cerrada, otros que quizá la conductora sufrió un micro sueño, se salió de la vía y se fue de frente contra esa estructura. Una persona más anotó que las barandas no deberían estar a tanta altura, para evitar situaciones como esta” (La Patria, 2018, p.1).

Fuente: La Patria. (2018, 24 de septiembre). La baranda atravesó el carro y mató a una mujer en la vía Honda-La Dorada. La Patria. <https://www.lapatria.com/sucesos/la-baranda-atraveso-el-carro-y-mato-una-mujer-en-la-honda-la-dorada-423699>

Figura 3 Accidente de vehículo pesado por salida de la vía Bogotá D.C. (29 de noviembre 2018)



“El 29 de noviembre de 2018. Un grave accidente se presentó en la mañana de este jueves en la Autopista Norte con calle 106. A las 4:25 de la mañana, el pesado vehículo que transitaba en sentido sur- norte de la Autopista Norte con calle 116 chocó con una de las barreras que están ubicadas sobre la vía.

El hecho ocasionó la caída de un poste de luz. Rodolfo Martínez, conductor de la tractomula aseguró que perdió el control del vehículo y se salió de la vía” (Diario Extra Boyacá, 2018, p.1).

Fuente: Diario Extra Boyacá. (2018, 29 de noviembre). Sigue trancón por el accidente en la Autopista Norte sobre calle 116 [FOTOS+VIDEO]. Diario Extra Boyacá. <https://boyaca.extra.com.co/noticias/bogota/sigue-trancon-por-el-accidente-en-la-autopista-norte-sobre-c-484386>

Figura 4 Accidente de bus de transporte público – Zona rural El Copey (28 de mayo de 2018)



“El lunes 28 de mayo de 2018. Tras seis horas de viaje, el bus que partió de Cartagena con destino a Bucaramanga, en la noche del domingo se accidentó en zona rural de El Copey, Cesar.

Al parecer un error humano sería la causa del accidente.

Aunque todavía se investigan las causas del accidente, las primeras hipótesis indican que el conductor se salió de forma momentánea de la calzada y perdió el control del bus. Golpeó la baranda de seguridad y se estrelló contra un árbol antes de volcarse” (La Vanguardia, 2018, p.1).

Fuente: La Vanguardia. (2018, 28 de mayo). Tres heridos dejó accidente de autobús que se dirigía a Bucaramanga. La Vanguardia. <https://www.vanguardia.com/judicial/tres-heridos-dejo-accidente-de-autobus-que-se-dirigia-a-bucaramanga-HEVL434344>

Figura 5 Accidente vehículo contra baranda metálica – Troncal del Caribe (31 de diciembre 2016)



“El 31 de diciembre de 2016. Un accidente de tránsito se registró a las 10:50, en la Troncal del Caribe, en la vía que de Ciénaga conduce a Santa Marta, a la altura del puente del río Toribio, cuando un vehículo chocó contra la baranda, la cual se desprendió y lo atravesó.

La Policía de Tránsito y Transporte afirma que el carro iba en sentido hacia la capital del Magdalena, cuando el conductor perdió el control, chocando violentamente contra la baranda, la cual se incrustó por el radiador del automotor, saliendo por el vidrio trasero” (El Informador, 2016, p.1).

Fuente: El Informador. (2016, 31 de diciembre). Vehículo chocó violentamente contra baranda de un puente. El Informador. <http://www.elinformador.com.co/index.php/judiciales/71-judiciales-local/141345-vehiculo-choco-violentemente-contra-baranda-de-un-puente>

Figura 6 Accidente contra amortiguador de Impacto – Bogotá D.C. (11 de mayo 2019)



“Incidente vial, el 11 de mayo de 2019, en la Autopista Norte con Cl. 100 (Bogotá), un vehículo chocó contra un amortiguador.

No obstante, este elemento logró minimizar el impacto y el conductor salió ileso, lo que demuestra la efectividad de la implementación” (Movilidad Bogotá, 2019, p.1).



Fuente: Movilidad Bogotá. (2019, 11 de mayo). ¡Esto es #MovilidadInteligente! [Twitter]. Movilidad Bogotá. <https://twitter.com/sectormovilidad>. <https://twitter.com/sectormovilidad/status/1127241703415525377?lang=bg>

“En Cali durante el año 2014, fueron instalados siete (7) amortiguadores de impacto por la Secretaría de Tránsito en los siguientes sectores: el puente de la Calle 70 con Carrera Octava, en ambos sentidos; el separador de la Avenida Segunda con Calle 14; en la Calle Quinta con Carrera Quinta; y en la Carrera Quinta con Calle 25 a la entrada del túnel, en la Carrera Primera con Calle 26 y en el puente de Autopista sur con Carrera 70” (El País, 2014, p.1).

Figura 7 Accidente contra amortiguador de impacto – Cali (Valle del Cauca)



Fuente: Alcaldía de Santiago de Cali. (2016, 2 de marzo). Amortiguadores de Impacto salvan vidas en accidentes de tránsito. Alcaldía de Santiago de Cali.
https://www.cali.gov.co/movilidad/publicaciones/113517/amortiguadores_de_impacto_salvan_vidas_en_accidentes_de_transito/

“Gracias a la instalación de amortiguadores de impacto en varios puntos críticos de Cali, dos casos de accidente de tránsito ocurridos en 2016, solo han dejado como resultado daños materiales en los vehículos involucrados” (Alcaldía de Santiago de Cali, 2016, p.1).

- “El primer caso ocurrió en la Carrera 1 con Calle 25, donde una buseta chocó contra el amortiguador y evitó el choque directo con la base de concreto de un puente” (Alcaldía de Santiago de Cali, 2016, p.1).
- “El segundo hecho se presentó en la Avenida Primera con Calle 5, donde el amortiguador impidió que el vehículo en el que se transportaban dos personas, chocara directamente contra la baranda de un puente” (Alcaldía de Santiago de Cali, 2016, p.1).

“Los amortiguadores de impacto funcionan como un paracaídas para el automóvil, ya que trabajan extendiendo el tiempo del impacto, reduciendo así el nivel de desaceleración. Esto hace que la parada del vehículo sea más lenta y suave, reduciendo el riesgo para sus ocupantes” (Alcaldía de Santiago de Cali, 2016, p.1).

Ya en materia, el tema de sistemas de contención certificados o no certificados pasa a segundo plano; antes es imprescindible realizar un estudio detallado de las zonas laterales, para identificar los riesgos potenciales y definir la solución más efectiva desde el punto de vista técnico, económico y de seguridad vial. De no ser viables otras alternativas se debe seleccionar un sistema de contención para proteger a los usuarios del peligro.

Es necesario analizar y diseñar los sistemas de contención, teniendo en cuenta las condiciones específicas de la vía como son: pendientes longitudinales, ancho de calzada, composición vehicular en donde prevalecen los vehículos pesados; como en una vía en donde prevalecen los tramos rectos muy largos o curvas horizontales cerradas, vías angostas y sin berma lateral, presencia de obstáculos laterales cercanos, entre otros.

En general, el problema más recurrente tiene que ver con barreras metálicas que no cumplen con su función primordial de contener un vehículo que ha perdido el control y re direccionarlo dentro de un ángulo de salida que no ponga en riesgo la integridad de sus ocupantes, o de otras personas, o que el impacto con la barrera no penetre en la cabina, del vehículo pudiendo tener consecuencias fatales.

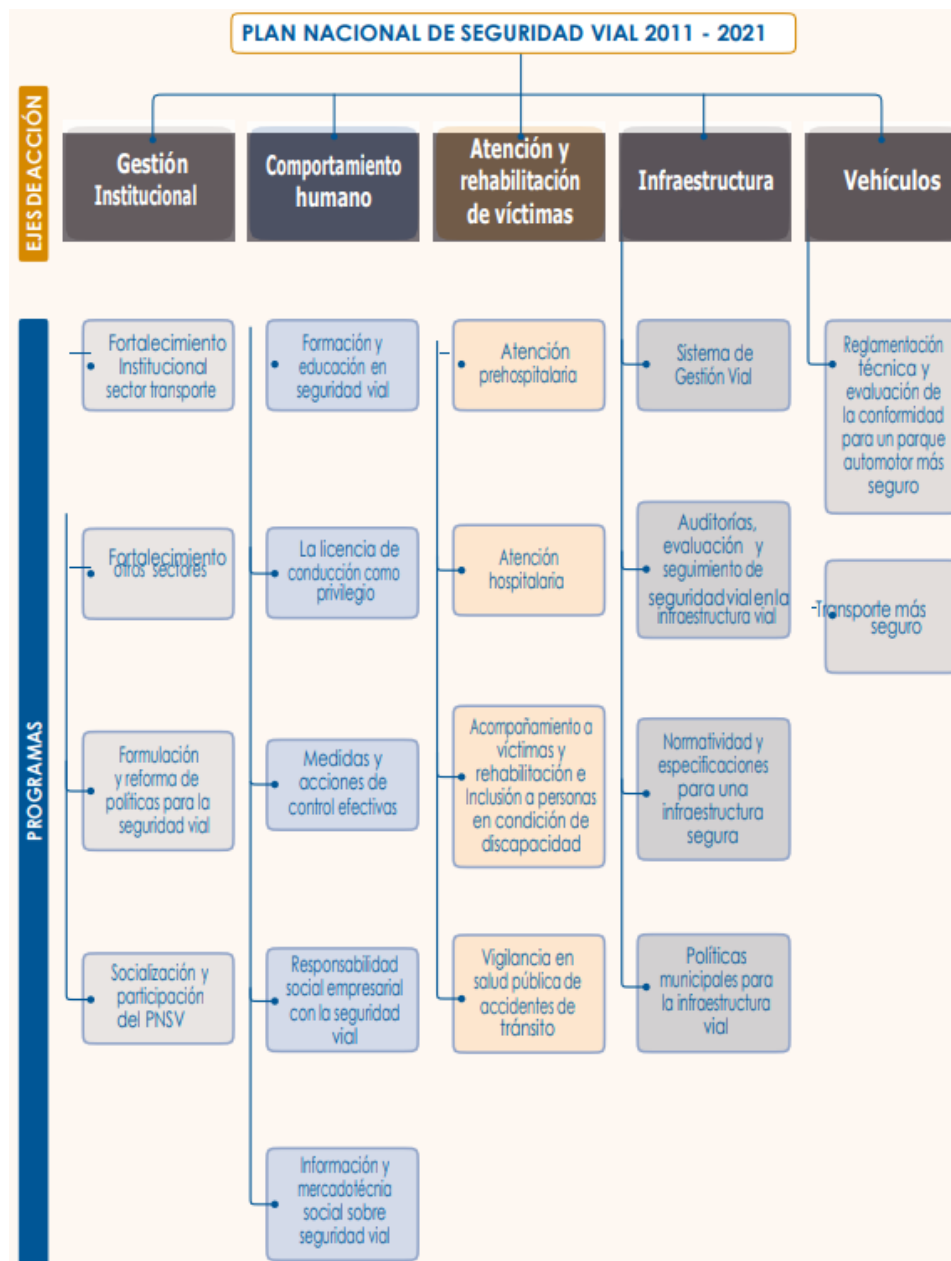
A continuación, se enumeran diferentes situaciones que ponen en evidencia las posibles fallas al momento de definir el tipo de sistema de contención instalado, en particular para las barreras metálicas:

- “Los terminales de barreras utilizados, tipo cuchara o cola de pez, están catalogados como objetos fijos de gravedad potencial - Alta” (Corporación Fondo de Prevención Vial [GDZL], 2012b, p.73), por el nivel de riesgo al momento de impacto frontal; en la mayoría de los casos generando consecuencias fatales.
- La instalación del sistema de contención, en algunas ocasiones no se realiza de forma adecuada, ya que se requiere que los postes sean hincados con el propósito de generar las condiciones requeridas para garantizar el desplazamiento y torsión esperadas para los postes, al momento del impacto; en muchos casos son fundidos en bases de concreto lo cual rigidiza el sistema.
- Los postes se instalan a borde de terraplén o pegados al objeto fijo o punto duro, sin tener en cuenta el ancho mínimo de trabajo.
- La altura del sistema instalado no tiene en cuenta el tipo de vehículo predominante que, según la composición vehicular del tramo, son los que en mayor cantidad circulan en el tramo, siendo en ocasiones el sistema insuficiente al momento de un impacto con un vehículo grandes (de carga o de transporte de pasajeros) lo cual genera volcamiento y como consecuencia mayores daños y víctimas fatales.

2. Justificación

Las acciones propuestas (figura 8) en el Plan Nacional de Seguridad Vial 2011 – 2021, plantean como uno de sus ejes de acción la “infraestructura”, que incluye entre sus principales aspectos la planificación, diseño, construcción, mantenimiento y operación adecuada de la infraestructura vial, en función de las necesidades de todos los actores viales, primordialmente: peatones, ciclistas, motociclistas y personas en situación de discapacidad, para movilizarse en un ambiente seguro.

Figura 8 Organización de los pilares estratégicos y los programas del PNSV 2011 - 2021



Fuente: Ministerio de Transporte (2015). Plan Nacional de Seguridad Vial. PNSV. Colombia 2011-2021. Ministerio de Transporte. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/3239/plan-nacional-de-seguridad-vial/>

“En la seguridad vial, se habla de tres factores principales que ocasionan los siniestros, entre estos se encuentran el factor vehículo, el factor humano y la infraestructura. El factor humano es poco controlable y ha demostrado tener gran influencia en la ocurrencia de siniestros, entre el 80% y el 90% de los accidentes de tránsito incluyen distracción, apartar la vista, falta de atención y percepciones falsas” (Yamada, K., 2008, p.1). Debido a esto, se hace necesario el diseño adecuado de los elementos de seguridad de las vías con el fin de “perdonar” los errores humanos y salvar vidas o, que las consecuencias de estos no sean fatales. Teniendo en cuenta que la infraestructura vial es el conjunto de elementos estáticos sobre los que el conductor no influye directamente.

Se considera una infraestructura vial segura, si el diseño de la vía es el adecuado y las condiciones de señalización horizontal y vertical son óptimas, y si se dispone de sistemas de contención vial capaces de disminuir la lesividad de todos los usuarios de la vía en caso de accidente. Partiendo del concepto que los sistemas de contención vehicular “barreras metálicas” son dispositivos de protección pasiva diseñados para absorber la energía del impacto mediante la deformación del sistema.

El presente documento, busca mediante el uso de datos reales de siniestralidad en Colombia y análisis de normatividad para el diseño de sistemas de contención vial a nivel Latinoamérica, motivar la necesidad de diseñar los sistemas de contención, en función de la seguridad vial, nivel de contención requerido y mitigación del riesgo al que están expuestos los usuarios de la vía en cada caso.

A nivel de sistemas de contención vial, se deben evaluar parámetros tales como:

- **Nivel de contención:** “Capacidad estructural del sistema para contener y redireccionar un vehículo fuera de control de forma segura” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p.45). “Lo cual se analiza mediante la evaluación de diferentes índices de riesgo, los que deben mantenerse dentro de rangos establecidos que prevén un daño controlado y aceptable para los ocupantes de un vehículo errante” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 534).
- **Ancho de trabajo o amplitud de funcionamiento (Working Width o “W”):** “Es la distancia medida entre la cara frontal de la barrera antes del impacto y la proyección del elemento más alejado del sistema después del impacto; este parámetro de diseño permite determinar la distancia que hay que respetar delante de un obstáculo fijo (elemento no traspasable) próximo a la calzada, para disponer adecuadamente un sistema de contención” (Ministerio de Obras Públicas, 2016), p. 535).
- **Composición Vehicular en el tramo:** Corresponde a la agrupación de los diferentes tipos de vehículos, para determinar los porcentajes de cada tipo de acuerdo a las diferentes categorías.
- **Niveles de Riesgo:** Identificación y clasificación de todas aquellas situaciones que puedan generar riesgos a la seguridad de los usuarios de la vía y su entorno. Del análisis de estas situaciones de riesgo se proyectan las posibles soluciones, las

cuales deben ser coherentes con el nivel del riesgo encontrado; particularmente en caso de riesgo alto se propone el uso de sistemas de contención.

- **Zonas infranqueables:** “Son las singularidades riesgosas que, a pesar de no sobresalir de la superficie como obstáculo, si impedirían el paso de un vehículo fuera de control (cunetas profundas, canales, fosos, cuerpos de agua, etc.)” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 543).
- **Punto duro:** “Corresponde a todo elemento natural o artificial que puede generar grandes daños a los vehículos y/o a sus ocupantes en caso de ser impactados. (afloramiento de roca, muros de obras de arte, muros de contención, postes, arboles, etc.)” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 543).
- **Terminales:** “Son dispositivos de anclaje del sistema de contención, ubicados en los extremos de la barrera, su principal función está orientada a que el sistema en conjunto no falle al momento de ser impactada” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 579). “La ubicación y el tipo de terminal utilizado debe evitar que sus extremos se transformen en un punto duro, cumpliendo además la función de reducción de la severidad del impacto” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 530).
 - Pueden ser terminales enviados o abatidos; cuando van ubicados en el extremo de la barrera, en donde no existe la posibilidad de que un vehículo impacte de frente contra el elemento ubicado en ese extremo.
 - Pueden ser amortiguadores o atenuadores; cuando están ubicados en el extremo de la barrera que se encuentra expuesta a que un vehículo impacte de frente contra el elemento ubicado en ese extremo.
 - Empotradas en talud (cuando la topografía del terreno lo permite).

3. Objetivos

Analizar los sistemas de contención en Colombia vs estándares de diseño internacionales a nivel Latinoamérica.

3.1. Objetivos Específicos

- Analizar la información de accidentalidad a nivel nacional; por choque con objeto fijo.
- Consultar la normatividad y guías de diseño para sistemas de contención vial tipo barrera metálica, a nivel Colombia y Latinoamérica.
- Evaluar el entorno y diseñar los sistemas de contención para dos (2) tramos de carretera nacional, mediante la metodología nacional y otra alterna internacional.
- Proponer mejoras técnicas y su correspondiente valoración económica para el aumento del nivel de confiabilidad de los sistemas de contención tipo barrera metálica evaluados.
- Identificar las similitudes y diferencias de los resultados obtenidos con cada una de las metodologías de diseño utilizadas.

4. Marco Normativo en Colombia

Colombia cuenta con diferentes documentos que establecen especificaciones y parámetros de instalación de sistemas de contención vial como son:

- a) “Resolución 1376 del 26 de mayo de 2014 - Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras – Capítulo 7 Señalización y Control de Tránsito. Art. 730-13 Defensas Metálicas” (Resolución 1376, 2014, p. 1).
- b) “Norma Técnica Colombiana ICONTEC - NTC 4083. Barreras de Seguridad de Concreto para Vías” (Norma Técnica Colombiana (ICONTEC, 1997, p. 1).
- c) Norma Técnica Colombiana ICONTEC - NTC 6037 Sistemas de Contención para Carreteras -11/12/2013.
 - **“PARTE 1:** Terminología y Criterios Generales para los Métodos de Ensayo Adopción idéntica (IDT), respecto a su documento de referencia, la norma UNE 1317-1: 2010” (ICONTEC, 2013a, p.1)
 - **“PARTE 2:** Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para barreras de seguridad

incluyendo Pretiles. Adopción idéntica (IDT), respecto a su documento de referencia, la norma UNE 1317-2: 2010” (ICONTEC, 2013b, p. 1).

- **“PARTE 3:** Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de impacto y métodos de ensayo para atenuadores de impactos. Adopción idéntica (IDT), respecto a su documento de referencia, la norma UNE 1317-3: 2010” (ICONTEC, 2013c, p. 1).
- **“PARTE 4:** Clases de comportamiento, criterios de aceptación para el ensayo de choque y métodos de ensayo para terminales y transiciones de barreras de seguridad. Adopción idéntica (IDT), respecto a su documento de referencia, la norma UNE 1317-1: 2001” (ICONTEC, 2013d, p. 1).
- **“PARTE 5:** Requisitos de Producto y Evaluación de la Conformidad para Sistemas de Contención de Vehículos. Adopción idéntica (IDT), respecto a su documento de referencia, la norma UNE 1317-1: 2008” (ICONTEC, 2013e, p. 1).

d) “Especificación Normativa Disponible ICONTEC - END-095 Procedimientos recomendados para evaluar el desempeño de seguridad de dispositivos viales – Adopción idéntica del reporte NCHRP 350 – 1993” (ICONTEC, 2018, p. 1).

“Es de precisar que las normas NTC 6037 y END 095, no son obligatorias por cuanto el deber de su cumplimiento no ha sido asignado a fabricantes, importadores o distribuidores de sistemas de contención a través de actos administrativos emitidos por el Gobierno nacional de Colombia” (ANSV, 2021a, p. 53).

4.1. Análisis de Impacto Normativo

La Agencia Nacional de Seguridad Vial – ANSV, emitió documento denominado: “Análisis de Impacto Normativo”, que, entre otros aspectos relacionados con el desempeño de sistemas de contención, indica que:

- “La infraestructura vial del país cuenta con sistemas de contención que representan un riesgo para los usuarios, al no presentar las condiciones adecuadas para la contención o redireccionamiento (ANSV, 2021a, p. 50).
- “La cuantificación del número de usuarios afectados por choques con sistemas de contención vehicular aún es compleja. Sin embargo, las cifras del ONSV¹, permiten delimitar el problema a partir de la caracterización de algunos tipos de accidentes viales” (ANSV, 2021a, p. 51).

¹ ONSV: Observatorio Nacional de Seguridad Vial – Agencia Nacional de Seguridad Vial.

“Al respecto, la matriz de colisión del año 2019 (tabla 1), evidencia que en este periodo fallecieron 457 personas y 236 sufrieron lesiones por cuenta de choques de vehículos con objetos fijos. Dichos objetos pueden corresponder a barreras de seguridad, pretilas, árboles, postes, inmuebles, entre otros” (ANSV, 2021a, p. 52).

Tabla 1 Usuarios lesionados o fallecidos por choque con objeto fijo, 2019

Usuario de la vía	Lesionados	Fallecidos
Peatón	0	0
Usuario de bicicleta	7	12
Usuario de moto	81	370
Usuario de vehículo individual (automóvil, camioneta, campero)	74	56
Usuario de transporte de carga	9	12
Usuario de transporte público de pasajeros	61	5
otros	2	2
Sin información	2	0
Total	236	457

Fuente: ANSV, 2021 con base a datos ONSV, Agencia Nacional de Seguridad Vial. [ANSV] (2021a). Análisis de Impacto Normativo, Evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular. Dirección de Infraestructura y Vehículos. Agencia Nacional de Seguridad Vial, ANSV.
https://ansv.gov.co/sites/default/files/Documentos/Atencion_ciudadano/210125_AIN_Sistemas%20contencio%CC%81n.%20Problema_0.pdf

“En la actualidad, Colombia no cuenta con disposiciones normativas o reglamentos técnicos que contemplen procedimientos para evaluar el desempeño y la conformidad de sistemas de contención vehicular” (ANSV, 2021a, p. 52) y como tal, no existe una designación de funciones de vigilancia y control asociados a esta materia.

“La Agencia Nacional de Seguridad Vial, en cumplimiento de su misionalidad, ha advertido la importancia de analizar esta situación y, de ser necesario, identificar e implementar las estrategias de solución pertinentes” (ANSV, 2021a, p. 61).

Para esto “se realizaron sondeos a diferentes actores involucrados en la fabricación, instalación y adquisición de sistemas de contención vehicular, representantes de la academia, entidades de control y vigilancia en materia de infraestructura de transporte y productos, usuarios y representantes de víctimas en accidentes de tránsito” (ANSV, 2021a, p. 61).

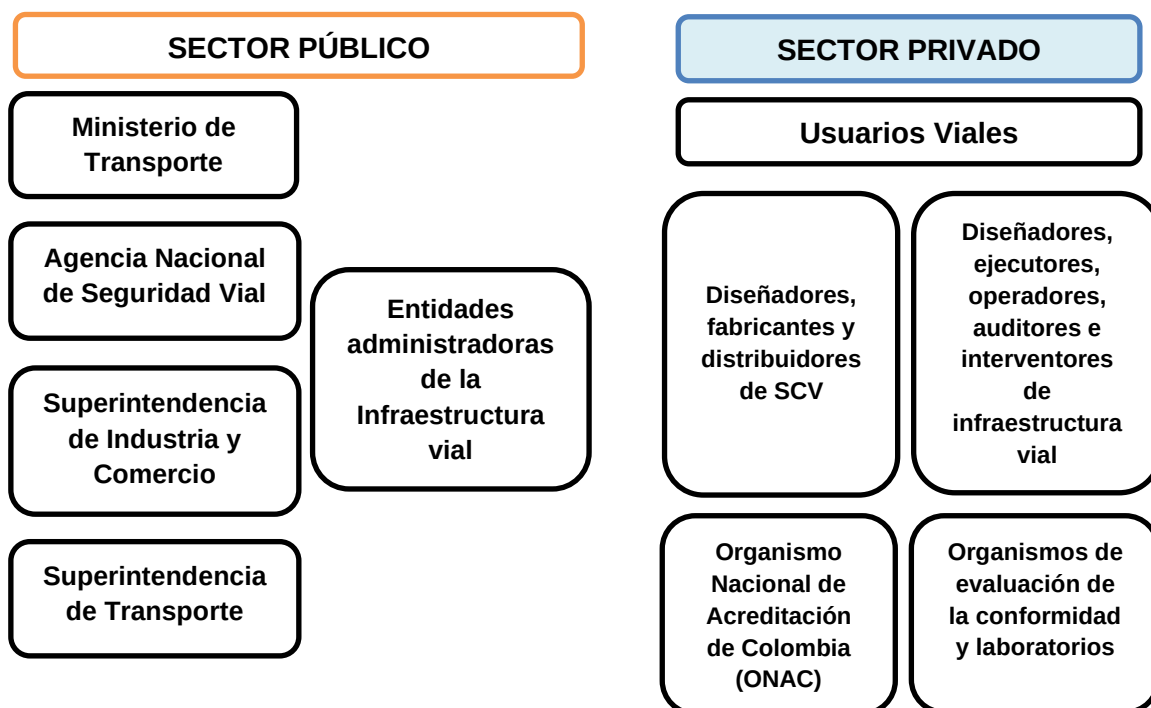
“De acuerdo con los resultados de los sondeos realizados, así como de las reuniones técnicas realizadas es posible evidenciar que existe una oportunidad de mejora en el desempeño de los sistemas de contención vehicular que se instalan en las vías del país. Al respecto, las personas que participaron en los sondeos manifestaron que los dispositivos que se instalan en Colombia pueden afectar la integridad de los usuarios, particularmente de motociclistas, peatones y conductores de vehículos no motorizados” (ANSV, 2021a, p. 70).

“En este sentido, además de manifestar que son diversos los aspectos que se requieren para contar con sistemas de contención seguros en el país, consideran que las especificaciones generales de construcción emitidas por el Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2014; son insuficientes para la instalación de sistemas de contención seguros y por lo tanto se carece de lineamientos suficientes para este fin. En particular, fue recurrente la mención a la ausencia de normas que permitan evaluar el desempeño de dichos sistemas” (ANSV, 2021a, p. 70).

4.1.1. Identificación de Actores

Se requiere actuación del gobierno nacional de Colombia “para mejorar y mitigar las consecuencias que dicha situación está originando; a continuación (figura 9), se presentan los actores que tienen relación con la problemática descrita y sobre quienes pueden recaer los efectos de las posibles alternativas de solución” (ANSV, 2021a, p. 74).

Figura 9 Actores identificados de los sectores público y privado



Fuente: Agencia Nacional de Seguridad Vial. [ANSV] (2021a). Análisis de Impacto Normativo, Evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular. Dirección de Infraestructura y Vehículos. Agencia Nacional de Seguridad Vial, ANSV.
https://ansv.gov.co/sites/default/files/Documentos/Atencion_ciudadano/210125_AIN_Sistemas%20contencio%CC%81n.%20Problema_0.pdf

4.1.1.1. Sector Público

- **“Ministerio de Transporte:** Entidad del orden nacional cuyo objetivo es «la formulación y adopción de las políticas, planes, programas, proyectos y regulación económica en materia de transporte, tránsito e infraestructura de los modos de transporte carretero, marítimo, fluvial, férreo y aéreo y la regulación técnica en

materia de transporte y tránsito de los modos carretero, marítimo, fluvial y férreo»” (ANSV, 2021a, p. 74).

- **“Agencia Nacional de Seguridad Vial:** Entidad del orden nacional, máxima autoridad para la aplicación de las políticas y medidas de seguridad vial nacional cuyo objetivo es planificar y gestionar la seguridad vial del país. Dentro de sus funciones se encuentra la evaluación de la efectividad de las normas reglamentarias asociadas con la seguridad vial, así como la promoción de su modificación o derogación cuando corresponda” (ANSV, 2021a, p. 75).
- **“Superintendencia de Industria y Comercio:** Entidad del orden nacional de carácter técnico que tiene como objeto el ejercicio de las funciones de Vigilancia, Inspección y Control, que le corresponden al presidente de la República como suprema autoridad administrativa en materia de tránsito, transporte y su infraestructura. Desarrolla funciones de vigilancia, inspección y control respecto del cumplimiento de las disposiciones que regulan la debida prestación del servicio público de transporte, puertos, concesiones e infraestructura, servicios conexos, y la protección de los usuarios del sector transporte” (ANSV, 2021a, p. 75).
- **“Superintendencia de Transporte:** Entidad del orden nacional que tiene como objeto la inspección, control y vigilancia del cumplimiento de las normas que rigen el sistema de tránsito y transporte. Sus funciones contemplan velar por el cumplimiento del principio de seguridad en la protección de los usuarios del sector transporte y ejercer la labor de inspección y vigilancia del cumplimiento de las normas de protección al usuario de dicho sector” (ANSV, 2021a, p. 75).
- **“Entidades administradoras de la infraestructura vial:** «Entidad estatal que tiene a su cargo la administración, planeación, coordinación, construcción, conservación y mantenimiento de la infraestructura vial»” (ANSV, 2021a, p. 75).

4.1.1.2. Sector Privado

- **“Usuarios de la infraestructura vial:** Todas las personas que asumen un rol determinado para hacer uso de las vías (peatones, conductores o pasajeros de vehículos automotores y no automotores)” (ANSV, 2021a, p. 75).
- **“Fabricantes de SCV:** Agentes encargados de producir sistemas de contención vehicular” (ANSV, 2021a, p. 75).
- **“Distribuidores de SCV:** Agentes encargados de la comercialización de los sistemas de contención vehicular” (ANSV, 2021a, p. 75).
- **“Ejecutores de obras infraestructura vial:** Agentes encargados de la construcción, mejoramiento, mantenimiento o rehabilitación de los corredores viales” (ANSV, 2021a, p. 75).
- **“Operadores de infraestructura vial:** Agentes encargados de realizar las acciones para la disponibilidad de la infraestructura vial para los usuarios” (ANSV, 2021a, p. 76).

- **“Interventores de infraestructura vial:** Agentes encargados de supervisar que las obras u operación de la infraestructura vial se realice de conformidad con las condiciones pactadas” (ANSV, 2021a, p. 76).
- **“Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC):** «Entidad encargada de acreditar la competencia técnica de los organismos de evaluación de la conformidad». Esta Entidad tiene como función principal proveer los servicios de acreditación a los organismos de evaluación de la conformidad, con sujeción a las normas nacionales e internacionales en materia de acreditación, con alcance en reglamentos técnicos, normas técnicas y otros documentos normativos y es la única fuente oficial de información sobre la acreditación en el país para actualizar y poner a disposición del público la información correspondiente a los organismos acreditados en Colombia, desde el momento en que queda suscrito el contrato de acreditación entre el organismo de evaluación de la conformidad y el ONAC” (ANSV, 2021a, p. 76).
- **“Organismos de evaluación de la conformidad:** Son entidades debidamente acreditadas que realizan actividades de evaluación de la conformidad frente a un reglamento técnico, tales como certificación, inspección, realización de ensayo/prueba, calibración, o la provisión de ensayos de aptitud y otras actividades acreditables” (ANSV, 2021a, p. 76).

4.1.2. Mercado Global de Sistemas de Contención Vehicular

“El informe de mercado, realizado por Allied Market Research que caracteriza el comportamiento de diversos tipos de barreras, entre las cuales se encuentran los sistemas de contención vehicular, bolardos, talanqueras y torniquetes (Chinchane A., & Sumant O., 2020)” (ANSV, 2021a, p. 56).

“De acuerdo con este informe, en el 2019 los sistemas de contención vehicular representaron un 53 % del total de los ingresos generados por el mercado total de barreras” (ANSV, 2021a, p. 56), (16,4 millones de unidades vendidas a nivel mundial). “Así mismo, se evidenció que Europa concentra cerca del 42% de los ingresos mundiales de barreras de contención” (ANSV, 2021a, p. 58), 6,9 millones de unidades vendidas, “seguido por la zona Asia – Pacífico con 32%” (ANSV, 2021a, p. 58), 5,3 millones de unidades vendidas. “Este mismo informe señala que el 55% de las barreras tiene como destino la infraestructura vial, seguido por los aeropuertos (24%), los ferrocarriles (16%) y otros (5%) y en su mayoría (64%) las barreras están elaboradas a partir de materiales metálicos, particularmente el acero” (ANSV, 2021a, p. 59).

“En relación con el tipo de sistema de contención, se observa que los amortiguadores de impacto generaron un valor cercano a los 3.100 millones de dólares y los terminales 3.000 millones de dólares, lo cual representa el 30% y 29 % de participación en el mercado respectivamente” (ANSV, 2021a, p. 60).

4.2. Avance de acciones a nivel nacional para la normativa de implementación de sistemas de contención vial.

La Agencia Nacional de Seguridad Vial, en cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2018-2022: Pacto por Colombia, pacto por la equidad, en donde el Gobierno Nacional estableció que se trabajará en la elaboración de una nueva política transversal en materia de seguridad vial con el fin de reducir en un 21% la cifra de personas fallecidas y lesionadas por accidentes viales en el país para el año 2022.

En ese marco, se trazaron una serie de acciones que marcan la hoja de ruta, frente al fortalecimiento de las condiciones de infraestructura en el país:

- “Desarrollar y adoptar especificaciones y estándares técnicos en materia de seguridad vial, para la infraestructura de carretera y entornos urbanos, considerando el error humano” (Departamento Nacional de Planeación [DNP], 2019, p. 650).
- “Desarrollar especificaciones y estándares técnicos en materia de seguridad vial, en las fases de diseño, construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura para todos los modos” (DNP, 2019, p. 650).
- “La ANSV, el INVIAS y la ANI², con el apoyo de las entidades territoriales, deberán identificar puntos y tramos críticos de siniestralidad vial, y realizarán acciones que mitiguen condiciones inseguras” (DNP, 2019, p. 650).
- “El Ministerio de Transporte, y las autoridades competentes, deberán formular y desarrollar un programa de auditorías o inspecciones de seguridad vial para las fases de diseño, construcción, mantenimiento y operación, y expedirán la reglamentación correspondiente” (DNP, 2019, p. 650).

El Plan Nacional de Seguridad Vial (PNSV) Colombia 2011 – 2021, define acciones que le permitirán al país avanzar en la reducción de fallecidos y lesionados en accidentes de tránsito.

Esta política está basada en el valor máximo de la vida, la convivencia y la solidaridad y enmarca sus programas en las siguientes líneas de acción: (i) gestión institucional, (ii) comportamiento humano, (iii) atención y rehabilitación de víctimas, (iv) infraestructura y (v) vehículos.

Al respecto, el PNSV - Colombia 2011 – 2021, plantea la necesidad de definir y actualizar las especificaciones técnicas para una infraestructura vial segura. “Esta acción está orientada principalmente al desarrollo y actualización de las especificaciones y estándares técnicos sobre seguridad vial en las fases de diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura vial” (Ministerio de Transporte, 2015, p.105), que contiene dentro de sus actividades las siguientes acciones:

- Barreras de contención de impactos y amortiguadores de choque, barreras y barandas.
- Diseño de franjas de retiro, zonas laterales y separadores de calzada.

² ANI: Agencia Nacional de Infraestructura

Con la finalidad de conseguir el cumplimiento de las metas establecidas en todas las instancias mencionadas, se fundamenta la necesidad de iniciar un proceso de contratación de consultoría para “Formular la Metodología para el Diseño, Selección e Instalación de Sistemas de Contención Vehicular y la Metodología para el Diseño de las Zonas Laterales”; con el fin de avanzar en la materialización de acciones que permitan reducir las cifras de muertos y lesionados en accidentes de tránsito a través de la adopción de lineamientos técnicos que permitan la mejora de la infraestructura vial en el país.

De igual forma, se formulará la respectiva propuesta normativa que complemente la adecuada implementación de estos dispositivos.

Así mismo, se adelantará la formulación de un documento técnico donde se establezcan lineamientos con relación al diseño de las zonas laterales, teniendo en cuenta el entorno, si se trata de vías rurales o urbanas. Como resultado del análisis, modificación, complemento y ajuste de la Guía técnica para el diseño de zonas laterales para vías más seguras (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012b, p.1), se generará un documento que permitirá el uso práctico, apropiado y bajo condiciones de costo beneficios adecuados al entorno nacional de estos elementos.

5. Estado del Arte

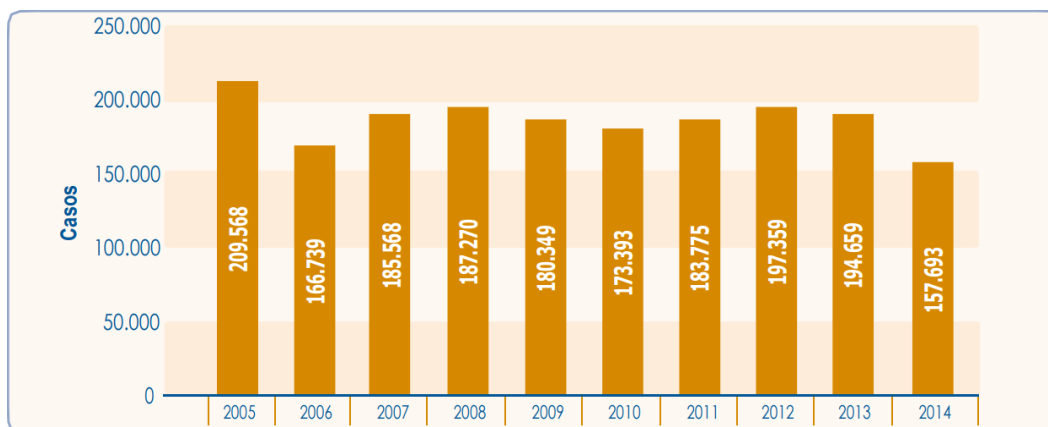
5.1. Antecedentes de seguridad vial

5.1.1. Situación de la Seguridad Vial en Colombia (2005 – 2014)

En Colombia “dadas sus altas cifras de accidentalidad y la tendencia presentada en los últimos diez años (2005 - 2014), la cual muestra una cifra de 1.836.373 accidentes de tránsito para dicho periodo (figura 10) cobrando la vida de 58.121 personas y dejando lesionadas a 411.9561. Tan solo en el 2014 se presentaron 157.693 accidentes, en los que fallecieron 6.352 personas, lo que supone un incremento del 2,1% frente a 2013” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 17).

“En cuanto a lesionados el país presentó 41.452 víctimas no mortales, cifra que representa un aumento del 6,2% con respecto al año 2013. Este panorama hace de los accidentes de tránsito en Colombia la segunda causa de muerte violenta en el país (Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses; Fondo de Prevención Vial, 2010), y la primera causa de muerte de los jóvenes colombianos menores de 30 años (Contraloría General, 2012)” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 17).

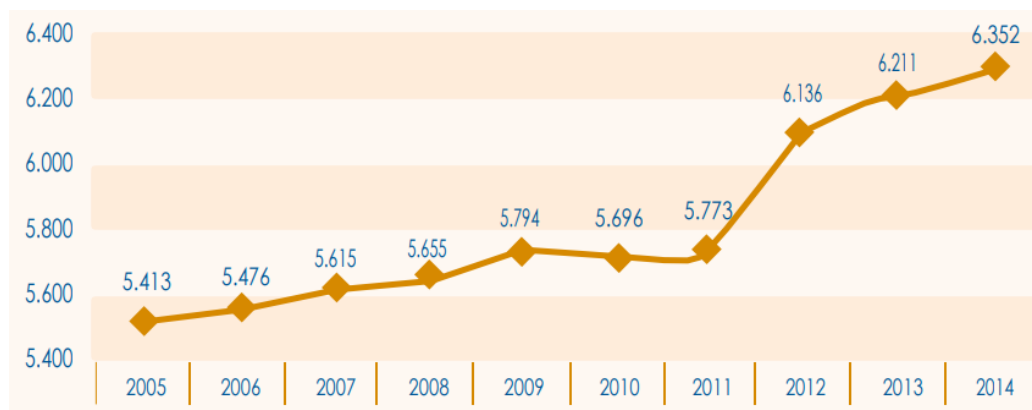
Figura 10 Gráfica de accidentes de tránsito (casos). Colombia, 2005 - 2014 (anual)



Fuente: Ministerio de Transporte [PNSV]. (2015). Plan Nacional de Seguridad Vial. Colombia 2011-2021. Ministerio de Transporte. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/3239/plan-nacional-de-seguridad-vial/>

Como se ilustra en la figura 11, “en relación con las muertes en accidentes de tránsito, con excepción del año 2010, en el que se registra un leve descenso con respecto al 2009 equivalente al 1,7% (98 casos), la tasa de mortalidad en accidentes de tránsito ha sido creciente durante todo el periodo de análisis. No obstante, es importante señalar, que a pesar que el pico más alto del fenómeno se registra en el año 2014 con un total de 6.352 fallecidos, el mayor incremento tiene lugar en el año 2012 cuando se registraron 363 víctimas fatales más que en el 2011, equivalente a un aumento del 6,3%” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 17).

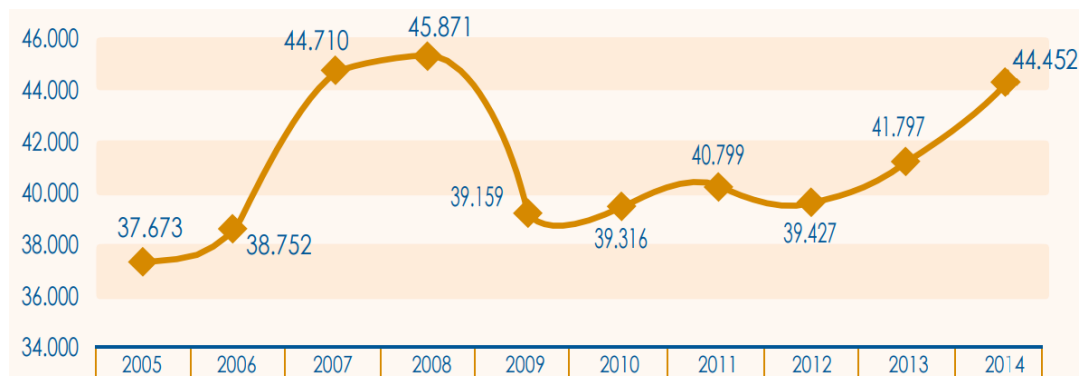
Figura 11 Gráfica de fallecidos en accidentes de tránsito (casos). Colombia, 2005 – 2014 (anual)



Fuente: Ministerio de Transporte [PNSV]. (2015). Plan Nacional de Seguridad Vial. Colombia 2011-2021. Ministerio de Transporte. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/3239/plan-nacional-de-seguridad-vial/>

La figura 12, muestra “el comportamiento de las víctimas no fatales, en accidentes de tránsito, registra sus picos más altos en los años 2007, 2008 y 2014, mostrando también dos tendencias diferenciadas. En el primer lustro (2005 - 2009) se presenta un marcado incremento, que en el año 2007 equivale a 5.958 lesionados más que en el 2006 es decir, un incremento del 15,4%. Sin embargo, pareciera que este incremento fuera compensado por el pronunciado descenso registrado en 2009, equivalente a una reducción del 14,6% frente al 2008 e igual a 6.712 víctimas menos; lo que en suma permite afirmar que entre el 2005 y el 2009 se registra una variación porcentual del 3,9%. En el segundo lustro (2010 - 2014), exceptuando el año 2012 que muestra un descenso del 3,4% (1.372 casos) con respecto al 2011, la tendencia es al ascenso, manteniendo incrementos porcentuales del alrededor del 6% en cada uno de los años; siendo el presentado en el 2014 el más alto del quinquenio con 6.255 lesionados más que en el 2013” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 18).

Figura 12 Gráfica de lesionados en accidentes de tránsito (casos). COLOMBIA, 2005 - 2014 (anual)



Fuente: Ministerio de Transporte [PNSV]. (2015). Plan Nacional de Seguridad Vial. Colombia 2011-2021. Ministerio de Transporte. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/3239/plan-nacional-de-seguridad-vial/>

5.1.1.1. Víctimas de accidentes de tránsito según características del accidente

“En Colombia durante los últimos diez años, según clase de accidente, el 54,9% de los lesionados y el 32,3% de los fallecidos en accidentes de tránsito se registraron por choques entre vehículos, constituyéndose en el hecho que mayor número de víctimas registrado, seguido del atropello, lo que es consecuente con el hecho de que los peatones sean los segundos actores más vulnerables. Esta distribución se mantiene para cada uno de los años analizados. A continuación, la figura 13, ilustra la distribución porcentual de las víctimas de accidentes de tránsito según clase de accidente para el periodo de análisis” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 33).

Figura 13 Gráfica de distribución porcentual de los fallecidos y los lesionados en accidentes de tránsito, según clase de accidente. Colombia, 2005 - 2014 (acumulado)



Fuente: Ministerio de Transporte [PNSV]. (2015). Plan Nacional de Seguridad Vial. Colombia 2011-2021. Ministerio de Transporte. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/3239/plan-nacional-de-seguridad-vial/>

“De otro lado, a partir de la información se muestra la distribución de los fallecidos y lesionados en accidente de tránsito, para el periodo 2005-2014 según clase de accidente y condición de la víctima; puede afirmarse que la mayor incidencia de muertes en accidente en la condición de motociclista se presenta en choques con otro vehículo, en un 56,22% de los casos. En un 18,17% de los casos se da por choque con objeto fijo (sardineles, postes, otros vehículos estacionados, etc.) y en un 11,52% por volcamiento” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 34).

La tabla 2, “registra la distribución de los fallecidos y lesionados en accidente de tránsito para el periodo 2005-2014 según clase de accidente y condición de la víctima; puede afirmarse que la mayor incidencia de muertes en accidente en la condición de motociclista se presenta en choques con otro vehículo, en un 56,22% de los casos. En un 18,17% de los casos se da por choque con objeto fijo (sardineles, postes, otros vehículos estacionados, etc.) y en un 11,52% por volcamiento” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 34).

Se destaca un alto número de fallecidos por tipo de accidente en los casos de choque con otro vehículo 18.777 (46.41%), choque con objeto fijo o en movimiento 5.525 (13.5%), y volcamiento 4.608 (11.39%).

“Lo anterior, llama la atención sobre la necesidad de inspeccionar las condiciones de la infraestructura por la cual se movilizan estos usuarios, dado que las condiciones de baja luminosidad, estado inadecuado del pavimento, entre otros aspectos, pueden ser causantes de los accidentes. Haciéndose necesario, además, revisar los requisitos exigidos a los conductores de motocicletas para certificar su pericia en este tipo de vehículos, caracterizados porque su estabilidad depende de la habilidad del conductor” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 34).

Tabla 2 Fallecidos y lesionados en accidente de tránsito según clase de accidente y condición de la víctima. Colombia, 2005 - 2014 (acumulado)

Condición de la víctima	Atropello		Caída de ocupante		Caída de vehículo a precipicio		Choque con objeto fijo o en movimiento		Choque con otro vehículo		Volcamiento		Otros Tránsito		Sin información		Total general	
	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados
Peatón	17.665	95.742	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	na	17.665	95.744
Motociclista	na	na	-	-	171	160	3.226	6.449	9.983	116.417	2.045	5.757	7	-	2.324	3.736	17.756	132.519
Acompañante Motocicleta	na	na	830	2.841	30	106	559	2.000	2.198	40.149	253	566	1	-	447	1.418	4.318	47.080
Pasajero/ Acompañante	na	na	956	10.836	616	1.673	766	6.121	2.057	29.033	1.434	7.161	83	457	1.322	6.179	7.234	61.460
Conductor	na	na	1	67	243	167	718	1.263	1.533	14.802	675	712	65	52	1.128	10.206	4.363	27.269
Ciclista	na	na	-	-	20	23	248	338	2.912	23.752	198	483	1	-	189	155	3.568	24.751
Acompañante Bicicleta	na	na	31	125	2	9	8	38	87	1.804	2	31	-	2	8	14	138	2.023
Sin información	na	na	-	-	-	-	-	17	7	232	1	1	-	-	3.071	20.862	3.079	21.110
Total general	17.665	95.742	1.818	13.869	1.082	2.138	5.525	16.226	18.777	226.189	4.608	14.711	157	511	8.489	42.570	58.121	411.956

Fuente: Los datos difieren levemente de las cifras presentadas por la Fuente primaria (INMLCF) pues se excluyen otros accidentes de transporte diferentes a los de tránsito - Ministerio de Transporte [PNSV]. (2015). Plan Nacional de Seguridad Vial. Colombia 2011-2021. Ministerio de Transporte. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/3239/plan-nacional-de-seguridad-vial/>

“Por otro lado, y según la información consignada en la tabla 3, también puede afirmarse que, sin contar a los acompañantes de motocicletas, el transporte público (bus, buseta, taxi, microbús), presenta el mayor número de caídas de ocupante para el periodo de análisis, lo cual debe orientar las medidas de control sobre las prácticas inadecuadas en el transporte público, como por ejemplo conducir con las puertas abiertas, ascenso y descenso del vehículo en movimiento o en sitios no autorizados, para citar solo algunas” (Ministerio de Transporte, 2015, p. 34).

Tabla 3 Fallecidos y lesionados en accidente de tránsito según clase de accidente y tipo de vehículo en el que se movilizaba la víctima. Colombia, 2005 - 2014 (acumulado)

Vehículo en el que se movilizaba la víctima	Caída de ocupante		Caída de vehículo a precipicio		Choque con objeto fijo o en movimiento		Choque con otro vehículo		Volcamiento		Otros Tránsito		Sin información		Total general	
	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados	Fallecidos	Lesionados
Ambulancia	-	10	3	9	7	48	28	260	16	36	-	1	4	9	58	373
Automóvil (Incluye Taxis)	62	465	160	280	748	2.739	1.727	25.478	444	1.094	20	31	207	314	3.368	30.401
Bicicleta	31	125	22	32	256	376	2.999	25.556	200	514	1	2	197	169	3.706	26.774
Bus/Buseta	323	9.002	282	998	175	2.995	577	8.849	446	4.582	5	346	75	1.091	1.883	27.863
Camión/Camión furgón	109	127	76	87	101	186	297	960	258	314	11	3	54	21	906	1.698
Camioneta/Campero	264	594	250	393	276	932	531	4.818	615	1.377	9	26	77	108	2.022	8.248
Maquinaria/Tractor	-	-	3	2	8	12	22	99	68	9	70	13	-	-	171	135
Microbús	46	366	16	26	32	181	99	936	30	219	-	9	6	52	229	1.789
Motocicleta/Motocarro	830	2.840	201	266	3.785	8.449	12.181	156.568	2.298	6.323	8	-	2.771	5.154	22.074	179.600
Vehículo de tracción animal/Semoviente	-	-	-	-	1	1	47	447	-	-	24	53	-	1	72	502
Vehículo de transporte masivo de pasajeros	8	165	4	2	6	28	20	91	31	3	1	10	1	52	71	351
Vehículos articulados (Tractomulas, Remolques, etc)	25	70	16	18	14	52	61	309	82	79	-	8	7	14	205	550
Volqueta	44	32	20	8	9	28	22	108	57	70	6	-	6	2	164	248
Sin información	76	73	29	17	107	199	166	1.710	63	91	2	9	5.084	35.583	5.527	37.680
Total general	1.818	13.869	1.082	2.138	5.525	16.226	18.777	226.189	4.608	14.711	157	511	8.489	42.570	40.456	316.214

Fuente: Los datos difieren levemente de las cifras presentadas por la Fuente primaria (INMLCF) pues se excluyen otros accidentes de transporte diferentes a los de tránsito / Se excluye de esta tabla las víctimas por atropello. Ministerio de Transporte [PNSV]. (2015). Plan Nacional de Seguridad Vial. Colombia 2011-2021. Ministerio de Transporte. <https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/3239/plan-nacional-de-seguridad-vial/>

5.1.2. Situación de la Seguridad Vial en Colombia 2017 a 2021-1

- a) La ANSV en su Boletín estadístico Colombia, Serie Nacional Comparativo ene-dic 2017 – 2018, reporta:

“En el año 2018, los siniestros viales en Colombia han dejado 6.476 personas fallecidas y 37.213 lesionadas. Esto representa una disminución del -0,26% en el total de muertos y una disminución del -2,26% en el total de lesionados, en comparación con el año 2017. Siendo los usuarios de moto las víctimas más afectadas, representando un 48,3% del total de fallecidos y un 56% del total de lesionados” (ANSV, 2019, p. 1).

“En 2018 se destacan por su elevada cifra de fallecidos los departamentos de Valle del Cauca, Antioquia y Bogotá, D.C. que representan el 13,9%, 11,9% y 8% respectivamente. En comparación con el 2017 los departamentos que tuvieron un mayor aumento en la cifra de fallecidos fueron Cauca, Cesar y Atlántico con 49, 48 y 38 fallecidos por encima de lo reportado para el ene - dic 2017. En contraposición los departamentos que más disminuyeron la cifra de fallecidos fueron de Antioquia, Bogotá, D.C. y Quindío con 169, 28 y 21 víctimas menos respectivamente” (ANSV, 2019, p. 1).

- b) La ANSV, en su Boletín Estadístico Colombia, Serie Nacional Comparativo ene-dic 2018 – 2019, reporta:

“En el año 2019, los siniestros viales en Colombia dejaron 6.634 personas fallecidas y 34.485 lesionadas. Esto representa un aumento del 2,44% en el total de muertos y una disminución del 7,33% en el total de lesionados, en comparación con el año 2018. Siendo los usuarios de moto las víctimas más afectadas, representando un 52,1% del total de fallecidos y un 55,9% del total de lesionados” (ANSV, 2019, p.1).

En 2019, “se destacaron por su elevada cifra de fallecidos los departamentos de Valle del Cauca, Antioquia y Bogotá D.C. que representan el 13,6%, 13,1% y 7,8% del total de fallecidos respectivamente. En comparación con el 2018, los departamentos que tuvieron un mayor aumento en la cifra de fallecidos fueron Antioquia, Cundinamarca y Norte de Santander con 101, 53 y 41 fallecidos por encima de lo reportado para el periodo ene - dic 2018. En contraposición, los departamentos que más disminuyeron la cifra de fallecidos fueron Cesar, Caldas y Tolima con 48, 35 y 33 víctimas menos respectivamente” (ANSV, 2019, p. 1).

- c) La ANSV, en su Boletín Estadístico Colombia, Serie Nacional Comparativo ene-dic 2019 – 2020, reporta:

En el año 2020, “los siniestros viales en Colombia han dejado 5.458 personas fallecidas y 14.455 lesionadas. Esto representa una disminución del 17.71% en el

total de muertos y una disminución del 58.08% en el total de lesionados, en comparación con el año 2019. Siendo los usuarios de moto las víctimas más afectadas, representando un 53.3% del total de fallecidos y un 59.8% del total de lesionados” (ANSV, 2019, p. 1).

En 2020, “se destacan por su elevada cifra de fallecidos los departamentos de Valle Del Cauca, Antioquia y Bogotá D.C. que representan el 13.7%, 12.2% y 7.3% del total de fallecidos respectivamente. En comparación con el 2019 los departamentos que tuvieron un mayor aumento en la cifra de fallecidos fueron Vichada, Bolívar y Meta con 5, 3 y 1 fallecidos por encima de lo reportado para el periodo ene - dic 2019. En contraposición, los departamentos que más disminuyeron la cifra de fallecidos fueron Antioquia, Valle Del Cauca y Cundinamarca con 204, 155 y 141 víctimas menos respectivamente” (ANSV, 2021b, p. 1).

El 9 de febrero de 2021; la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) publicó un análisis realizado por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial (ONSV), que determinó que en 831 de los 1.122 municipios de Colombia se cumplieron las metas de reducción en la siniestralidad vial establecidas para el año 2020.

En total, en 2020 se salvaron 1.175 vidas en las vías del país, lo que representó una reducción del 18%, en comparación con 2019. En 2020 hubo 20.000 lesionados menos frente a 2019 que reportó 34.485 personas heridas por siniestros viales.

El análisis del Observatorio también revela que las principales disminuciones en el número de víctimas fatales por siniestros viales se concentraron en 19 departamentos del país y Bogotá. De igual forma, 182 municipios que en 2019 registraron personas fallecidas por siniestros viales, no presentaron ninguna víctima fatal por esa causa en 2020.

En conclusión, según la ANSV, en 2020 el 74% de los municipios del país cumplieron las metas de reducción de la siniestralidad vial durante 2020.

Nota: Se recomienda para la correcta interpretación de las cifras del año 2020, tener en cuenta que como consecuencia directa de la restricción a la movilidad (entre el 14 de marzo del 2020 al 01 de septiembre de 2020) en el país, los casos de fallecidos y lesionados, así como de siniestros viales disminuyeron.

- d) **En publicación del 19 de abril de 2021.** El Observatorio de la Agencia Nacional de Seguridad Vial, presentó el balance de la siniestralidad vial en el país para el primer trimestre de 2021. Este documento es resultado del procesamiento de la información preliminar del Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses entre enero y marzo de 2021.

Este primer balance, revela avances en materia de reducción de fatalidades por siniestros viales en los departamentos del Valle del Cauca, Nariño y Cauca. Valle

del Cauca logró salvar 32 vidas en estos tres meses, en comparación con lo ocurrido en el mismo periodo de 2020; esto representa una reducción del 15,8%, ya que el primer trimestre de 2021, se presentaron 171 fallecimientos por siniestros viales frente a los 203 ocurridos el año pasado. Nariño tuvo 15 fallecimientos menos (bajó de 47 a 32), una variación del 31,9%; mientras que Cauca alcanzó una disminución del 18,5%, al pasar de 65 muertes el año pasado a 53; estos tres departamentos tuvieron las mayores reducciones.

De igual forma, analizando las 32 capitales del país, se encontró que 10 de ellas presentaron reducciones, siendo Cali la más destacada, al tener 29 fallecimientos menos el trimestre pasado, en comparación con el mismo periodo de 2020, al registrar 49 muertes frente a las 78 del año pasado. Esto representa una variación del 37,2%. Valledupar, Popayán, Montería e Ibagué salvaron 7 vidas cada una.

El informe muestra aumentos que preocupan a las autoridades tanto del orden nacional como local. A nivel de departamentos, los mayores se presentaron en Santander, que pasó de 71 fallecimientos el primer trimestre del año pasado a 94 en el mismo periodo de 2021 (un aumento del 32,4%); Cesar, que subió de 52 casos a 73 (variación del 40,4%), y Bolívar, que entre enero y marzo del año pasado registró 54 fallecimientos por siniestros viales y este año tuvo 72 (aumentó 33,3%).

En cuanto a las ciudades, Bogotá tuvo 18 muertes más que en 2020, una variación del 20,2%; Armenia, presentó una variación del 150% al pasar de 8 fallecimientos en 2020 a 20 en el primer trimestre del 2021, y Pereira, que pasó de 7 casos el año pasado a 19 en este, una variación del 171,4%, fueron las ciudades con los mayores aumentos.

El informe reveló también que los departamentos de Arauca, Chocó y Córdoba redujeron el número de víctimas fatales mientras San Andrés, Meta, Vaupés y Vichada se han mantenido neutros con el mismo número de víctimas que el año anterior.

5.2. Conceptos generales sobre sistemas de contención vial

“De manera ideal, se puede afirmar que una carretera debería ser proyectada sin que hubiera peligros en su entorno; no obstante, la realidad es totalmente diferente y la presencia frecuente y, en muchos casos, inevitable de terraplenes, pasos sobre cuerpos de agua, obstáculos adyacentes, proximidad de otras vías, bifurcaciones de salida, intersecciones, zonas habitadas próximas a la vía, etc., obliga a considerar la adopción de medidas para garantizar la seguridad vial” (Ingeniatte, 2018, p. 15).

“La función de la barrera metálica principalmente se basa en re direccionar los vehículos, evitar la colisión con objetos fijos al lado de la vía o evitar la caída cuando hay abismos. Lo anterior no garantiza que el accidente sea leve o sin lesiones. La efectividad de estas barreras puede depender de muchos factores que se estarían ignorando, como la altura de

los vehículos que transitan por las vías, el ancho de las bermas, el tamaño de estas barreras, el tipo de calzada y factores ambientales” (Rezapour, et al., 2019, p. 1).

“En un estudio realizado en el estado de Wyoming- USA, donde se evaluaban la eficiencia de diferentes tipos de barreras entre las que se encontraban las barreras tipo cable, barrera metálica y barreras rígidas de concreto, se concluyó que la barrera tipo cable sería la más segura para vehículos ligeros. Por otro lado, se encontró que el 44% de los accidentes de camiones con barreras metálicas fueron de gravedad alta (con lesiones fatales o incapacitantes) y el motivo principal que determinaron fue la altura de dichas barreras” (Rezapour, et al., 2019, p. 1).

“El propósito de las barreras de contención vial, es reducir la probabilidad de que un vehículo errante golpee un objeto fijo, o una característica del terreno fuera del camino recorrido que es, menos indulgente que golpear la barrera en sí. Una barrera debe instalarse sólo si cumple con la función de disminuir las consecuencias del siniestro, es decir, que en caso de salida de la vía la barrera re direcciona al vehículo o minimice el impacto. Los beneficios derivados de un tratamiento de seguridad en carretera pueden calcularse estimando primero el número de vehículos que probablemente se saldrán de la carretera en un lugar determinado. Por definición, una invasión ocurre cuando un automovilista se aleja del camino recorrido; los principales factores que aumentan la frecuencia de las invasiones son: el volumen de tráfico, la alineación de la carretera y la anchura del carril” (American Association of State Highway and Transportation Officials, [AASHTO], 2011, p. 1).

“Cuando un vehículo sale incontrolado de la calzada, puede interactuar con una serie de elementos situados en los márgenes de la carretera tales como obstáculos, desniveles u otras vías, o bien alcanzar objetos situados en el entorno de vía. Esta situación puede dar lugar a daños y lesiones en los ocupantes del vehículo, a colisiones secundarias e interferencias con otros usuarios de la vía o daños en personas u objetos próximos a la carretera” (Ingeniatte, 2018, p. 14).

“La cantidad de víctimas, prevista como resultado de un accidente dependerá de la configuración del accidente (salida de la vía, alcance, choque frontal, etc.), así como de la configuración de la vía (calzada única, calzadas separadas, paso sobre otras infraestructuras, etc.) y de su entorno (obstáculos en los márgenes, presencia de colindantes a proteger, etc.)” (Ingeniatte, 2018, p. 19).

El experto en seguridad vial Mike Dreznes, vicepresidente ejecutivo de la Federación Internacional de Carreteras; ha dicho “que los sitios se deben analizar yendo a campo; para evaluar los peligros y problemas específicos del sitio, tales como pendientes, colinas, o hombros mínimos, características que pueden hacer una gran diferencia en la selección del sistema de contención vial a utilizar”.

“El principal beneficio obtenido al seleccionar un diseño basado en la seguridad es la reducción en los costos futuros. Estos costos generalmente incluyen costos de daños a la

propiedad y costos de lesiones personales. En algunos casos, el número total de accidentes puede reducirse con un tratamiento adecuado” (Kenneth & Richard, 1998, p.1).

El diseño de los sistemas de contención vehicular, “implica la selección del nivel de contención del sistema y sus otras características de comportamiento, así como la disposición de éste con respecto al obstáculo y la carretera, en función de las condiciones particulares de cada sitio potencialmente peligroso, de tal manera que el sistema de contención vehicular ayude a aminorar la gravedad de un accidente por salida de vía en esos sitios. El término diseño no incluye la especificación de los componentes de un sistema, como por ejemplo las características estructurales o de los materiales que lo constituyen. Estos últimos son resultado de desarrollos tecnológicos que incluyen estudios con ensayos a escala real para comprobar la efectividad de un sistema. Los sistemas comprobados deberán ser utilizados exactamente como fueron ensayados” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 20).

“Un punto importante a considerar en el diseño de las barreras, es la condición certificada o no certificada de estos elementos, ya que existen diferencias entre aquellos dispositivos que han sido probados a escala real, de aquellos que no cuentan con ensayos de acuerdo a normas internacionales de impacto” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 533).

Dentro de las normas internacionales de ensayo se tienen:

- a. Norma Europea UNE-EN 1317 “Sistemas de contención para carreteras (Unidad de Normalización Española” [UNE], 2010, p. 1)
- b. Report 350 NCHRP “Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features” (Federal Highway Administration [FHWA], 1993, p. 1).
- c. Norma MASH, Manual for Assessing Safety Hardware (AASHTO, 2016, p. 1).

En términos generales, **UNE-EN 1317 y MASH**; evalúan el rendimiento de los sistemas de contención vial de una manera similar. En ambos casos, las pruebas a gran escala se llevan a cabo con vehículos representativos, en velocidades y ángulos de impacto representativos en terrenos generalmente planos. También se obtiene una evaluación de la deformación del sistema de retención vial, la trayectoria del vehículo que impacta, y el riesgo probable de lesiones para los ocupantes o usuarios de la carretera. Pero hay diferencias significativas como: los vehículos utilizados en las pruebas, las condiciones de impacto precisas, la evaluación del rendimiento del sistema de retención y el método de evaluación del riesgo de lesiones. En conclusión, aunque la tecnología para realizar las pruebas, adquirir datos y evaluar los rendimientos es la misma **UNE-EN 1317 y MASH** son demasiado diferentes para ser utilizados como un solo estándar. (Anghileri, 2012, p. 22).

El propósito de **MASH** (Manual de AASHTO para evaluar el hardware de seguridad), como el de **NCHRP 350** (Procedimientos recomendados para evaluar el desempeño de seguridad de dispositivos viales – FHWA); es proporcionar criterios y estándares para evaluar nuevos dispositivos de seguridad. Ni **MASH** ni **NCHRP 350**, proporcionan directrices para el diseño

de hardware de seguridad en carretera. Estos parámetros de diseño están contenidos en la **Guía de diseño de carreteras AASHTO 2011**. Se ha generado mucha confusión en la interpretación de estas normas, en gran parte esta se debe al procedimiento de implementación para MASH en comparación con el proceso de implementación utilizado para NCHRP-350; en general porque se ha tratado de asegurar que la gama de vehículos de prueba represente alrededor del 85% de la flota de vehículos de pasajeros. En los Estados Unidos, los vehículos que pesaban unos 820 kg (1.800 libras), que era el vehículo ligero bajo NCHRP 350, eran muy difíciles de encontrar en 2009 cuando se escribió MASH. Además, muchas de las camionetas utilizadas como vehículos de prueba en NCHRP-350 (1993) habían aumentado en peso y altura. Estos cambios en el vehículo ayudaron a impulsar el desarrollo de los requisitos de pruebas de choque MASH (Dreznes, 2012b, p. 7).

Actualmente se encuentran análisis comparativos equivalentes entre las normas internacionales **NCHRP 350, MASH y UNE-EN 1317** en términos de energía cinética de impacto. Esto no quiere decir que los productos **UNE-EN 1317** deban utilizarse en los Estados Unidos, ni que los productos **NCHRP 350 y MASH** se utilicen en la Unión Europea. Antes de proponer sistemas equivalentes entre estas normas, es necesario evaluar otros factores, tales como: los tipos de vehículos, los centros de gravedad, el riesgo de ocupantes del vehículo y el comportamiento del vehículo después del impacto. Aunque muchos países del mundo han optado por utilizar **NCHRP 350, MASH o UNE-EN 1317**, en el resto del mundo se están instalando productos probados por **NCHRP 350** en la misma carretera con productos probados **UNE-EN 1317** y, sin duda, a veces se cometen errores. Es este aspecto los diseñadores deben tener los conocimientos y experiencia que les permitan evaluar correctamente el desempeño de los diferentes sistemas de contención y así cumplir el objetivo de salvar vidas (Hubbell, 2012, p. 11).

“La selección de las barreras de contención debe ser un proceso iterativo, considerando diversos sistemas que cumplan los requisitos y se ajusten a las condiciones de la vía” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 558). “Una vez establecido el sistema a emplear, se procederá a indicar las especificaciones técnicas generales especiales de la barrera, terminales y transiciones de la tipología adoptada para el proyecto”. (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 559). Considerando entre otras variables: nivel de contención, ancho de trabajo, severidad del impacto, optándose por aquel sistema que presente menor severidad. “Siempre se deberá verificar que el suelo bajo la barrera esté nivelado y libre de obstrucciones, tanto en las zonas desde el borde la calzada, zona de separación entre postes y la zona de ancho de trabajo. Paralelamente se debe prever que la zona próxima a los postes presente características compatibles con el sistema instalado en caso de barreras con postes hincados, se debe verificar que el suelo alrededor de los postes brinde las condiciones para permitir un adecuado funcionamiento ante un impacto, esto significa que esté libre de pavimentos asfálticos o de hormigón, que puedan generar trabazón evitando el desplazamiento y torsión esperadas para los postes” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 559).

El Programa Internacional de Evaluación de Carreteras - iRAP³, es una organización sin fines de lucro dedicada a salvar vidas mediante la eliminación de vías de alto riesgo en todo el mundo. iRAP trabaja en colaboración con gobiernos, autoridades viales, clubes de movilidad, bancos de desarrollo, ONG y organizaciones de investigación para entre otros inspeccionar las vías de alto riesgo y desarrollar clasificaciones por estrellas, mapas de riesgos y planes de inversión para vías más seguras. Uno de los parámetros codificados corresponde al riesgo que un objeto lateral representa para el usuario de una vía, el cual varía dependiendo de la distancia a la que se encuentre del borde de la vía. La tabla 4, muestra el riesgo relativo de las combinaciones de distancias y objetos laterales y la figura 14, los parámetros de severidad lateral, según la clasificación por estrellas del Manual de codificación del iRAP (International Road Assessment Programme [iRAP], 2020, p. 1).

Tabla 4 Peligros laterales a la vía – enumerados de mayor (#1) a menor riesgo (#62)

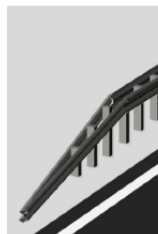
Riesgo relativo de las combinaciones de distancias y objetos laterales					
#	Distancia	Objeto Lateral	#	Distancia	Objeto Lateral
1	Cualquiera	Precipicio	34	5 a <10m	Talud de corte – sin pendiente de vuelco
2	0 a < 1m	Árbol ≥10cm	35	0 a < 1m	Barrera de seguridad – metal
3	0 a < 1m	Poste no abatible ≥10cm	36	0 a < 1m	Barrera de seguridad – apta para motocicletas
4	0 a < 1m	Estructura o edificación rígida	37	1 a <5m	Barrera de seguridad – concreto
5	0 a < 1m	Terminal de barrera de seguridad sin protección	38	5 a <10m	Estructura o edificación semi-rígida
6	0 a < 1m	Objeto bajo y rígido ≥20cm altura	39	1 a <5m	Barrea de seguridad – metal
7	0 a < 1m	Cara vertical peligrosa	40	1 a <5m	Barrera de seguridad – apta para motocicletas
8	0 a < 1m	Cuneta profunda	41	0 a < 1m	Barrera de seguridad – cable
9	1 a <5m	Árbol ≥10cm	42	1 a <5m	Barrera de seguridad – cable
10	1 a <5m	Poste no abatible ≥10cm	43	≥10m	Árbol ≥10cm
11	1 a <5m	Estructura o edificación rígida	44	≥10m	Poste no abatible ≥10cm
12	1 a <5m	Terminal de barrera de seguridad sin protección	45	≥10m	Estructura o edificación rígida
13	1 a <5m	Objeto bajo y rígido ≥20cm altura	46	≥10m	Terminal de barrera de seguridad sin protección
14	0 a < 1m	Talud de corte	47	≥10m	Objeto bajo y rígido ≥20cm altura
15	0 a < 1m	Terraplén	48	≥10m	Cara vertical peligrosa

³ iRAP: International Road Assessment Programme

Riesgo relativo de las combinaciones de distancias y objetos laterales					
#	Distancia	Objeto Lateral	#	Distancia	Objeto Lateral
16	1 a <5m	Cara vertical peligrosa	49	≥10m	Cuneta profunda
17	1 a <5m	Cuneta profunda	50	5 a <10m	Barrera de seguridad – concreto
18	0 a < 1m	Talud de corte – sin pendiente de vuelco	51	≥10m	Talud de corte
19	1 a <5m	Talud de corte	52	≥10m	Terraplén
20	1 a <5m	Terraplén	53	5 a <10m	Barrea de seguridad – metal
21	1 a <5m	Talud de corte – sin pendiente de vuelco	54	5 a <10m	Barrera de seguridad – apta para motocicletas
22	0 a < 1m	Estructura o edificación semirrígida	55	≥10m	Talud de corte – sin vuelco
23	1 a <5m	Estructura o edificación semirrígida	56	≥10m	Sin objetos
24	5 a <10m	Árbol ≥10cm	57	5 a <10m	Barrera de seguridad – cable
25	5 a <10m	Poste no abatible ≥10cm	58	≥10m	Estructura rígida o edificación
26	5 a <10m	Estructura o edificación rígida	59	≥10m	Barrera de seguridad – concreto
27	5 a <10m	Terminal de barrera de seguridad sin protección	60	≥10m	Barrera de seguridad – metal
28	5 a <10m	Objeto bajo y rígido ≥20cm altura	61	≥10m	Barrera de seguridad – apta para motocicletas
29	5 a <10m	Cara vertical peligrosa	62	≥10m	Barrera de seguridad – cable
30	5 a <10m	Talud de corte			
31	5 a <10m	Cuneta profunda			
32	5 a <10m	Terraplén			
33	0 a < 1m	Barrera de seguridad – concreto			

Fuente: International Road Assessment Programme [IRAP] (2020). Manual de codificación del iRAP. Edición para la conducción sobre la derecha. (versión 5.1.) International Road Assessment Programme, iRAP, Foundation. www.irap.org

Figura 14 Parámetros de severidad lateral iRAP

SEVERIDAD LATERAL – DISTANCIA Y OBJETO			
ROCKFACI Código: 5 Cara de roca irregular, pared o barrera no estándar. 	ROLL Código: 6 Talud de corte Sección de corte de al menos 2m de altura, donde es probable que un vehículo se vuelque (15° a 75°), tales como cortes de tierra o cortes de tierra con pasto. Si un talud de corte tiene secciones de rocas irregulares, codifíquelo como 'cara vertical peligrosa'. 	NO ROLL Código: 7 Talud de corte – sin pendiente de vuelco Sección de corte de al menos 2m de altura a una pendiente de 75° o más, que un vehículo es probable se deslice a lo largo cuando se impacta. Las secciones de rocas irregulares no deben registrarse. 	DITCH Código: 8 Cuneta o zanja de más de 1m de profundidad. 
SLOPE Código: 9 Terraplén Talud desde la superficie de rodamiento con una ratio angular mayor a 1:4 (equivalente a 25% de gradiente y 15°) y una caída de $>1m$. 	CLIFF Código: 10 Precipicio Precipicio o peligro equivalente, como el borde de un puente alto, que podría causar la muerte independientemente de la velocidad a la que se conduzca. 	TREE Código: 11 Árbol $\geq 10cm$ Tronco de árbol de más de 10 cm de diámetro. 	POLE Código: 12 Poste no abatible $\geq 10cm$ diámetro Algunos ejemplos son: columnas de alumbrado, postes de señalización de metal o madera de más de 10cm de diámetro, postes de semáforos no abatibles de más de 10cm de diámetro o postes para vallas u otros de más de 10cm de diámetro. 
RIGID Código: 13 Estructura o edificación rígida Estructuras sólidas que serán causantes de una abrupta desaceleración cuando se impacten. Ejemplos de ello son soportes/columnas de puentes de concreto reforzado, cabezales de alcantarillas, muros de contención o edificaciones de piedra y concreto. 	SEMI Código: 14 Estructura o edificación semi-rígida Estructuras sólidas que probablemente se deformen ligeramente cuando son impactadas. Ejemplos de ello son casas u otras edificaciones similares, mobiliario urbano tal como paradas de autobuses/refugios, cabinas de comunicación, muros de ladrillo, mampostería o piedras. 	END Código: 15 Terminal de barrera de seguridad sin protección Barreras de seguridad con puntas peligrosas. Ejemplos de ello son barrera abatida, extremos sin protección (sin terminales), extremos afilados, terminal cola de pez. Esta categoría se debe usar también para registrar las secciones dañadas de la barrera de seguridad. 	ROCK Código: 16 Objeto bajo y rígido $\geq 20cm$ altura Objetos bajos y rígidos que son más altos que un bordillo estándar y que pueden causar que el vehículo se vuelque si lo golpea. Incluye objetos como grandes rocas o peñascos, bordillos no estándar ($\geq 20cm$ alto) o barreras y paredes bajas (menos de 67 cm de alto). 

Fuente: International Road Assessment Programme [IRAP] (2020). Manual de codificación del iRAP. Edición para la conducción sobre la derecha. (versión 5.1.) International Road Assessment Programme, iRAP, Foundation. www.irap.org

Colombia, a través de sus organismos territoriales debe “fomentar el funcionamiento seguro, el mantenimiento y la mejora de la infraestructura existente, exigiendo a las autoridades viales que:

- a) Determinen el número de muertos y heridos en función del tipo de usuario de las vías;
- b) Identifiquen los factores de la infraestructura que influyen en el riesgo o tramos de carretera peligrosos en los que se produce un número excesivo de accidentes y adopten medidas correctivas y
- c) Realicen evaluación de la seguridad de la infraestructura existente y apliquen soluciones de ingeniería de eficacia demostrada para mejorar los resultados en materia de seguridad vial” (WHO, 2011, p.15).

5.2.1. Los terminales tipo «cola de pez o cuchara»

"El buen funcionamiento de un sistema de contención, al ser impactado, dependerá en gran medida de la eficiencia de sus terminales, debido a que éstos le aportan continuidad estructural; cumpliendo además una función de reducción de la severidad del impacto; cualquiera sea su ubicación y tipo de terminal utilizado, siempre se deberá evitar que sus extremos puedan transformarse en un punto duro” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 530).

“Es necesario mencionar al respecto que las terminales del tipo “cola de pez”, muy utilizadas en Colombia, son excesivamente agresivas porque ante un impacto frontal penetran y atraviesan el vehículo, con alta probabilidad de causar lesiones muy graves o la muerte de sus ocupantes. Por estas razones este tipo de terminales no deben ser utilizados” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 22).

En el año 1990, la FHWA (The Federal Highway Administration) prohibió el uso de terminales de punta, cola de pez o cucharas, en el extremo aguas arriba de las barreras ubicadas en carreteras con velocidades superiores a 80 km/h y TPD de más de 6.000 (carreteras de alta velocidad y uso frecuente). En 1998, debido a que estas terminales con el extremo rechazado, no pasaron el ensayo de evaluación del desempeño de seguridad NCHRP 350, fue prohibido su uso en el Sistema Nacional de Carreteras en los Estados Unidos; independientemente del diseño, velocidad o TPD. (Dreznes, 2012a, p. 75).

Son múltiples, los accidentes con consecuencias fatales, que a lo largo del tiempo se han presentado en Colombia y varios países, con este tipo de dispositivos y sin embargo se sigue permitiendo su uso a nivel nacional (figura 15).

Figura 15 Accidente contra terminal tipo “Cola de pez o Cuchara”



Fuente: Agencia Nacional de Seguridad Vial. [ANSV] (2021a). Análisis de Impacto Normativo, Evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular. Dirección de Infraestructura y Vehículos. Agencia Nacional de Seguridad Vial, ANSV.
https://ansv.gov.co/sites/default/files/Documentos/Atencion_ciudadano/210125_AIN_Sistemas%20contencio%CC%81n.%20Problema_0.pdf

El 2 de marzo de 2010, las Naciones Unidas adoptaron una resolución comprometiéndose a tomar medidas para abordar la epidemia mundial de salud pública de muertes en carretera. Más de 1.300.000 personas mueren cada año en las carreteras de todo el mundo. Las Naciones Unidas pidieron una "Década de Acción para Seguridad Vial Global" de 2011 a 2020, con el objetivo de reducir en un 50% el aumento proyectado en muertes por accidentes de tránsito para 2020. Eliminar el uso de terminales no aptos para choques, como extremos cerrados, colas de pescado y cucharas, sería un paso tangible y positivo para hacer que las carreteras sean más seguras en todo el mundo y para ayudar al Decenio de Acción a cumplir su objetivo de reducir las muertes por accidentes de tránsito 50% (Dreznes, 2012a).

Se entiende que la sustitución en todas las carreteras de los terminales de cola de pez o cuchara, si bien es beneficioso, puede no ser práctico o económicamente viable. Para las nuevas instalaciones, las autoridades viales sólo deben especificar el uso de terminales que hayan cumplido los criterios de prueba adecuados, como NCHRP 350, MASH o EN 1317 (o sus actualizaciones). Las terminales tipo de cola de pez o cuchara, siguen siendo apropiadas para los extremos finales (aguas abajo) de las barreras de tráfico en carreteras divididas y en otros lugares donde es poco probable que se produzcan impactos finales de alta velocidad (Dreznes, 2012a).

Los elementos tipo atenuadores de impacto (figura 16), se han utilizado eficazmente en todo el mundo desde finales de los años sesenta. Su uso ha salvado más de 35.000 vidas en vías alrededor del mundo. La “alta tecnología” de hoy propone atenuador de impacto reutilizable, las soluciones son de vanguardia para proporcionar opciones económicas y diseños sofisticados de carreteras seguras (Dreznes, 2012a).

Figura 16 Ejemplos de Terminal Atenuador de Impacto



Fuente: Dreznes, M. (2012a, 17 de julio). END Turned-Down END's. (Circular E-C172). En: Roadside Safety Design and Devices International Workshop. (pp. 75-81). Transportation Research Circular. <http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec172.pdf>

Particularmente, en Latinoamérica, “Argentina ha estado haciendo una gran inversión en la instalación de defensas metálicas en muchos caminos de la red vial. En la mayoría de los casos ha estado utilizando como terminal, la terminal tipo cola de pez o la terminal enterrada” (Revista Vial, 2014, p. 1). A partir de 2014, se ha procedido a eliminar los «puntos de riesgo» que causan esas terminales en los extremos de las barandas y ofrecer a los usuarios “Caminos más seguros” con terminales que cumplan con las normas establecidas por la EN 1317 o la NCHRP 350 o la MASH. Con el uso de esas nuevas terminales, se pretende reducir sustancialmente los riesgos de muertos y heridos graves en accidentes de tránsito por impacto contra estas terminales. Mejorar la calidad de vida de los habitantes de Argentina; cumplir por parte del Estado con las responsabilidades que le corresponden y dar cumplimiento a la «Década de la Seguridad Vial», declarado por las Naciones Unidas el 11 de mayo de 2011, donde la Argentina es signataria de ese compromiso” (Revista Vial, 2014, p. 1).

6. Metodología

Para el desarrollo del presente documento se propuso la siguiente metodología, en cuatro (4) fases, así:

6.1. FASE I - Recopilación y análisis de información

6.1.1. Solicitud, recopilación y análisis de datos de accidentalidad a nivel nacional

Se solicitó la base de datos históricos de accidentalidad, a nivel nacional a la Agencia Nacional De Seguridad Vial - ANSV.

La ANSV, hizo entrega de la siguiente información:

- Base de datos desde el año 2007 hasta el primer semestre de 2019 a partir del Registro Único Nacional de Tránsito – RUNT del Ministerio de Transporte, donde se encuentran entre otros registros, el Registro Nacional de Accidentes de Tránsito - RNAT que se alimenta del Informe Policial de Accidentes de Tránsito – IPAT, a partir del cual se genera la información estadística sobre accidentalidad vial.

De forma preliminar, teniendo en cuenta que la base de datos entregada, corresponde al total compilado de accidentes a nivel nacional en donde tenemos tres (3) variables que definen el tipo de información que se tomara como base para el presente análisis, a continuación se definen los datos seleccionados para cada variable, así:

Clase de Accidente	Clase choque	Objetos_fijos_choque
Atropello	Objeto fijo	Árbol
Caída de Ocupante	Semoviente	Baranda
Choque	Tren	Hidrante
Incendio	Vehículo	Inmueble
Otro		Muro
Volcamiento		Otro
		Poste
		Semáforo
		Tarima Caseta
		Valla Señal
		Vehículos estacionados

Los criterios seleccionados están directamente relacionados con accidentes en zonas laterales; el resto de la información no se tiene en cuenta.

Previa clasificación de los datos de accidentalidad, de acuerdo a los parámetros escogidos, se procedió a organizar la información de la siguiente manera:

- Año, Departamento, gravedad del accidente (Con heridos, Con Muertos o Solo daños), Clase de Accidente (Choque: Objeto fijo), Objeto fijo: Baranda y objeto fijo: poste, árbol y/o señal.

Con la información clasificada se procede a determinar el número de accidentes para identificar los departamentos y municipios que presentan mayor incidencia en este tipo de eventos.

6.1.2. Consulta sobre la existencia de manuales normatizados de diseño de sistemas de contención vial a nivel Latinoamérica.

Se procedió a consultar la normatividad y guías de diseño de sistemas de contención vial a nivel Latinoamérica; para países tales como Costa Rica, Brasil, Perú, Argentina, Ecuador y Chile.

La información recopilada se analizó con base a parámetros tales como: contenido y alcance técnico, año de actualización y obligatoriedad de cumplimiento normativo a nivel nacional; del proceso realizado se concluye que los países que a criterio del presente documento están más actualizados a nivel Latinoamérica son Chile y Perú.

En lo referente a estado de actualización a continuación se presenta el estatus al momento de la consulta, así:

- **Costa Rica:** MANUAL SCV - Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras. (mayo de 2011), Autor: Ing. Germán Valverde González. Actualmente en proceso de actualización.
- **Colombia:** Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular. (septiembre de 2012), Desarrollo Técnico: Ing. Germán E. Valverde González. No registra actualizaciones en proceso.
- **Ecuador:** Norma Ecuatoriana Vial – NEVI-12-MTOP. Volumen 5 – Procedimientos de operación y seguridad vial (2013). Vigente.
- **Brasil:** Norma ABNT NBR 15486-2007, “Segurança no tráfego - Dispositivos de contenção Viária Diretrizes de projeto e ensaios de impacto”. Traducción: Seguridad en el tráfico - Dispositivos de contención viaria directrices de diseño y pruebas de impacto” (Actualización 2014). Vigente.
- **Argentina:** Guías de conocimientos básicos sobre dispositivos de contención y redirección de vehículos (DCRV). Asociación Argentina de Carreteras (2016). Puesta a discusión pública.
- **Chile:** Manual de Carreteras RES_2837_DV_EDICION 2017 – Volumen 6 Seguridad Vial. (Edición 2016, complemento marzo 2017). Vigente.
- **Perú:** Manual de Seguridad Vial R.D. N° 05-2017-MTC/14. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017). Vigente.

Con base a lo anterior se realizó un comparativo general de los aspectos más representativos relacionados con el diseño, especificaciones técnicas y parámetros de evaluación de desempeño de los sistemas de contención vial, entre Perú, Chile, Colombia y se incluyó España como referente internacional europeo.

6.2. FASE II – Diseño de sistemas de contención en 2 tramos viales

6.2.1. Definición de los tramos a evaluar.

Del análisis de la información histórica de accidentalidad, se deduce que los resultados obtenidos corresponden a número de accidentes, valores que no son directamente proporcionales al número de víctimas en cada uno de los parámetros de clasificación; por lo tanto, no se puede definir de manera específica el sector de mayor siniestralidad en Colombia, en relación con este tipo de accidentes.

Por lo anteriormente expuesto, se procede a la búsqueda de información externa, relacionada específicamente con accidentes por choque con barrera metálica, de donde se tiene certeza e información disponible número de víctimas (muertos y/o heridos).

Dicha información tiene origen en el Programa “Pequeñas Grandes Obras”, contrato interadministrativo No. 025 del 26 de enero de 2018 cuyo objeto fue “Prestar a la Agencia Nacional de Seguridad Vial – ANSV, los servicios de asistencia técnica para el desarrollo de un programa de intervención de medidas para la seguridad vial”.

Se identificaron dos tramos viales ubicados en el departamento del Cauca, los cuales están a cargo del Instituto Nacional de Vías – INVIAS; los cuales se indican a continuación:

- Ruta 2503 “Sector Piedra Sentada”: PR 54+400 a PR 54+750
- Ruta 2002 “Sector Patico-Paletará”: PR 34+040 a PR 34+400

6.2.2. Visita de inspección y recopilación de la información específica de los tramos

Se obtuvo autorización por parte del director de Invias, territorial Cauca; para realizar la visita a los sitios previamente definidos, con el fin de:

- Realizar el inventario de señalización, demarcación e infraestructura en general.
- Registrar datos de velocidad de los vehículos que transitan en el tramo.
- Tomar registros fotográficos y videos de los tramos.
- Identificar riesgos potenciales en la vía, zonas laterales y su entorno en general.
- Consultar estadísticas de accidentalidad específicas de cada punto.

6.2.3. Diseño de los sistemas de contención

Resultado del comparativo realizado de los manuales de diseño normalizados a nivel Latinoamérica, se selecciona el método indicado en el Manual de Carreteras - Volumen 6, Ministerio de Obras Públicas, 2016, Chile.

En cada uno de los tramos se procede a realizar la descripción general, evaluación de riesgos, análisis de velocidades, datos accidentalidad y evaluación de medidas de seguridad vial existentes; finalmente se realiza el diseño del sistema de contención, con base a las metodologías indicadas para Chile: El Manual de Carreteras (Ministerio de Obras Pública, 2016) y para Colombia: La Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a).

6.3. FASE III – Comparativo del sistema existente vs el diseño obtenido

6.3.1. Análisis de los resultados y formulación de recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se evaluaron detalladamente en cada tramo, el sistema instalado, los riesgos identificados y sus consecuencias en caso de impacto contra la barrera de contención existente.

Lo anterior con el propósito de establecer las acciones de mejora a corto y largo plazo, encaminadas a brindar mayor eficiencia al sistema, disminuir los riesgos y mejorar las condiciones de seguridad vial en el sector.

Finalmente se realizó la valoración económica de los costos asociados a la atención de las recomendaciones formuladas a corto y largo plazo tomando como referencia precios del mercado.

6.4. FASE IV – Análisis de los resultados con respecto a la normatividad vigente

Se identificaron las similitudes y diferencias de los resultados obtenidos con cada una de las metodologías de diseño utilizadas; con el fin de establecer las coincidencias en lo referente a los parámetros de diseño, insumos utilizados y resultado final; de igual forma se pretende calificar la funcionalidad y estado de actualización de la guía de diseño nacional vs la metodología alterna escogida.

Con el proceso realizado de análisis de las metodologías utilizadas; se evidencia que Colombia a pesar de contar con una guía de diseño para sistemas de contención vial desde hace más de 8 años; evidentemente no se exige su uso de manera continua y oportuna. Los sistemas de contención vial se siguen implementando sin realizar los diseños específicos y análisis de seguridad vial por parte de los diseñadores; adicionalmente se siguen usando elementos como los terminales tipo “cola de pez o cuchara” en sitios de potencial riesgo de impacto frontal y finalmente “las normas NTC 6037 (2013) y END-095 (2018), relacionadas con los mecanismos para evaluar el desempeño de los sistemas de contención vehicular, no son obligatorias por cuanto el deber de su cumplimiento no ha sido asignado” (ANSV, 2021a, p. 53).

7. Resultados

7.1. Procesamiento y clasificación de datos de accidentalidad a nivel nacional

La información entregada, se clasifica de la siguiente manera:

- Año, Departamento, gravedad del accidente: Con heridos, Con Muertos o Solo daños, Clase de Accidente: Choque: Objeto fijo, (a) Objeto fijo: Baranda; y (b) objeto fijo: poste, árbol y/o señal.

En la tabla 5, se observa la incidencia del número de accidentes tipo choque con objeto fijo, sobre total consolidado de número de accidentes durante el periodo comprendido entre el 2007 y 2018 a nivel nacional; teniendo mayor impacto los accidentes con víctimas fatales en un 7.47%.

Tabla 5 Número total de accidentes tipo choque con objeto fijo, comparado con el total acumulado de accidentes periodo 2007 a 2018

Descripción	Con heridos	Con muertos	Solo daños
Choque Objeto fijo Tipo: Baranda	976	180	1.737
Choque Objeto fijo Tipo: Poste, Árbol o Señal	4.649	868	9.251
Total (2007 – 2018)	5.625	1.048	10.988
Total consolidado número de accidentes (2007 – 2018)	441.918	14.027	590.111
% de incidencia sobre el Total de Accidentes (2007 - 2018)	1,27%	7.47%	1,86%

Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

El **Anexo 1**, muestra los resultados del análisis y clasificación de información histórica de siniestralidad clasificada: por año, departamento, gravedad del accidente “con heridos, con muertos o solo daños”, por clase de accidente “choque: objeto fijo, (a) objeto fijo: baranda; y (b) objeto fijo: poste, árbol y/o señal”.

Del análisis y clasificación de la información, bajo los parámetros antes mencionados, (Ver Anexo 1); concluimos que:

- En promedio el 1.7% de los accidentes anuales, se clasifican como choque con objeto fijo tipo: Baranda, árbol, poste o señal; de esta misma manera se pudo observar que en promedio el 16.4% corresponde a choque con objeto fijo tipo baranda y el 83.6% a choque con objeto fijo tipo: poste, árbol o señal; lo cual nos indica que los puntos duros ubicados a los costados de las vías están representando gran peligro para los usuarios. La tabla 6, muestra el comparativo y la incidencia de los valores consolidados por año para el periodo desde 2007 a 2018.

Tabla 6 Incidencia anual de total de accidente tipo choque con objeto fijo, respecto a total consolidado anual de accidentes en Colombia (2007 – 2018)

AÑO	TOTAL ACCIDENTES (Anual)	TOTAL Choque Objeto fijo: Baranda / Poste, Árbol o Señal		Choque Objeto fijo Baranda		Choque Objeto fijo Poste, Árbol o Señal	
2007	130.415	2.268	1,7%	325	14,3%	1.943	85,7%
2008	154.990	2.570	1,7%	359	14,0%	2.211	86,0%
2009	106.501	1.744	1,6%	257	14,7%	1.487	85,3%
2010	80.959	1.377	1,7%	200	14,5%	1.177	85,5%
2011	80.609	1.407	1,7%	220	15,6%	1.187	84,4%
2012	86.681	1.610	1,9%	264	16,4%	1.346	83,6%
2013	79.780	1.267	1,6%	219	17,3%	1.048	82,7%
2014	61.510	1.012	1,6%	191	18,9%	821	81,1%
2015	85.668	1.424	1,7%	305	21,4%	1.119	78,6%
2016	87.464	1.441	1,6%	264	18,3%	1.177	81,7%
2017	59.679	991	1,7%	191	19,3%	800	80,7%
2018	31.800	559	1,8%	107	19,1%	452	80,9%
TOTAL	1.046.056	17.670	1,7%	2.902	16,4%	14.768	83,6%
NOTA: Estos datos son compilados del total de la información contenida en la base de datos							

Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- El comportamiento anual entre 2007 y 2018 del número de accidentes a nivel nacional, presenta gran reducción; sin embargo, se considera necesario un análisis más profundo ya que el número de víctimas no es directamente proporcional al número de accidentes.
- La tabla 7, muestra el total de accidentes a nivel nacional para el periodo 2007 a 2018, clasificados como choque con objeto fijo: tipo baranda, poste, árbol o señal.

Tabla 7 Total accidentes a nivel nacional agrupado por accidente tipo choque con objeto fijo (Periodo 2007 – 2018)

Descripción	Con Heridos	Con Muertos	Solo Daños
Accidentes por choque con objeto fijo (Baranda)	976	180	1737
Accidentes por choque con objeto fijo (árbol, poste, señal)	4649	868	9251
TOTAL	5625	1048	10988

Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- Para el periodo 2007 – 2018, la tabla 8, resume el número total de accidentes tipo choque con objeto fijo, (baranda, poste, árbol o señal) en los departamentos con mayor concentración de este tipo de eventos, que son: Antioquia, Valle del Cauca, Bogotá D.C. y Cundinamarca, con una incidencia sobre el total de accidentes a nivel nacional del 24%, 14%, 15% y 5% respectivamente.

Tabla 8 Total número de accidentes tipo choque con objeto fijo en los departamentos de mayor concentración (2007 – 2018)

Departamento / Ciudad	Con heridos	Con muertos	Solo daños	Total	%
Antioquia	1.788	200	2.332	4.320	24%
Valle del Cauca	1.117	168	1.229	2.514	14%
Bogotá D.C.	671	59	1.863	2.593	15%
Cundinamarca	188	67	719	974	6%

Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- Los departamentos y ciudad con mayor concentración de accidentes tipo choque con objeto fijo durante el periodo 2007 – 2018, representan en cada caso y tipo de consecuencias, porcentajes de incidencia sobre el número total a nivel nacional mayores al 50%, como se puede ver en tabla 9.

Tabla 9 Análisis porcentual de la incidencia de los departamentos de mayor concentración de accidentes tipo choque con objeto fijo (2007 – 2018)

Descripción	Número de accidentes / porcentaje de incidencia		
	Con Heridos	Con Muertos	Solo Daños
Total número de accidentes por choque con objeto fijo (Baranda) (Antioquia, Valle del Cauca, Bogotá y Cundinamarca)	706	92	1050
	72%	51%	60%
Total número de accidentes por choque con objeto fijo (árbol, poste, señal) (Antioquia, Valle del Cauca, Bogotá y Cundinamarca)	3058	402	5093
	66%	46%	55%
TOTAL (Antioquia, Valle del Cauca, Bogotá y Cundinamarca)	3764	494	6143
	67%	47%	56%

Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- De manera específica se tomaron datos de los departamentos con mayor incidencia en tipo de accidente por choque con objeto fijo tipo: baranda y poste, árbol o señal; en la tabla 10, podemos observar que Antioquia es el departamento que para el periodo 2007 a 2018 presenta mayor concentración de cifras, seguido de Valle del Cauca y Bogotá D.C. Adicionalmente se pudo establecer que:
 - En Antioquia de los 28 accidentes con muerto por choque con objeto fijo tipo baranda, 15 fueron en Medellín, y de los 172 accidentes con muerto por choque con objeto fijo tipo: árbol, poste o señal 72 fueron en Medellín.
 - En Valle del Cauca los 24 accidentes con muerto por choque con objeto fijo tipo baranda, están distribuidos en 15 municipios lo cual da una tasa de 1.6 accidentes por municipio; y de los 144 accidentes con muerto por choque con objeto fijo tipo: árbol, poste o señal 53 fueron en Cali.
 - En Cundinamarca de los 22 accidentes con muerto por choque con objeto fijo tipo baranda, 7 son en Villeta, y de los 45 accidentes con muerto por choque con objeto fijo tipo: árbol, poste o señal están distribuidos en 18 municipios a una tasa promedio de 2.5 accidentes por municipio.

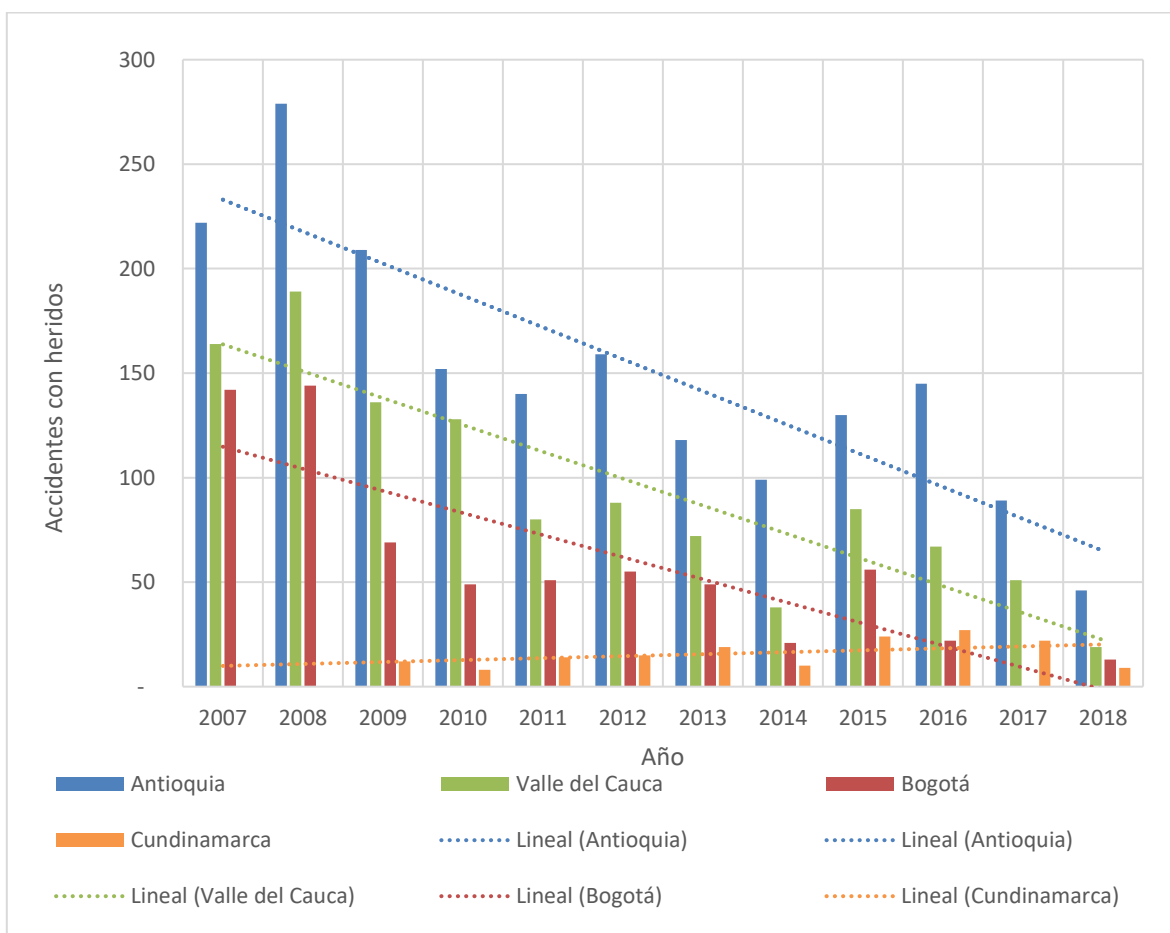
Tabla 10 Análisis porcentual de la incidencia de los departamentos de mayor concentración de accidentes tipo choque con objeto fijo (2007 – 2018)

Descripción	Antioquia			Valle del Cauca			Bogotá			Cundinamarca		
	Con Heridos	Con Muertos	Solo Daños	Con Heridos	Con Muertos	Solo Daños	Con Heridos	Con Muertos	Solo Daños	Con Heridos	Con Muertos	Solo Daños
Número de accidentes por choque con objeto fijo (Baranda)	403	28	493	106	24	158	135	18	176	62	22	223
	41%	16%	28%	11%	13%	9%	14%	10%	10%	6%	12%	13%
Número de accidentes por choque con objeto fijo (árbol, poste, señal)	1.385	172	1.839	1.011	144	1.071	536	41	1.687	126	45	496
	30%	20%	20%	22%	17%	12%	12%	5%	18%	3%	5%	5%
TOTAL	1.788	200	2.332	1.117	168	1.229	671	59	1.863	188	67	719
	32%	19%	21%	20%	16%	11%	12%	6%	17%	3%	6%	7%

Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- En la figura 17, se muestra la gráfica producto del comparativo del número total de accidentes con heridos para el periodo 2007 a 2018, de los departamentos de mayor accidentalidad por choque con objeto fijo (baranda, poste, árbol o señal), con tendencia negativa para Antioquia, Valle de Cauca y Bogotá D.C. y con tendencia al aumento para Cundinamarca.

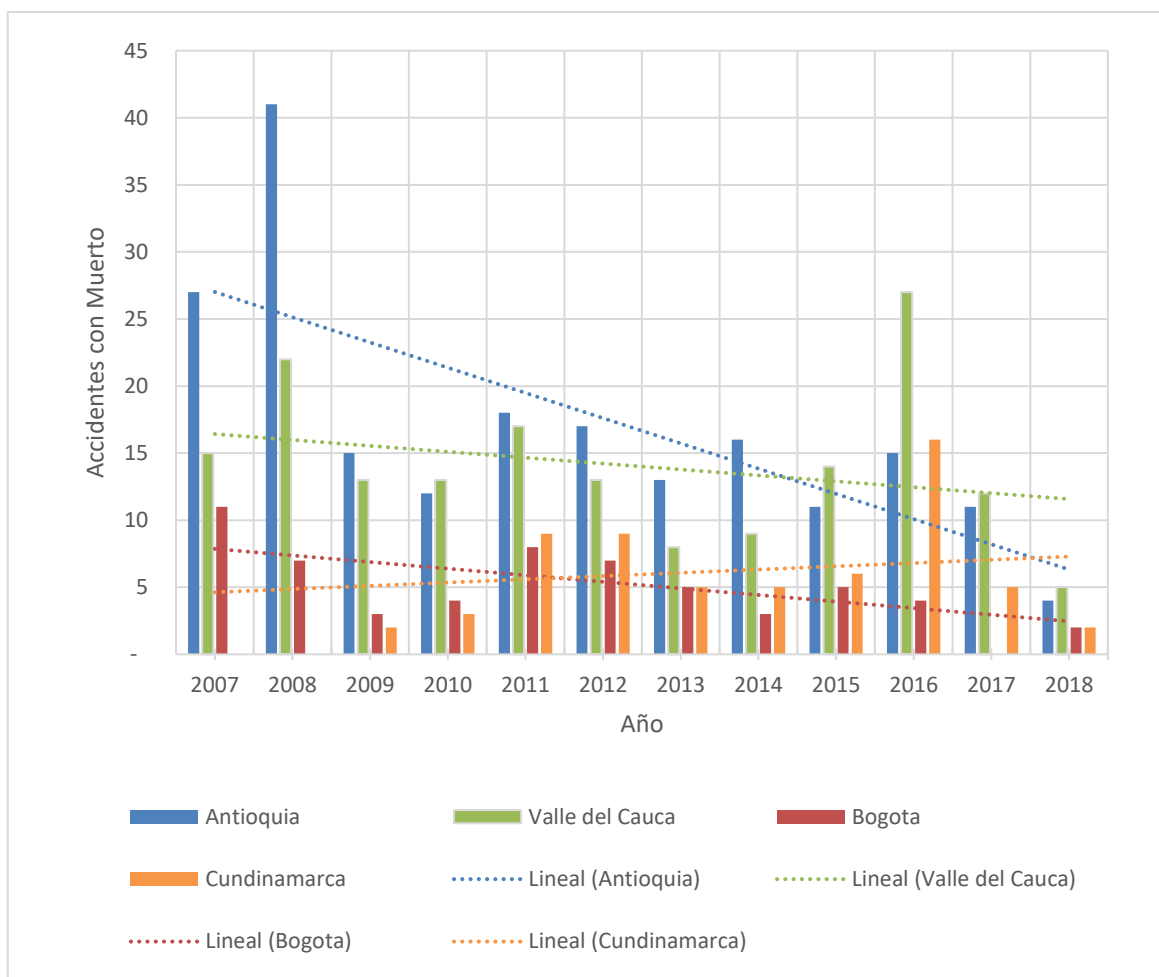
Figura 17 Gráfica comparativa de datos de accidentalidad con heridos (2007 - 2018), para Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Bogotá D.C.



Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- En la figura 18, se muestra la gráfica producto del comparativo del número total de accidentes con muertos para el periodo 2007 a 2018, de los departamentos de mayor accidentalidad por choque con objeto fijo (baranda, poste, árbol o señal), con tendencia negativa para Antioquia, Valle de Cauca y Bogotá D.C. y con tendencia creciente para Cundinamarca.

Figura 18 Gráfica Comparativo Accidentalidad con muertos (2007 -2018), para Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca y Bogotá D.C.

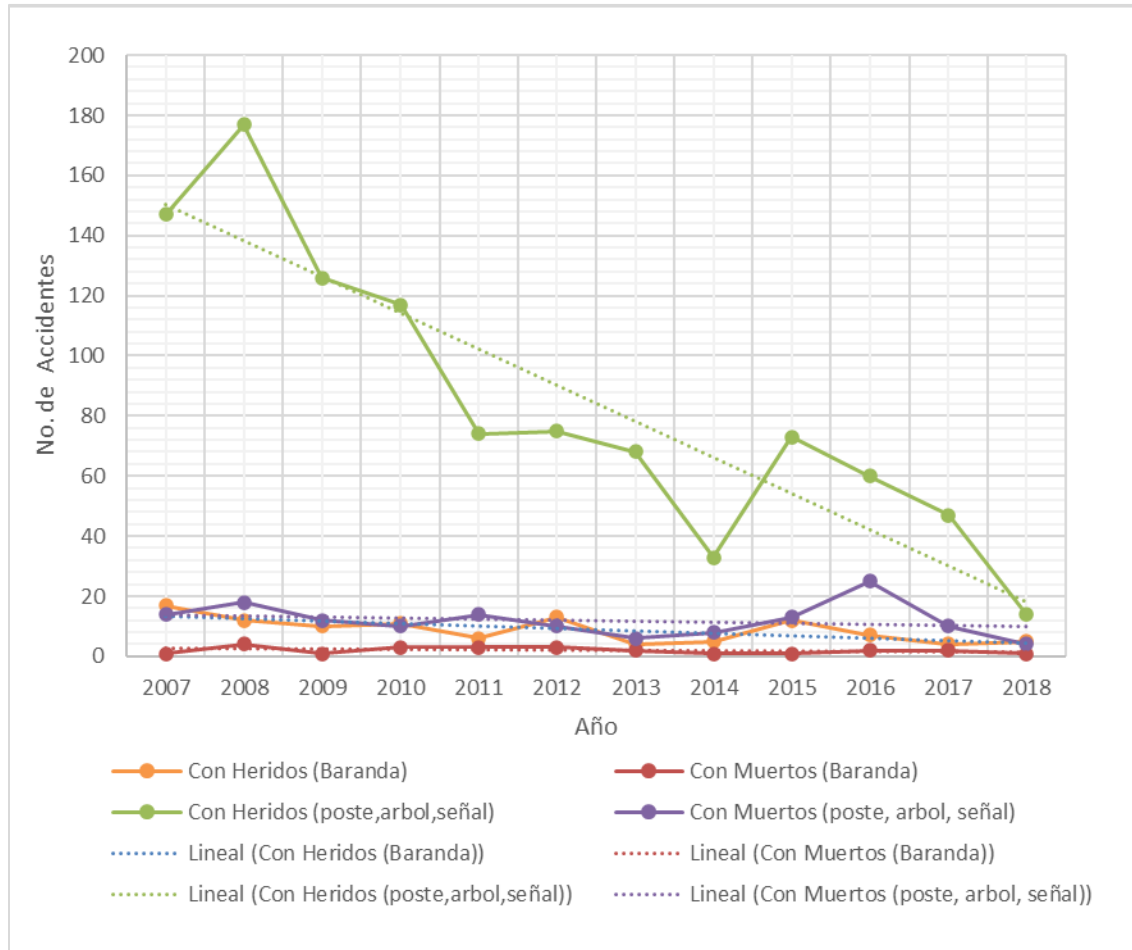


Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- Si bien las cifras de accidentes se han disminuido durante el periodo 2007 a 2018, la tendencia de los datos en Cundinamarca es ascendente, quiere decir que el porcentaje de siniestros fatales va en aumento; lo que indica que las medidas no han sido efectivas respecto al objetivo de disminuir los riesgos para los usuarios “con menos accidentes mayor número de víctimas”.
- Para el departamento del Valle del Cauca y la ciudad de Bogotá, para el mismo periodo, tenemos para el caso de accidentes “con muerto” la tendencia disminuye, pero su comportamiento no es proporcional a la tendencia para el caso de accidentes “con heridos”, con lo que podemos concluir que en número de víctimas fatales no ha disminuido como se espera, dejando en evidencia que los accidentes por choque con objeto fijo en especial tipo baranda siguen dejando un promedio de víctimas similar en el tiempo.

- La figura 19, representa gráficamente el comportamiento y la tendencia del número de accidentes con heridos y muertos (2007 – 2018) en el Valle del Cauca, los accidentes con objeto fijo (poste, árbol o señal) con heridos presentan tendencia a disminuir, los demás parámetros se mantienen similares en el tiempo.

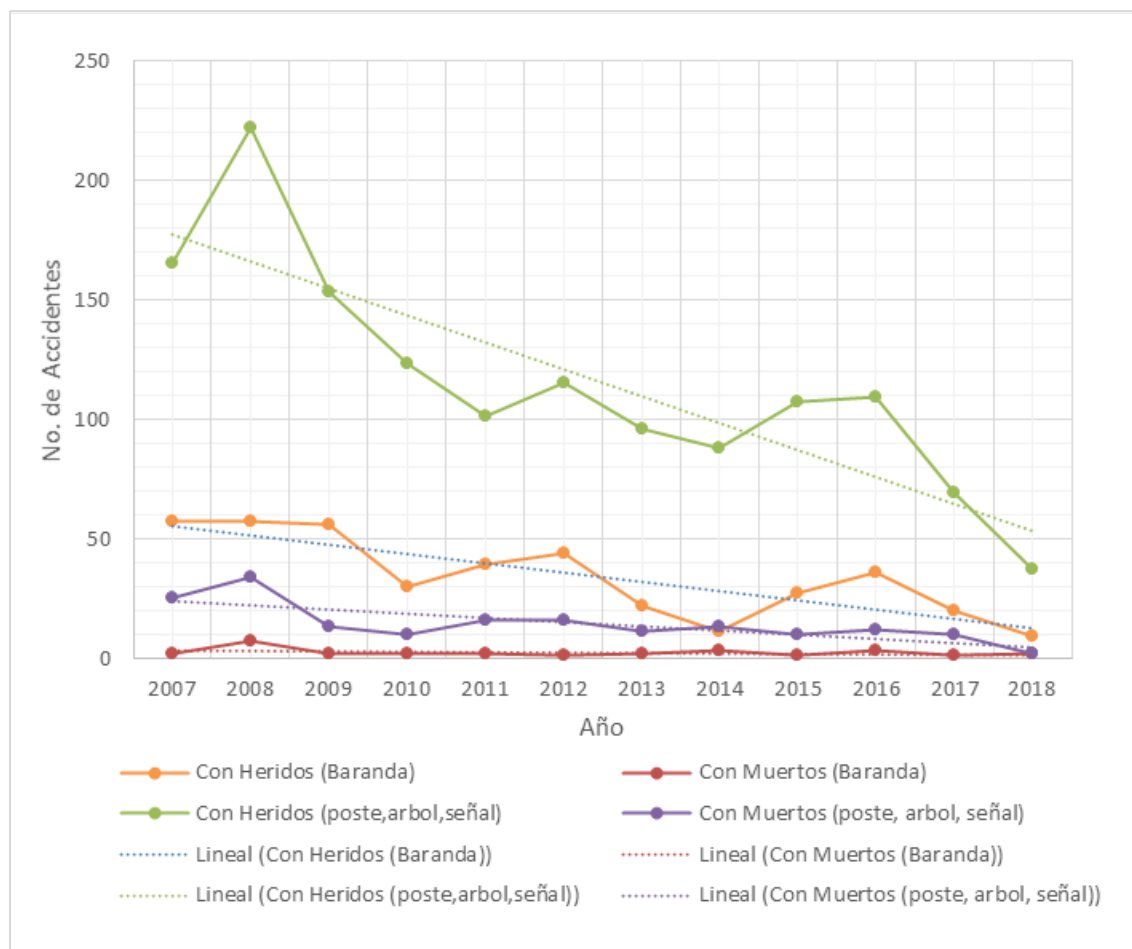
Figura 19 Gráfica de tendencia datos históricos de accidentalidad por choque contra objeto fijo – Departamento de Valle del Cauca (2007-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- En la figura 20, se presenta gráficamente el comportamiento y la tendencia del número de accidentes con heridos y muertos (2007 – 2018) en Antioquia, los accidentes con objeto fijo (poste, árbol o señal) con heridos presentan tendencia a disminuir, el único parámetro que se mantiene en el tiempo es el de choque con objeto fijo (baranda) con muertos.

Figura 20 Gráfica de tendencia datos históricos de accidentalidad por choque contra objeto fijo – Departamento de Antioquia (2007-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- La figura 21, se presenta gráficamente el comportamiento y la tendencia del número de accidentes por choque con objeto fijo con heridos y muertos (2007 – 2018) en Bogotá D.C., los accidentes con objeto fijo (poste, árbol o señal) con heridos presentan una marcada tendencia descendente, el parámetro que se mantiene en el tiempo es del de choque con objeto fijo (baranda) con muertos; los otros dos parámetros también tienen una leve tendencia descendente.

Figura 21 Gráfica de tendencia datos históricos de accidentalidad por choque contra objeto fijo – Bogotá D.C. (2007-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

- La figura 22, muestra que particularmente, Cundinamarca marca la diferencia ya que la tendencia en el tiempo va en aumento de número de accidentes; el único parámetro en el que se observa tendencia descendente es en la variable de número de accidentes con muertos, producto de choque con objeto fijo (tipo: poste, árbol, señal).

Figura 22 Gráfica de tendencia datos históricos de accidentalidad por choque contra objeto fijo – Cundinamarca (2007-2018)



Fuente: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

7.2. Consulta de la normatividad vigente a nivel Latinoamérica respecto a parámetros de diseño de sistemas de contención vial

Teniendo como base que, a nivel nacional, Colombia si cuenta con disposiciones normativas para evaluar el desempeño y la conformidad de sistemas de contención vehicular, pero que estas no son de obligatorio cumplimiento.

Se realizó la consulta respecto a la normalización vigente a nivel internacional específicamente en Latinoamérica, con el fin de conocer los avances realizados en este campo y sin desconocer la existencia de la “Guía Técnica para el Diseño, Aplicación y Uso de Sistemas de Contención Vehicular” publicado en septiembre de 2012, por la Corporación Fondo de Prevención Vial de la Republica de Colombia; se procedió a realizar un comparativo en los principales aspectos relacionados con el diseño y evaluación de desempeño de los sistemas de contención vial.

Se estableció un comparativo de normatividad vigente y los principales parámetros entre los países de Perú, Chile, Colombia y se incluyó de forma especial a España como referente internacional europeo.

- El Comparativo I (tabla 11), muestra el estado de la normatividad en cada país, su obligatoriedad de cumplimiento y las referencias con las normativas internacionales para evaluación de desempeño y conformidad de sistemas de contención vehicular aplicables en cada caso.

Tabla 11 Comparativo I - Normatividad vigente y referencias normativas internacionales

PAIS	DESCRIPCIÓN
PERU	MANUAL DE SEGURIDAD VIAL - R.D. No. 05 – 2017 ANEXO A5 - SISTEMA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS TIPO BARRERAS DE SEGURIDAD PARA CARRETERA Y AMORTIGUADORES DE IMPACTO “Tiene como objeto normar el diseño, uso, instalación y mantenimiento de los sistemas de contención de vehículos del tipo barreras de seguridad” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 406). “La directiva es de obligatorio cumplimiento por las dependencias que ejercen competencia en el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC)” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 406). La presente Norma tiene las siguientes referencias: • “Comité Europeo de Normalización, Norma UNE-EN 1317 Sistemas de Contención para Carreteras” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 406). • “Norma NCHRP Report 350 Recommend Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 406). • “Norma MASH, Manual for Assessing Safety Hardware” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 406).
CHILE	MANUAL DE CARRETERAS – RES_2837_DV_EDICION 2017 VOLUMEN No. 6 – SEGURIDAD VIAL CAPITULO 6,500 SISTEMAS DE CONTENCIÓN VIAL “En este capítulo se definen los requerimientos para los diferentes sistemas de contención y el procedimiento de diseño que permita elegir los dispositivos adecuados, en concordancia con el nivel de riesgo y las características de los caminos y carreteras bajo la tuición de la Dirección de Vialidad” (Ministerio de Obras Pública, 2016, p. 529). A partir del día 30 de junio de 2017, se considera como documento normativo de referencia para los proyectos viales. la edición 2017 de los volúmenes No. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 del MANUAL DE CARRETERAS DE LA DIRECCION DE VIALIDAD. Toda vez que se requiera la instalación de barreras certificadas, se entenderá que corresponden a sistemas de contención que cumplen con: • La norma europea EN-1317-2 • Informe NCHRP-350 (EEUU).

PAIS	DESCRIPCIÓN
COLOMBIA	GUÍA TÉCNICA PARA EL DISEÑO, APLICACIÓN Y USO DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR - Bogotá D.C. septiembre de 2012. “En la actualidad, Colombia no cuenta con disposiciones normativas o reglamentos técnicos que contemplen procedimientos para evaluar el desempeño y la conformidad de sistemas de contención vehicular” (ANSV, 2021a, p. 52). “Se tienen tres normativas de ensayo a escala real para la evaluación de sistemas de contención vehicular” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 33). • Norma europea UNE-EN 1317 • Norma estadounidense Reporte 350 NCHRP (National Cooperative Highway Research Program) • Actualización del Reporte 350 NCHRP conocido como el MASH (Manual for Assessing Safety Hardware).
ESPAÑA	ORDEN CIRCULAR 35/2014 (Ministerio de Fomento, 2014) Sobre Criterios de Aplicación de Sistemas de Contención de Vehículos “Su ámbito de aplicación se refiere a los sistemas de contención de vehículos que se vayan a instalar de forma permanente, cuya finalidad sea proporcionar un cierto nivel de contención a un vehículo fuera de control, de manera que se limiten los daños y lesiones, tanto para sus ocupantes como para el resto de los usuarios de la carretera y otras personas u objetos situados en las proximidades” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 1). Esta orden circular entró en vigor a partir del día 2 de junio de 2014. “En ningún caso se podrán emplear sistemas de contención de vehículos con disposiciones distintas a las empleadas en los ensayos acreditados, de acuerdo a lo indicado en la norma UNE-EN 1317” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 4). “Únicamente se exceptúan de lo anterior las carreteras con características geométricas reducidas, los tramos urbanos, así como aquellos tramos afectados por medidas correctoras derivadas de una Declaración de Impacto Ambiental, en los que podrán realizarse disposiciones distintas a las propuestas en estas recomendaciones siempre que, en los proyectos correspondientes, se diseñen convenientemente” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 4).

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de diferentes manuales

- Los parámetros de diseño y la metodología para la definición del nivel de contención son básicos al momento de la definición del sistema de contención en cada tramo vial, el Comparativo II (tabla 12) muestra su clasificación en cada país.

Tabla 12 Comparativo II - Parámetros de diseño y clasificación de niveles de contención

PAIS	DESCRIPCIÓN
PERU	Los principales criterios relativos de la contención de un vehículo son: • Nivel de contención • Niveles de severidad del impacto • Deformación expresada mediante la anchura de trabajo, deflexión dinámica y la intrusión del vehículo (incluyendo pretiles). • Tipo de Vehículo.

PAIS	DESCRIPCIÓN	
	Norma UNE-EN 1317, niveles de contención: Baja (T1 - T2 - T3) Normal (N1 - N2) Alta (H1 - H2 - H3) Muy alta (H4a - H4b)	Normas NCHRP Report 350 y MASH, niveles de contención: Básicos TL 1 hasta TL 3 Mayor contención TL 4 hasta TL 6
CHILE	Los parámetros de diseño básicos, para determinar el tipo de barrera a utilizar son: - Nivel de Contención - Nivel de severidad del impacto - Ancho de trabajo disponible, Deflexión Dinámica e Intrusión del Vehículo. - Tipo de Vehículo A nivel general se clasifican los siguientes niveles de contención, así: • Liviano (TL2 - TL3 - N2): Vehículos hasta 2.000 Kg a 100 Km/h o Vehículos hasta 1.500 Kg a 110 Km/h. • Medio (TL4 -H1): Vehículos hasta 10.000 Kg a 70 Km/h. • Medio Alto (H2): Vehículos hasta 13.000 Kg a 70 Km/h. • Alto (H3): Vehículos hasta 16.000 Kg a 80 Km/h. • Muy Alto (TL5 - TL6 - H4a - H4b): Vehículos hasta 38.000 Kg a 65 Km/h.	
COLOMBIA	Para selección y diseño se tienen en cuenta los siguientes parámetros: - Velocidad de operación - Nivel de contención y Nivel de severidad - El tránsito promedio diario, Porcentaje de vehículo pesados - Ancho de trabajo, deflexión dinámica e Intrusión del vehículo Clasificación de los niveles de contención de las normas UNE-EN 1317, NCHRP 350 y MASH dentro de los NCC. BAJO: NCC1 (N2 - TL2) MEDIO-BAJO: NCC2 (H1 - TL3 - TL4) MEDIO: NCC3 (H2) MEDIO-ALTO: NCC4 (H3) ALTO: NCC5 (H4a - TL5 - TL6) MUY ALTO: NCC6 (H4b)	
ESPAÑA	Los principales criterios relativos de la contención de un vehículo son: • Nivel de contención • Niveles de severidad del impacto • Deformación expresada mediante la anchura de trabajo, deflexión dinámica y la intrusión del vehículo (incluyendo pretiles). • Tipo de Vehículo. Los niveles de contención de los sistemas de contención de vehículos, se definen en la norma UNE-EN 1317. Los niveles de contención se clasifican en: • NORMAL: N1 - N2 • ALTA: H1 - H2 - H3 • MUY ALTA: H4a - H4b	

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de diferentes manuales

- El nivel de severidad de impacto y la deformación del sistema son parámetros necesarios para determinar el tipo de sistema de contención a utilizar, la tabla 13 – Comparativo III, muestra los criterios establecidos en la normatividad de cada país.

Tabla 13 Comparativo III - Nivel de severidad y deformación del sistema

PAIS	DESCRIPCIÓN
PERU	“El nivel de severidad del impacto mide los daños que sufrirán los ocupantes del vehículo al impactar en una barrera de seguridad, estas lesiones se miden mediante indicadores de los siguientes parámetros” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 410) - ASI: Índice de severidad de la aceleración. - THIV: Velocidad teórica de choque de la cabeza. - OIV: Velocidad de choque del ocupante - ORA: Deceleración del ocupante. - PHD: Deceleración de la cabeza tras el choque. - VCDI: Índice de la deformación de la cabina del vehículo. “Las deformaciones de las barreras de seguridad durante la prueba de impacto vienen caracterizadas por” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 411) El ancho de trabajo (Wm) La deflexión dinámica (Dm) La intrusión del vehículo (VIm) “Los valores (Dm), (Wm) y (VIm), están registrados en el informe de ensayo de impacto y los valores o indicadores dependen de la estructura del sistema, así como de las características de la prueba” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 412)
CHILE	“El nivel de severidad de impacto, está asociado a las lesiones que sufrirán los ocupantes del vehículo en el momento del impacto. Se han desarrollado a nivel mundial, parámetros que permiten cuantificar la severidad de impacto” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 614) y han sido definidos así: - THIV: Velocidad teórica de choque de la cabeza. - PHD: Deceleración de la Cabeza tras el choque. - ASI: Índice de Severidad de la aceleración. “El tercer parámetro de diseño, en el proceso de selección de una barrera, corresponde a la composición del tránsito de la vía” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 536). “El ancho de trabajo corresponde a la deformación producto del impacto del vehículo máximo de la categoría establecida para el nivel de contención de esta barrera” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 535). “El ancho de trabajo (W), es posible determinarlo como la distancia medida desde la cara frontal de la barrera antes del impacto y la proyección del elemento más alejado del sistema después del impacto. Deberá ser compatible con el espacio disponible en terreno, de modo que la barrera de contención sea capaz de desarrollar en forma efectiva, su normal funcionamiento, sin interrupciones ni obstáculos, pudiendo desempeñarse de acuerdo a lo proyectado” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 535). “El concepto VI (Intrusión del vehículo), para vehículos pesados, es válido para barreras ensayadas con posterioridad a febrero de 2011 bajo estándar EN-1317” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 536).

PAIS	DESCRIPCIÓN
COLOMBIA	“La elección del nivel de contención de una barrera de contención vehicular está en función del nivel de severidad, así como de las características del tráfico y de la vía – velocidad de operación o velocidad específica de diseño, volumen de tránsito y composición del tránsito vehicular (la cantidad de vehículos pesados)” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 53). “Para evaluar el nivel de desaceleración del vehículo durante el impacto, se emplean indicadores obtenidos a partir de los registros de dispositivos (acelerómetros) instalados en el interior del vehículo y que se ubican próximos a su centro de gravedad” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p.133). Estos indicadores son: - Velocidad Teórica de Choque de la Cabeza (THIV) - Índice de Severidad de la Aceleración (ASI) “El nivel de riesgo y la gravedad del posible accidente se determina a partir de la clasificación de la gravedad de los accidentes de acuerdo con las condiciones del peligro potencial” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p.53). “La deformación del sistema (válido para barreras de contención y pretiles de puente) se describe mediante tres distancias transversales que se miden durante los ensayos de impacto a escala real” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p.35), son: • Ancho de trabajo (W) • Deflexión dinámica (D) • Intrusión del vehículo (VI)
ESPAÑA	“El índice de severidad de impacto, definido en la norma UNE-EN 1317, está relacionado con tres indicadores que se calculan a partir de los resultados obtenidos en el ensayo de impacto con vehículo ligero” (Ministerio de Fomento, 2014, p.13). Estos indicadores son: • El índice de severidad de la aceleración (ASI). • La velocidad teórica de impacto de la cabeza (THIV). “Las barreras de seguridad y pretiles se clasifican según su índice de severidad de impacto en las clases A, B y C, tal como se recoge en la norma UNE-EN 1317, siendo la clase A de menor severidad para los ocupantes del vehículo que la B y esta a su vez menor que la C” (Ministerio de Fomento, 2014, p.13). “En los ensayos, el desplazamiento transversal se determina mediante los parámetros de deflexión dinámica (D) y anchura de trabajo (W), producidos durante el choque del vehículo con el sistema” (Ministerio de Fomento, 2014, p.12). “La importancia de la deflexión dinámica y de la anchura de trabajo radica en que estos dos parámetros determinarán las condiciones de instalación para cada sistema de contención de vehículos, pues guardan relación con las distancias mínimas a establecer delante de los obstáculos o desniveles, para permitir que el sistema funcione adecuadamente en caso de impacto” (Ministerio de Fomento, 2014, p.13).

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de diferentes manuales

- Cada país establece los lineamientos a tener en cuenta para el uso e instalación de sistemas de contención certificados y No certificados; la tabla 14 muestra el Comparativo IV, respecto a lo permitido según cada país.

En particular para el caso de Chile, cabe destacar que para sistemas de Contención “No Certificados”; el Manual de Carreteras (Ministerio de Obras Públicas, 2014, p. 1), “Planos de obras tipo”, sección 4.302, contiene detalles, “esquemas y configuraciones de barreras

metálicas y sus piezas especiales; complementado con las especificaciones técnicas generales” (Ministerio de Obras Públicas, 2015, p. 1).

Tabla 14 Comparativo IV - Sistemas de Contención Certificados y No Certificados

PAIS	DESCRIPCIÓN
PERU	CERTIFICADOS “El proveedor de la barrera de seguridad y/o ejecutor de la obra deberán proporcionar todos los documentos técnicos que acrediten los resultados de los ensayos a que ha sido sometido la barrera (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 418). Para poder verificar el buen funcionamiento y comportamiento de la barrera de seguridad se debe presentar el informe de la prueba de impacto” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 416). Dicho informe debe incluir “las grabaciones de video y la cobertura fotográfica, suficiente para describir claramente el comportamiento de la barrera (incluyendo pretilas) y el movimiento del vehículo durante y después del impacto. Así como todos los planos y la documentación que deben estar contenidas en una planilla detallada en el informe de ensayo emitido de acuerdo a las normativas internacionales, NCHRP REPORT 350 o MASH o UNE-EN 1317” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 416). “Dichos documentos deben estar traducidas al idioma nacional peruano y apostillado del país donde se realizó el ensayo” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 416). NO CERTIFICADOS “Será responsabilidad del proyectista el diseño y del proveedor proponer una barrera de seguridad no certificada que garantice el nivel de contención, nivel de severidad de impacto, ancho de trabajo y la Intrusión del vehículo, requerido de acuerdo a las condiciones del proyecto en función a estudios técnicos que sustenten las mismas y que serán evaluadas y aprobadas dentro del rubro del título de especificaciones Especiales del proyecto específico de acuerdo a lo establecido en el Manual de Carreteras especificaciones Técnicas Generales: para la Construcción EG-Vigente, cumpliendo además con lo estipulado en la presente norma” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 416).
CHILE	CERTIFICADOS “Se entenderá que un sistema de contención es certificado, si cumple los requerimientos de una norma de ensayo internacional” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 537). • Norma europea UNE-EN 1317 • Report 350 NCHRP de la FHWA de Estados Unidos “En presencia de condiciones que permitan prever la ocurrencia de siniestros de mayor severidad, es recomendable escoger sistemas de contención ensayados (certificados), ya que cuentan con un respaldo empírico de su comportamiento y desempeño, mientras que aquellos que no han sido ensayados (no certificados) solo cuentan con una estimación aproximada de cómo será su funcionamiento efectivo en el terreno” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 533). “Para el uso de sistemas de contención certificados, deberá adjuntarse la documentación requerida para avalar el cumplimiento de las normas antes mencionadas, según lo dispuesto” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 534). NO CERTIFICADOS “Son barreras no certificadas aquellas que no cuenten con certificación de nivel de contención, según ensayos normalizados” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 557). Aquellos sistemas de contención que “no han sido ensayados (no certificados) solo cuentan con una estimación aproximada de cómo será su funcionamiento efectivo en el terreno” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 557).

PAIS	DESCRIPCIÓN
COLOMBIA	CERTIFICADOS “El suministrador del sistema de contención vehicular que se pretende instalar en la carretera, o el contratista, deben aportar la documentación necesaria para demostrar que el sistema de contención fue ensayado siguiendo la normativa UNE-EN 1317, el NCHRP 350 o el MASH en un laboratorio acreditado, y que el sistema se comportó de forma efectiva durante los ensayos de choque a los que fue sometido, los cuales deben incluir como mínimo” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 111) 1. “Certificado de acreditación según la norma ISO 17025 del Laboratorio donde se hayan llevado a cabo los ensayos conforme a la norma UNE-EN 1317, NCHRP 350 o MASH” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 111). 2. Informe de ensayo a escala real: Nivel de contención, Anchura de trabajo, Deflexión dinámica, Nivel de severidad (de acuerdo con la norma UNE-EN 1317 o su equivalente), Resultados y descripción del comportamiento del sistema, Descripción de la barrera, Resultados de la verificación de las características de los materiales para comprobar que la descripción del sistema aportada por el fabricante coincide con el ejemplar ensayado (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 111). 3. Documento sellado y firmado por el responsable del Laboratorio de Ensayo de Choque declarando que, en el momento de realizar los ensayos, el Laboratorio estaba operando conforme a las prescripciones establecidas en la acreditación que se indica en el numeral 1 (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p.111). NO CERTIFICADOS “Algunos sistemas de contención no certificados, es decir, que no han sido sometidos a ensayos de choque bajo alguna de las normativas de ensayo norteamericana ni europea, que son de dominio público, han probado su efectividad ante accidentes de tránsito por salida de vía reales. Debido a la buena experiencia probada de estos sistemas no certificados, la Ministerio de Transporte autoriza la fabricación e instalación de estos sistemas de contención. Por lo tanto, en caso de que se pretenda instalar un sistema de contención vehicular no certificado, éste debe ser autorizado por el Ministerio de Transporte. En estos casos, el Ministerio de Transporte establecerá los documentos o información que se deben presentar para valorar y autorizar dichos sistemas” (Corporación Fondo de Prevención Vial [GDSCV], 2012a, p. 111).

PAIS	DESCRIPCIÓN
ESPAÑA	CUMPLIMIENTO DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS OBLIGATORIAS PARA LAS BARRERAS DE SEGURIDAD Y PRETILES “Una vez justificada la necesidad de disponer un sistema de contención de vehículos, solo se podrán emplear en las carreteras de la red del Estado sistemas de contención de vehículos que, cumpliendo con las especificaciones de comportamiento requeridas, dispongan del correspondiente marcado CE. El marcado CE es obligatorio para todos los sistemas, incluidos aquellos que hayan sufrido modificaciones posteriores a la obtención de este, tal como se indica en la norma UNE-EN 1317-5. En aquellos casos que no sea de aplicación el marcado CE, el sistema de contención de vehículos dispondrá del correspondiente certificado de conformidad, emitido por un organismo acreditado a tal fin, en el que se especifique el grado de cumplimiento de dicho sistema en su conjunto, con la norma que le sea de aplicación” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 4). “Las barreras de seguridad y pretiles cumplirán con lo especificado en el artículo 704 del Pliego de Prescripciones Técnicas para las Obras de Carreteras y Puentes” (Ministerio de Fomento, 2014, p.36). “Dicho marcado exige el cumplimiento de los ensayos de la norma UNE-EN 1317-2. El marcado CE supone que el producto está definido según su comportamiento a partir de los resultados de los ensayos, método que garantiza su más completa definición como sistema de contención” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 37). “Dichos parámetros, que obligatoriamente han de estar incluidos en el propio marcado CE, según se indica en la UNE-EN 1317-5” (Ministerio de Fomento, 2014, p.37), son los siguientes: - Breve descripción de empleo del producto. - Nivel de contención del sistema. - Severidad del impacto. - Anchura de trabajo. - Deflexión dinámica. - Condiciones de durabilidad del producto (v.g. tipo de acero y tratamiento de galvanizado con referencia a la norma empleada). “El fabricante deberá proporcionar un manual para la instalación que permita obtener el comportamiento declarado en el ensayo inicial de prototipo (ITT)”. Se deberán incluir detalles de mantenimiento e inspección”. Finalmente añade: El fabricante deberá definir el uso del sistema, teniendo en cuenta el terreno y otras condiciones de instalación” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 37). “Para los atenuadores se deberá exigir como requisito previo que disponga del preceptivo marcado CE. Sin embargo, debido a que los terminales no se encuentran sometidos en la actualidad a dicho marcado, se les exigirá un certificado de conformidad del grado de cumplimiento de la norma UNE-ENV 1317-4” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 41).

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de diferentes manuales

- El comparativo V, (tabla 15), muestra a nivel individual en cada país, cuáles son los criterios establecidos para la selección del tipo de sistema de contención (barrera metálica), más favorable en función de las condiciones específicas del sitio de instalación.

Tabla 15 Comparativo V – Criterios de selección de la barrera de seguridad

PAIS	DESCRIPCIÓN
PERU	“El especialista en ingeniería vial responsable del diseño, deberá seleccionar la barrera de seguridad de acuerdo a las características de tráfico como: Capacidad y nivel de servicio, composición o configuración vehicular, velocidad de operación, condiciones orográficas del sector donde se diseña la vía y seguridad vial, entre otros” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 417). “Se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones al momento de elegir la barrera más conveniente” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 417). - Funcionamiento y comportamiento de la barrera de seguridad certificada. - Las condiciones del terreno donde se instalarán las barreras de seguridad. - El espacio disponible horizontal (intrusión del vehículo y/o deflexión dinámica y ancho de trabajo). - Necesidades especiales (conexiones, anclajes, abatimientos y esviados). - El menor valor de ASI. - El menor valor de THIV y PHD. - La deformación del vehículo de acuerdo a los valores del VCDI o OCDI. - El tipo de terminales (abatido, abatido esviado y/o atenuadores). - Otros parámetros adicionales que considere necesarios el especialista que mejoren la seguridad vial.
CHILE	“Para garantizar la máxima seguridad de los usuarios, las barreras deben cumplir al menos las siguientes funciones” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 533) - Limitar la severidad del impacto en los ocupantes. - Retener en vehículo. - Minimizar la salida de carretera. - Controlar la trayectoria tras el choque. - Evitar el cambio de dirección. - Limitar la proyección de piezas sueltas durante el impacto. “Los conceptos descritos en este punto son aplicables tanto para las barreras de contención certificadas como las no certificadas, ya que los diseños empleados en el presente manual cuentan con un desempeño conocido y avalado por la experiencia y uso de los diseños descritos en el MC-V4” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 533).
COLOMBIA	“El proceso de selección de una barrera de contención vehicular, es complejo debido a las diferentes situaciones que se encuentran en las zonas laterales de las vías y las múltiples opciones de sistemas disponibles en el mercado” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 45). “Se debe enfatizar, que la mejor opción es aquella que brinda el nivel de protección requerido al menor costo durante un determinado período” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 45). “Los siguientes factores se deben considerar antes de hacer una selección definitiva del sistema de contención vehicular” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 45). - Nivel de contención. - Deflexión de la barrera. - Condiciones del sitio. - Compatibilidad con otros sistemas de contención vehicular. - Costos de instalación y mantenimiento. - Estética. - Condiciones ambientales. - Seguridad de otros usuarios - Historial de desempeño del sistema.

PAIS	DESCRIPCIÓN
ESPAÑA	“Una vez se haya definido la clase, nivel de contención e índice de severidad de la barrera de seguridad o pretil y, clase de anchura de trabajo o de deflexión dinámica, se seleccionará el sistema más adecuado. La selección del sistema se efectuará atendiendo a lo establecido en estas recomendaciones y se tendrán en cuenta especialmente los siguientes aspectos” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 20). - Características del sistema y sus condiciones de ensayo, según la norma UNE-EN 1317. - Para las clases de contención alta y muy alta, el tipo de vehículo cuyo franqueamiento se quiere evitar, que determinará el nivel de contención necesario. - El espacio físico disponible para la instalación del sistema y para su desplazamiento transversal en caso de impacto de un vehículo. - La severidad del impacto de un vehículo ligero con el sistema, dado por el índice de severidad del impacto obtenido en los ensayos realizados, según la norma UNE-EN 1317. - El costo de instalación, conservación y reposición del sistema. - Las condiciones del terreno para el cimiento, el anclaje y en su caso las condiciones del elemento estructural sobre el que se ancle. - Necesidades especiales, como tramos desmontables, anclajes, extremos, etc. - La conexión con otros sistemas de contención de vehículos contiguos. - Las previsiones de recrecimiento a medio plazo de los elementos adyacentes que puedan modificar la rasante de la carretera (rehabilitación, variación del perfil de la carretera, etc.). - La disposición un sistema específico en un tramo, se decidirá tomando en consideración los sistemas de contención de vehículos dispuestos en tramos anteriores y posteriores, a efectos de utilizar el menor número de sistemas distintos equivalentes. - Las limitaciones de visibilidad que imponga el sistema.

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de diferentes manuales

- Los terminales y amortiguadores de impacto, están definidos como elementos ubicados en los extremos del sistema cuya función principal es servir como anclaje inicial y final de las barreras laterales y centrales. Son diseñados para generar el anclaje y contener y redireccionar un vehículo en el caso de un impacto lateral o impacto frontal para evitar que algún elemento de la barrera penetre al compartimiento de pasajeros del vehículo. El comparativo VI (tabla 16), muestra en cada país las especificaciones y requerimientos establecidos para el uso de estos elementos.

Tabla 16 Comparativo VI – Clasificación y especificaciones para terminales y amortiguadores de impacto

PAIS	DESCRIPCIÓN
PERU	TERMINALES Los terminales pueden ser: - Terminal abatido y esviado. - Terminal esviado y empotrado en talud de corte. - Terminal atenuador. “Los terminales de barrera representan un punto de riesgo, por lo que se busca aislarlos del tránsito o ubicarlos en los sectores que presentan una menor probabilidad de impacto. Sin embargo, cuando no se cuenta con las condiciones para lograr una buena ubicación y son un alto riesgo para los conductores se deberá considerar la instalación de un terminal atenuador o extrusor” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 418).
	AMORTIGUADORES DE IMPACTO “Los amortiguadores de impacto pueden considerarse como un caso particular de terminales de barrera; tienen como función detener el vehículo de una manera controlada o redireccionarlo, evitando que impacte con un lugar de riesgo o un objeto fijo peligroso” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 430). “La mayoría de estos sistemas están diseñados para las solicitudes impuestas por vehículos livianos, debido a que, generalmente, tanto en carreteras como en caminos no se cuenta con los espacios requeridos para ubicar los elementos que se necesitarían para disipar la energía de vehículos pesados. Aún con esta limitación, un amortiguador de impacto, diseñado para vehículos livianos, de ser impactado por un vehículo pesado, tendrá efectos positivos, especialmente si el accidente se produce a baja velocidad” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 430). “Es importante destacar que los amortiguadores de impacto son sistemas de contención certificados al igual que las barreras y, cualquiera sea su tipo, deberán cumplir con los requerimientos del Reporte 350 de la NCHRP, MASH o la Normativa UNE-EN 1317” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017, p. 430). Los amortiguadores de impacto se pueden clasificar en tres grupos: - Amortiguadores de impacto sin capacidad de redireccionamiento. - Amortiguadores de impacto con capacidad de redireccionamiento. - Amortiguadores de impacto móviles.

PAIS	DESCRIPCIÓN
CHILE	TERMINALES “Corresponden a los elementos extremos de una barrera longitudinal, no catalogados como amortiguador de impacto, encargados del anclaje de las barreras de contención. El buen funcionamiento de un sistema de contención, al ser impactado, dependerá en gran medida de la eficiencia de sus terminales, debido a que estas le aportan continuidad estructural; cumpliendo además la función de reducción de la severidad del impacto” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 530). Se definen los siguientes tipos de terminales: - Simplemente abatido - Abatidos y esviados - Insertos en taludes de corte - Atenuadores de impacto “Cualquiera que sea su ubicación y tipo de terminal utilizado, siempre se deberá evitar que sus extremos puedan transformarse en un punto duro” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p.530). AMORTIGUADORES DE IMPACTO “Consisten en elementos de contención, especialmente orientados a mitigar el impacto directo de vehículos con puntos duros, cuando estos se enfrentan al flujo vehicular, como, por ejemplo, muros en vértices de bifurcaciones” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p.530). Se pueden definir las siguientes tipologías: - Móviles o fijos - Con o sin capacidad de redireccionamiento.

PAIS	DESCRIPCIÓN
COLOMBIA	TERMINALES “Los extremos de una barrera de contención vehicular no pueden constituir, en sí mismos, un peligro potencial para los usuarios de la vía” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 74). “Los terminales de barreras se pueden clasificar en cuatro categorías de acuerdo con su configuración y funcionalidad” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 72): - Terminales bruscos. - Terminal abatido y enterrado. - Terminal empotrado en talud de corte. - Terminales atenuadores de impacto. “Los terminales bruscos deben ser definitivamente excluidos por su comportamiento claramente negativo a cualquier velocidad, y porque son un peligro potencial muy severo, lo cual está plenamente demostrado” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 72). NIVEL DE CONTENCION - TERMINAL ABSORBENTE DE ENERGIA Según EN-1317 / REPORT 350 y MASH • CCTA1: (P1 - TL1) Vías en zonas Urbanas y Peajes $V \leq 85$ Km/h • CCTA2: (P2 - TL2) Vías Interurbanas de calzada única / Autopistas y carreteras separadas $V \leq 85$ Km/h. • CCTA3: (P3 - TL3) Vías Interurbanas de calzada única/Autopistas y carreteras separadas $85 < V \leq 100$ Km/h. • CCTA4: (P4 - TL3) Autopistas y carreteras separadas $V > 100$ Km/h AMORTIGUADORES DE IMPACTO “Se utilizan para proteger zonas u obstáculos peligrosos contra choques frontales, para los que las barreras de contención vehicular no resultan adecuadas. Su finalidad es la de atenuar las consecuencias del choque frontal del vehículo, absorbiendo su energía cinética mediante la deformación del sistema” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p. 93). “Los amortiguadores de impacto se pueden clasificar de la siguiente manera” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012a, p.93) • Re directivos: Contienen el vehículo y cambian su dirección, apartándolo del objeto rígido peligroso. • No Re directivos: Desaceleran el vehículo hasta detenerlo en una corta distancia. NIVEL DE CONTENCION - AMORTIGUADORES DE IMPACTO Según EN-1317 / REPORT 350 y MASH: • CCA1: (50 - TL1) Vías en zonas Urbanas y Peajes / Vías Interurbanas de calzada única $V \leq 65$ Km/h. • CCA2: (80 - TL2) Vías Interurbanas de calzada única / Autopistas y carreteras separadas $65 < V \leq 85$ Km/h. • CCA3: (100 - TL3) Vías Interurbanas de calzada única / Autopistas y carreteras separadas $85 < V \leq 100$ Km/h. • CCA4: Autopistas y carreteras separadas $V > 100$ Km/h.

PAIS	DESCRIPCIÓN
ESPAÑA	TERMINALES “Los extremos de las barreras de seguridad y pretiles se dispondrán de forma semejante a como se hayan instalado en los ensayos de impacto realizados según la norma UNE-EN 1317, con los que se ha obtenido el marcado CE. En todo caso, si los extremos constituyesen un peligro adicional para los vehículos que choquen contra ellos, se protegerán como si se tratase de un obstáculo aislado” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 30). “En el extremo frontal en carreteras con calzadas separadas y en todos los extremos en carreteras de calzada única o carriles reversibles, se recomienda siempre que se garantice el comportamiento del sistema de contención de vehículos, elegir entre las disposiciones siguientes” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 30). • Empotramiento del extremo del sistema de contención en el talud del desmonte. Esta disposición se puede combinar con el tramo en ángulo indicado. • Abatimiento hasta el terreno. • Disposición en el extremo de un elemento terminal específicamente diseñado para absorber un impacto frontal. El empleo de estos elementos requerirá haber superado los ensayos definidos en la norma UNE-EN 1317.
	AMORTIGUADORES DE IMPACTO “En una "nariz" asociada a una divergencia o bifurcación donde se haya detectado un riesgo de accidente, se estudiará la posible instalación de un atenuador de impactos” (Ministerio de Fomento, 2014, p.31). “Si se disponen sistemas de contención de vehículos en los bordes interiores de una divergencia o una bifurcación, no se deben unir en la "nariz" mediante piezas no específicamente ensayadas, o abatir sus extremos frontales de forma convergente en un punto ya que un vehículo se podría subir a dichos extremos y rebasar el sistema de contención” (Ministerio de Fomento, 2014, p. 31).

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de diferentes manuales

De la comparación realizada podemos concluir que, si bien Colombia al año 2020 no ha establecido disposiciones normativas en materia de procedimientos para evaluar el desempeño y conformidad de sistemas de contención, desde el año 2012 cuenta con una guía técnica de diseño; lamentablemente por lo que se puede evidenciar su uso no es muy frecuente y como tal, no se ha valorado su contenido como una herramienta útil para el diseño de sistemas de contención en complemento con las demás medidas de seguridad vial a implementar en las carreteras nacionales. La tabla 17, muestra el resultado de la comparación realizada.

Tabla 17 Resultado del comparativo de normativa nacional con la normativa internacional a nivel Latinoamérica y España

Descripción	PERÚ	CHILE	COLOMBIA	ESPAÑA
Normatividad vigente de obligatorio cumplimiento	SI 2017	SI 2017	NO	SI 2014
Referencias normativas internacionales				
UNE-EN 1317	SI	SI	SI	SI
NCHRP Report 350 (Recommend Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features)	SI	SI	SI	-

Descripción	PERÚ	CHILE	COLOMBIA	ESPAÑA
MASH Manual for Assessing Safety Hardware	SI	-	SI	-
Parámetros de Diseño				
Nivel de contención	SI	SI	SI	SI
Nivel de severidad del impacto	SI	SI	SI	SI
Ancho de trabajo	SI	SI	SI	SI
Deflexión dinámica	SI	SI	SI	SI
Intrusión del vehículo	SI	SI	SI	SI
Tipo de Vehículo	SI	SI	SI	SI
Nivel de Severidad y Deformación del Sistema				
ASI: Índice de severidad de la aceleración	SI	SI	SI	SI
THIV: Velocidad teórica de choque de la cabeza.	SI	SI	SI	SI
OIV: Velocidad de choque del ocupante	SI	-	-	-
ORA: Deceleración del ocupante.	SI	-	-	-
PHD: Deceleración de la cabeza tras el choque.	SI	SI	-	-
VCDI: Índice de la deformación de la cabina del vehículo.	SI	-	-	-
Sistemas de Contención Certificados y No certificados				
Certificados	SI	SI	SI	SI
No certificados	SI	SI	SI	-
Terminales				
Terminal Brusco	-	-	SI	-
Terminal simplemente abatido	-	SI	SI	SI
Terminal abatido y esviado	SI	SI	SI	-
Terminal esviado y empotrado en talud de corte	SI	SI	SI	SI
Terminal atenuador	SI	SI	SI	SI
Amortiguadores de Impacto				
Sin capacidad de redireccionamiento	SI	SI	SI	SI
Con capacidad de redireccionamiento	SI	SI	SI	SI
Móviles o fijos	SI	SI	-	SI

Fuente: Elaboración propia a partir de análisis de diferentes manuales

7.3. Diseño Sistemas de Contención

Se procede a la elaboración de los diseños de los sistemas de contención de los tramos elegidos, bajo los parámetros establecidos en los siguientes documentos:

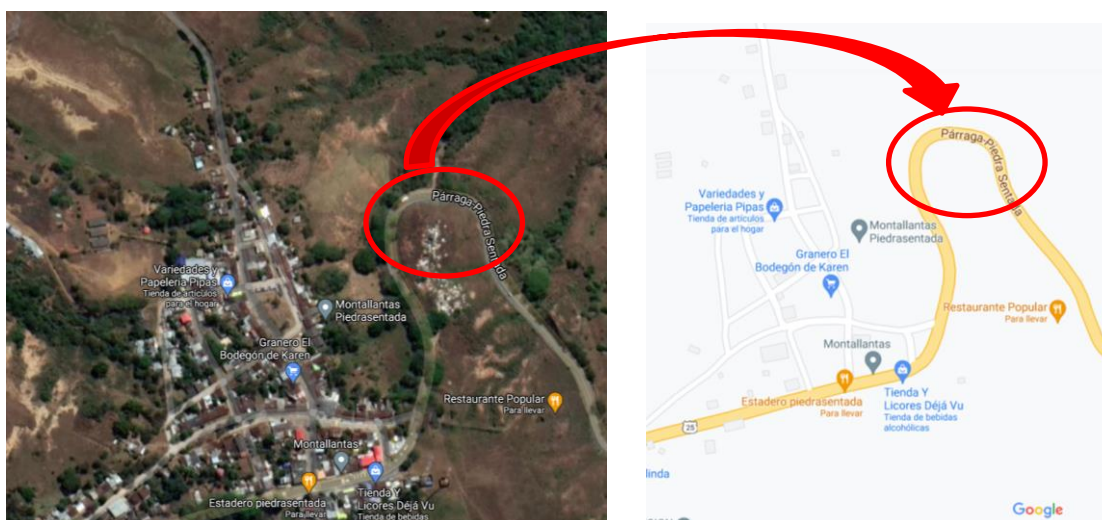
- Manual de Carreteras – Res_2837_DV_Edición 2017, Seguridad Vial, Capítulo 6,500, Sistemas de Contención Vial – Chile.
- Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular - Colombia, Corporación Fondo de Prevención Vial, Colombia - 2012.

7.3.1. Tramo 1: Ruta 2503 Sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)

7.3.1.1. Ubicación

El tramo en estudio se encuentra ubicado en el departamento de Cauca, sobre la Vía Panamericana, en el sector conocido como jurisdicción de Piedra sentada, en el municipio de “El Patía” (figura 23); tramo vial actualmente administrado por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

Figura 23 Localización Tramo 1: Ruta 2503 Sector “Piedra Sentada”



Fuente: Google Maps. (2021, 31 de mayo). Ubicación geográfica del sector Piedra Sentada. Google Maps. <https://www.google.com/maps/place/Piedrasentada,+Pat%C3%ADa,+Cauca/@2.170634,-76.9015153,18z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e2fc3e1532df1df:0x987755e5553eae0d!8m2!3d2.1710684!4d-76.8997251>

7.3.1.2. Descripción General del tramo

Se trata de una vía primaria (bidireccional) de una calzada y dos carriles (un carril por sentido), en donde se encuentran dos puntos críticos como lo son la entrada al cementerio y una curva horizontal de radio de 36 m. precedida de una recta de 106 m. con pendiente del 6%. Dicha curva presenta un alto índice de accidentalidad con resultados mortales.

La calzada tiene un ancho promedio de 8.00 m, anchos efectivos de carril de 3.65 m. en cada sentido de circulación; las curvas como se muestra en la figura 25, cuentan con radios de 36,00 m. y 41.00 m. respectivamente.

Esta vía no cuenta con berma; respecto a las características de las zonas laterales (figura 24), en ambos costados de la vía hay cuneta a lo largo del tramo; hacia el interior de las curvas (sentido Cali – Pasto), se tiene talud en pendiente positiva mayor a 1:3 (V:H). En el sentido exterior de las curvas (Cali-Popayán) se tiene a lo largo del tramo un talud con pendiente negativa con caída mínima de aproximadamente de 10 m. y en un sector un precipicio a una profundidad mayor a 90 m.

Figura 24 Zonas Laterales - Ruta 2503, sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)

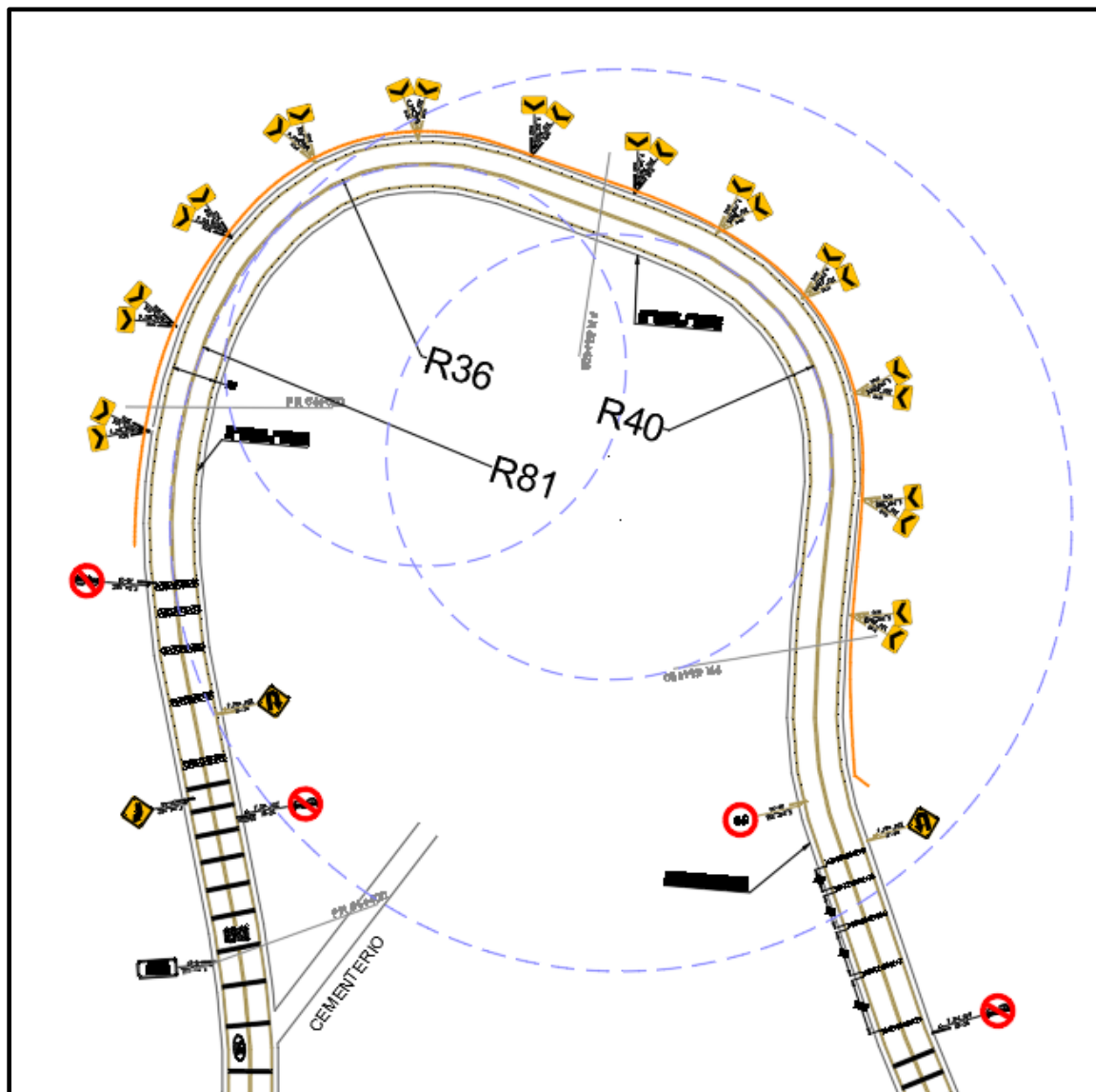


Fuente: Toma propia

Respecto a las pendientes longitudinales, se evidencia en campo que en sentido Pasto – Cali, los vehículos circulan a mayor velocidad ya que las condiciones físicas de la vía favorecen esta situación. Por el contrario, en el sentido Cali – Pasto la velocidad no supera el límite permitido.

Las pendientes longitudinales vienen de un tramo de 200 m. en descenso, con una pendiente del 13% al ingreso a las curvas sigue en descenso con pendiente del 7% a lo largo de los 200m., al salir de las curvas sigue el descenso con pendiente del 10.5% y en los siguientes 100 m., la pendiente sigue ascendente con pendiente del 3%. Es decir que en aproximadamente en 500 m. tenemos una diferencia de nivel de 35.90 m; lo que nos da una pendiente promedio del 7.18%.

Figura 25. Planta general del tramo 1: sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)



Fuente: Elaboración Propia

7.3.1.3. Accidentalidad relacionada con el sistema de contención vial

A continuación (tabla 18), se relacionan dos accidentes directamente relacionados con choque contra la baranda de contención, en ambos casos son vehículos de transporte de pasajeros, que en solo dos (2) eventos dejaron veintiséis (26) heridos y seis (6) muertos), de acuerdo a la siguiente información:

Tabla 18 Datos de accidentalidad específica con sistemas de contención tipo baranda metálica
Ruta 2503 Sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)

ANO	MES	VICTIMAS		TIPO DE VEHICULO	HIPOTESIS
		HERIDOS	MUERTOS		
2016	Diciembre	11	6	BUS	Salida de la vía (figuras 26 y 27) Pérdida de control del Vehículo Caída a precipicio (80m)
2019	Enero	15	0	BUS	Salida de la vía (figuras 28 y 29) Pérdida de control del Vehículo Caída a precipicio

Fuente: Elaboración propia por datos de campo

Figura 26. Accidente contra baranda metálica Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750) – año 2016



Fuente: El País. (2016, 30 de diciembre). Seis muertos deja accidente de bus que cubría la Ruta Pasto - Cali. El País. <https://www.elpais.com.co/colombia/seis-muertos-deja-accidente-de-bus-que-cubria-la-ruta-pasto-cali.html>

“El 30 de diciembre de 2016. Accidente de bus que cubría la Ruta Pasto – Cali, deja seis muertos y 11 heridos. El conductor de un bus, afiliado a la empresa Flota Magdalena línea Gacela con número interno 956, perdió el control cuando se movilizaba en una curva, conocida entre transportadores y pobladores como el sector de El Diablo o del Cementerio. Presentado esto, el automotor se salió de la carretera y rodó por un abismo de alrededor aproximadamente 80 metros de profundidad, hasta terminar entre la espesa vegetación” (El País, 2016, p.1).

Figura 27 Estado de la barrera metálica después de accidente - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)



Fuente: Toma propia

Figura 28 Accidente contra baranda metálica Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750) – año 2019



Fuente: Radio Súper Popayán (2019, 8 de enero). Bus estuvo a punto de irse a un abismo en el Patía. Radio Súper Popayán. <http://www.radiosuperpopayan.com/2019/01/08/bus-estuvo-a-punto-de-irse-a-un-abismo-en-el-patia/>

“El 8 de enero de 2019: En accidente de tránsito al sur del Cauca se registraron 15 heridos. Aproximadamente a las 3 de la mañana un bus de servicio especial con 30 pasajeros que cubría la Ruta Pasto - Cali se accidentó en el sector de Piedra sentada - Patía en la curva del cementerio. Este hecho deja 8 mujeres y 7 hombres donde 3 son menores de edad heridos, llevados de urgencia al hospital del Bordo donde reciben atención médica. La emergencia fue atendida por bomberos del Bordo con 10 unidades y 2 máquinas de rescate”

Figura 29 Estado de la barrera metálica después de accidente - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)



Fuente: Toma propia

7.3.1.4. Señalización y otros dispositivos de seguridad vial

Al momento de la visita (figura 30), se evidencia que el tramo cuenta con señalización vertical a nivel en buen estado, solo se observó una señal con el poste impactado. La demarcación se encuentra en estado aceptable y funcional, los dispositivos (tachas y estoperoles) en general se encuentran en buen estado, presentan desgaste normal y pérdida de algunos elementos.

De acuerdo a lo manifestado por la entidad territorial, las medidas implementadas (reductores de velocidad tipo bandas alertadoras con estoperoles metálicos anclados), y las tachas reflectivas en los bordes cada 2,00 m., los cuales funcionan como borde alertador, han sido efectivas y se ha logrado disminuir el riesgo en el sector.

Figura 30 Registro señalización - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)



Fuente: Toma propia

7.3.1.5. Registro de Toma de Velocidades

Se realizó registro de toma de velocidades en sentido Pasto – Cali (tabla 19), mediante el método de persecución a vehículo en marcha, con el fin de tomar registros durante todo el recorrido, para este caso se hizo a vehículos de transporte de pasajeros, así:

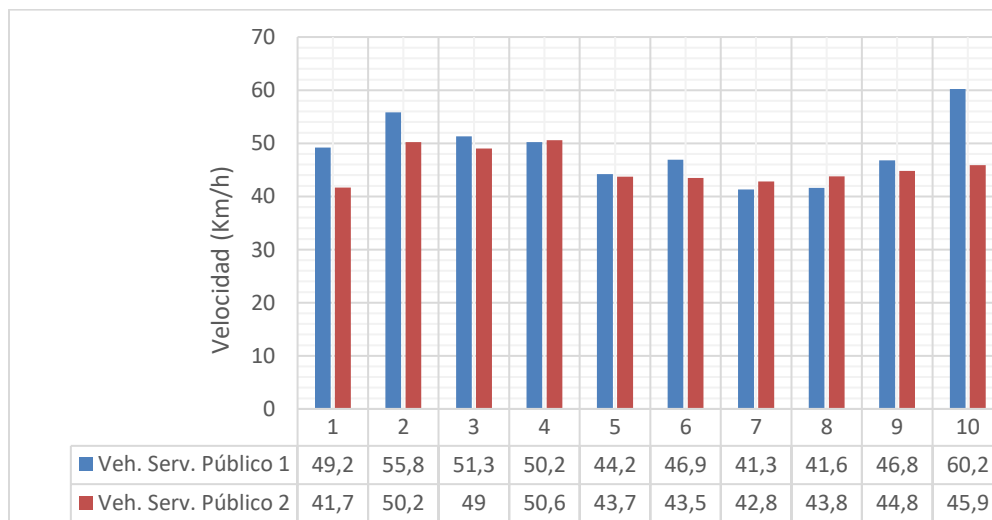
Tabla 19 Registros de Toma de Velocidades Sentido Pasto – Cali - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)

Toma	Velocidad (km/h)	Velocidad (km/h)
1	49,2	41,7
2	55,8	50,2
3	51,3	49
4	50,2	50,6
5	44,2	43,7
6	46,9	43,5
7	41,3	42,8
8	41,6	43,8
9	46,8	44,8
10	60,2	45,9
Promedio	48,75	45,6

Fuente: Elaboración Propia. Los datos en azul corresponden a los registros de velocidad durante el recorrido en el área de las curvas de menor radio, evidentemente por la Geometría del tramo y el ancho de carril obligan a disminuir la velocidad.

De los datos tomados en campo, podemos deducir que la señalización y los dispositivos instalados, no son respetados por los conductores, ya que la máxima velocidad permitida para este tramo es de 30 Km/h., y como se observa las velocidades registradas (figura 31), son superiores.

Figura 31 Gráfica comparativa velocidades - sentido Pasto – Cali - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)



Fuente: Elaboración Propia

7.3.1.6. TPD y Composición Vehicular

Datos históricos de TPD y composición vehicular (tabla 20), tomados de la estación 297 Sector: Sector El Bordo - Rosas, Longitud del tramo 42 Km.

Tabla 20 Datos históricos TPD y composición vehicular - Estación 297 – Sector El Bordo - Rosas

AÑO	TPD	Composición Vehicular	CATEGORÍAS					
			Cat1		Cat2		Cat3 - Cat4 - Cat5 Cat6 - Cat7	
			AUTOS		BUSES		CAMIONES	
1997	1.532	39-11-50	597	39%	169	11%	766	50%
1998	1.762	44-10-46	775	44%	176	10%	811	46%
1999	1.631	46-11-43	750	46%	179	11%	702	43%
2000	1.561	48-12-40	749	48%	187	12%	625	40%
2001	1.379	37-13-50	510	37%	179	13%	690	50%
2002	1.456	39-14-47	568	39%	204	14%	684	47%
2003	1.656	41-08-51	679	41%	132	8%	845	51%
2004	1.703	35-17-48	596	35%	290	17%	817	48%
2005	1.695	37-17-46	627	37%	288	17%	780	46%
2006	2.129	38-17-45	809	38%	362	17%	958	45%
2007	2.127	38-18-44	808	38%	383	18%	936	44%
2008	1.850	37-17-46	685	37%	315	17%	850	46%
2009	1.958	40-17-43	783	40%	333	17%	842	43%
2010	2.211	43-17-40	951	43%	376	17%	884	40%
2011	2.109	33-15-52	696	33%	316	15%	1097	52%
2012	1.113	48-12-40	534	48%	134	12%	445	40%
2013	2.387	38-13-49	907	38%	310	13%	1170	49%
2014	2.729	36-14-50	982	36%	382	14%	1365	50%
2015	2.813	39-13-48	1097	39%	366	13%	1350	48%
2016	2.752	40-13-47	1101	40%	358	13%	1293	47%
2017	3.139	43-13-44	1350	43%	408	13%	1381	44%
2018	2.853	41-14-45	1170	41%	399	14%	1284	45%
2019	3.223	46-13-41	1483	46%	419	13%	1321	41%
Promedio Últimos 5 años			1240	42%	390	13%	1326	45%
TPD=TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (CONTEO EN DOS CARRILES Y/O SENTIDOS DE LA CALZADA_ PROMEDIO DE 7 DIAS 24 HORAS)								

Fuente: Instituto Nacional de Vías [INVIAS] (2018). Territorial Cauca. Instituto Nacional de Vías, INVIAS.
<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/informacion-institucional/9197-serie-historica-de-transito-tpd-1997-2018>

7.3.1.7. Identificación de Riesgos

Se realizó verificación en campo previa, elaboración de lista de chequeo, propuesta exclusivamente para identificación de hallazgos relacionados con sistemas de contención en zonas laterales, lo cual se indica en la tabla 21.

Tabla 21 Identificación de riesgos - Ruta 2503 Sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)

ZONAS LATERALES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
¿Los DCH están instalados en forma correcta y son claramente visibles? ¿Los colores usados para los delineadores son correctos?	SI	-	Los DHC fueron instalados recientemente (2019). Los colores son los correctos.
¿Las barreras de contención están instaladas donde son necesarias??	SI	-	La barrera está instalada en la zona requerida, de acuerdo a los parámetros y peligros identificados en la zona lateral.
¿Están correctamente instaladas y su longitud es adecuada?	-	NO	Se evidencia fallas en la instalación ya que en un tramo parcial los postes están ubicados dentro de la zona de la cuneta lateral, lo que al momento de un impacto generaría trabazón y el sistema en este tramo no funcionaría de la forma esperada. Adicionalmente hay tramos en los que entre el borde de la vía y la defensa existe un bordillo de concreto el cual representa mayor peligro en caso de salida de la vía. Es pertinente reevaluar la longitud del sistema de contención.
¿Las barreras existentes han sido impactadas anteriormente?	SI	-	Se evidencia que ha sido impactada en algunos sectores, sin embargo, se conserva su continuidad.
Las barreras cuentan con elementos que ayuden a aumentar su visibilidad en horario nocturno. (captafaros)?	SI	-	Algunos ya han sido desprendidos.

ZONAS LATERALES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
Las zonas laterales de la vía están libres de obstáculos (permanentes o temporales)	-	NO	En las zonas laterales tenemos: - Cuneta lateral en ambos bordes de la vía - Talud de alta pendiente - Terraplén con caída aproximada de 80 m. - Falta de iluminación pública - Postes de los DCH pegados a la barrera - Tronco de árboles pegados a la barrera - Montículos de concreto que sobresalen sobre la cuneta lateral. - Acumulación de piedra y escombros sobre el área de la cuneta. La barrera al momento de un impacto, no tendrá la posibilidad de garantizar la deflexión esperada. Es decir, es un sistema de contención semi - rígido que no cumple su función porque técnicamente no cuenta con las condiciones requeridas para su funcionamiento.
¿Los obstáculos ubicados al costado de la vía están debidamente señalizados?	-	NO	Existen elementos como cabezales en concreto que carecen de señalización luminosa o reflectiva.
Los soportes de la señalización vertical: - ¿Son colapsables? - ¿Están protegidos por barreras? (por ejemplo, barreras de contención o amortiguadores de impacto)	SI	-	Los postes de las señales no son colapsables. En el tramo de las curvas donde hay barrera metálica, se evidencia que la estructura de las señales en algunos casos esta pegadas a la parte posterior de las vigas de la barrera metálica.
Se evidencian características en la infraestructura que puedan representar peligro potencial en términos de seguridad vial. (curva cerrada, terraplén con altura excesiva o la cercanía de estructuras u objetos fijos)?	SI	-	- Curvas continuas de radio 36,00 m. y 40,00 m. - Terraplén de caída mayor a 80,00 m. - Ancho de carril restringido. - Pendientes longitudinales altas entre el 7% al 10% - No existe zona despejada y los obstáculos están muy cerca al borde de la calzada. - Los objetos fijos están a una mínima distancia con respecto al borde de la cuneta lateral que va a lo largo del tramo. - Los vehículos de mayores dimensiones invaden la zona de la cuneta ya que el trazado es muy restringido en cuanto a los radios de las curvas.

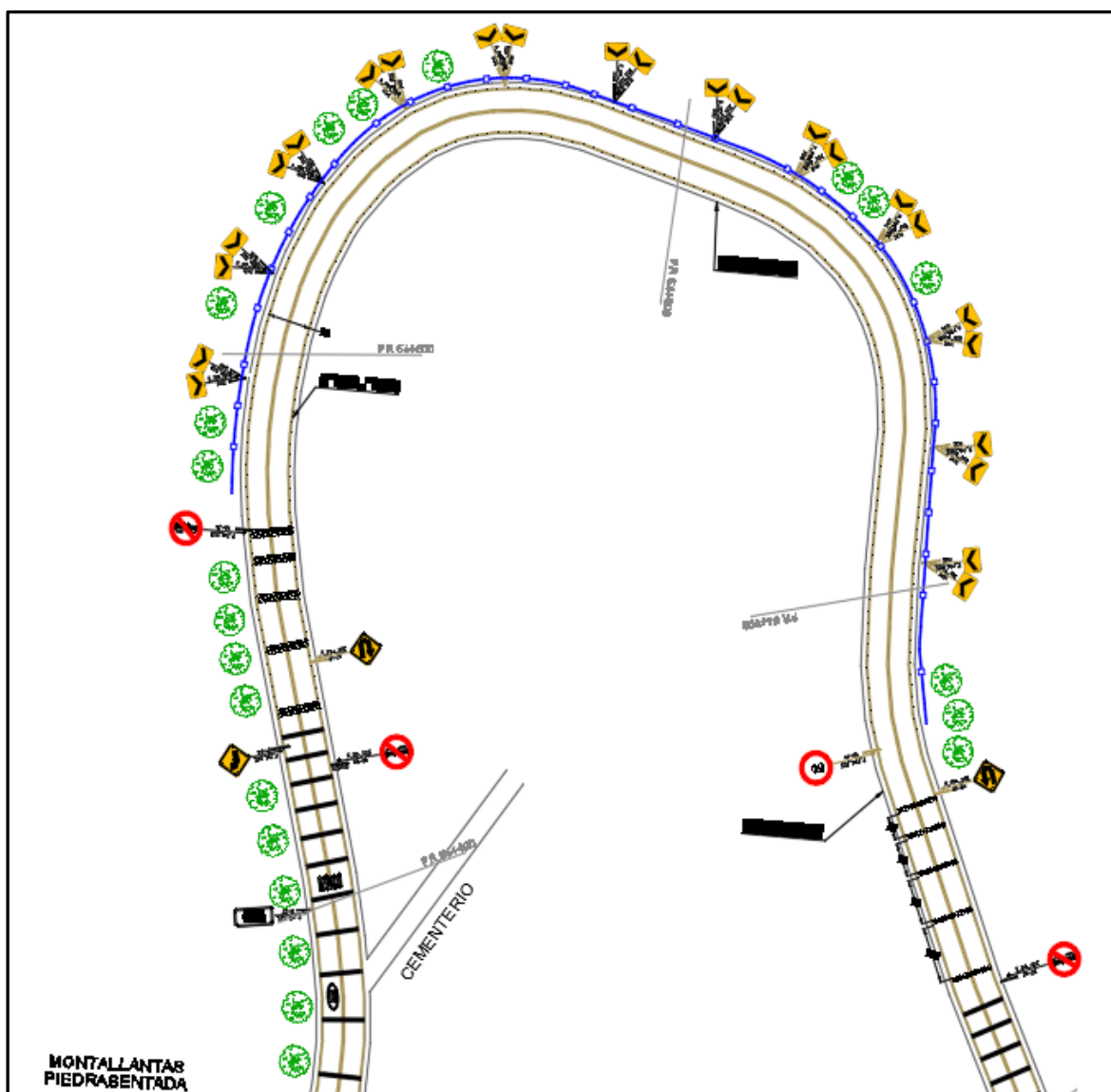
ZONAS LATERALES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
¿Existen obstáculos, con alta probabilidad de ser impactados por los vehículos en caso de salida de vía o pérdida de control?	SI	-	Como tal en este momento la barrera se convierte en el obstáculo con más probabilidad de ser impactado. En este caso se debe evaluarlos riesgos y proponer mejoras al sistema directamente ya que en los tramos previos ya se han implementado medidas complementarias encaminadas a disminuir la velocidad.
Se evidencia la necesidad de cubrir algún obstáculo con una barrera metálica longitudinal para redirigir el vehículo. (pilas de puentes, postes de alumbrado, estructuras vallas, etc.)?	SI	-	En el sentido Pasto – Popayán se evidencia la necesidad por: - Terraplén de pendiente pronunciada - Cabezales del alcantarilla y pozos sin tapa. - Estructura de señales sin protección.
Las terminales de las barreras metálicas, están instaladas de forma correcta y segura (no penetrar, ¿enganchar o catapultar el vehículo)?	-	NO	En el inicio del tramo (sentido Cali – Pasto) se encuentra un termina tipo “Cola de pez” el cual representa un peligro en caso de choque frontal contra la defensa”
¿En las divergencias del tramo, se evidencia la necesidad de usar amortiguadores de impacto?	-	-	No Aplica

Fuente: Elaboración propia

La figura 32, muestra de forma esquemática la planta general del tramo, la ubicación de la baranda metálica, señalización y demarcación existentes en campo; así como de los diferentes riesgos identificados.

Para ver de manera detallada estas características debe consultar el **Anexo 2**: Plano de inventario y propuesta esquemática de diseño tramo 1 – Ruta 2503, sector “Piedra Sentada”.

Figura 32 Planta de señalización y demarcación - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)



Fuente: Elaboración propia

7.3.1.8. Registro Fotográfico Riesgos

La figura 33, muestra la localización y descripción de los diferentes hallazgos identificados que representan riesgos en el tramo vial; los cuales deben ser tratados mediante diferentes medidas a fin de disminuir la gravedad del peligro potencial.

Figura 33 Registro fotográfico identificación de hallazgos - Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)

IDENTIFICACIÓN DE HALLAZGOS	
	Poste de soporte señal tipo Bandera sencilla ubicado dentro de la zona de la cuneta Cabezal de alcantarilla sin señalizar Cuneta lateral de concreto, sin berma
	Invasión de la zona de cuneta lateral, por los vehículos de mayores dimensiones que circulación por tramo. Terraplén de pendiente pronunciada en zona lateral de la vía Cuneta lateral en concreto Zona de alto desgaste de demarcación y desprendimiento de tachas reflectivas.

IDENTIFICACIÓN DE HALLAZGOS



Estructura en concreto en área de la cuneta, que sobresale de la superficie generando peligro



Empalme incorrecto entre los tramos. Poste de señal pegado a la parte posterior de la barrera. de



Obstáculos al borde de la vía, pegados a la parte posterior de la viga de la barrera metálica.



Postes del sistema de contención instalados en la zona de la cuneta de concreto.

Pérdida parcial de captafaros

Altura irregular de la barrera respecto al nivel de la rasante de la vía. Lo que genera que al momento del impacto la barrera sea sobrepasada por estar a menor altura de la requerida.



Terminal de inicio (cola de pez)
Sentido Cali-Pasto. Representa alto riesgo en caso de impacto frontal.



Transición entre barreras
Diferencia de nivel entre los tramos y pérdida de captafaros



Terminal final (cola de pez)
Ubicado aguas abajo
Sentido (Pasto - Cali)

Fuente: Elaboración propia

7.3.1.9. Diseño del sistema de Contención

Se realizó el diseño del sistema de contención, tomando los parámetros y recomendaciones establecidas en las metodologías previamente seleccionadas, así:

Manual de Carreteras – Res 2837_DV Edición 2017, Volumen No. 6 – Seguridad Vial - Capítulo 6,500 Sistemas de Contención Vial - Chile 2016.

Los parámetros de diseño básicos, para determinar el tipo de barrera a utilizar son:

- Nivel de Contención
- Niveles de severidad del impacto
- Ancho de trabajo disponible, Deflexión dinámica, Intrusión del vehículo
- Tipo de Vehículo, Porcentaje de vehículo pesados
- Velocidad de operación, tránsito promedio diario (TPD)

Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular Colombia 2012.

Para selección y diseño se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- Nivel de Contención
- Niveles de severidad del impacto
- Ancho de trabajo disponible, Deflexión dinámica, Intrusión del vehículo
- Tipo de Vehículo, Porcentaje de vehículo pesados
- Velocidad de operación, tránsito promedio diario (TPD)

7.3.1.9.1. Nivel de Riesgo

De la verificación de las condiciones en campo se identificaron las siguientes características:

- Calzada angosta, con cunetas laterales y sin berma.
- Curvas horizontales con radios menores a 250 m.
- Zona de topografía accidentada.
- Tramos con pendientes mayores a 6% en zonas con curvas restrictivas.
- Sectores de concentración de accidentes.
- Taludes con pendientes superiores a 1:3 (V:H) en ambos costados de la calzada (en corte y en talud).

El tramo en evaluación se clasifica como:

ZONA DE ALTO RIESGO, en razón a que “las características de la calzada o su entorno permiten prever accidentes de alta severidad” (Ministerio de Obras Públicas, 2016. p.541).

El tramo de acuerdo a partir del tipo de elemento potencialmente peligroso localizado al lado de la vía, y de las condiciones de operación de la carretera (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012b, p. 54), se clasifica:

- Nivel de riesgo: **RIESGO ALTO**
- Gravedad del accidente: **MUY GRAVE**

7.3.1.9.2. Nivel de Contención

El nivel de contención de la barrera metálica, está en función del nivel de severidad, así como de las características del tráfico y de la velocidad.

Verificación de aumento del nivel de Contención debido a camiones de más de dos ejes (Ministerio de Obras Públicas, 2016. p. 555).

Con base a los datos del TPD y el tipo de calzada se calcula el valor máximo indicado para camiones de más de dos ejes.

Para el TPD= 3223 (2019)

Tomamos el valor correspondiente a TPD entre 3000 – 7000, y usamos la formula indicada para verificación, así:

Para calzada Bidireccional: $500 + 0.08 \cdot (TPD - 3000)$ (Ministerio de Obras Públicas, 2016. p. 555).

- El valor máximo indicado es de 518 (Veh/día).

Al comparar con el valor de vehículos de más de dos ejes (2019) tenemos **1716** (Veh/día).

En este caso al superar el máximo indicado, la barrera a proyectar debe tener un **NIVEL DE CONTENCIÓN MUY ALTO**, por ser en una zona de **RIESGO ALTO**.

Selección del nivel de contención

“La elección del nivel de contención de una barrera de contención vehicular está en función del nivel de severidad, así como de las características del tráfico y de la vía – velocidad de operación (V85) o velocidad específica de diseño, volumen de tránsito y composición del tránsito vehicular (la cantidad de vehículos pesados)” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012b, p. 53-55).

- Velocidad de operación: **Menor de 60 km/h**
- Nivel de Contención: **ALTA - NCC5** (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012b, p. 57).

7.3.1.9.3. Selección de la Barrera

Una vez determinados la necesidad y el nivel de contención, se procede a escoger el tipo de barrera de contención.

Según la metodología chilena, para nivel de contención **“MUY ALTO”**, la tabla 22, indica el tipo de barrera a utilizar. La barrera debe ser NC H4a o H4b, según las características de los vehículos que circulan en el tramo. Para este caso se toma **“H4a”** en razón a los datos de accidentalidad. Es importante indicar que el sistema se debe adaptar a las demás variables del sitio.

Tabla 22 Clasificación de barreras de contención certificadas, según normas internacionales UNE-EN 1317 y NCHRP 350

NIVEL DE CONTENCIÓN	NC (NCHRP350)	NC (EN-1317)	VELOCIDAD DE IMPACTO [km/h]	ANGULO DE IMPACTO [°]	MASA VEHICULO [kg]	CATEGORIA DE VEHICULO
Liviano		N2	110	20	1.500	AUTOS Y CAMIONETAS
	TL2		70	25	2.000	
	TL3		100	25	2.000	
Medio		H1	70	15	10.000	CAMIONES hasta 10 ton
	TL4		80	15	8.000	
Medio Alto		H2	70	20	13.000	BUSES
Alto		H3	80	20	16.000	CAMIONES RIGIDOS hasta 16 ton
Muy Alto		H4a	65	20	30.000	CAMIONES RIGIDOS hasta 38 ton
	TL5		80	15	36.000	
	TL6		80	15	36.000	
		H4b	65	20	38.000	

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2016). Manual de Carreteras. Seguridad Vial, (Volumen 6). Chile: MOP-DGOP. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas.
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx>

Según los parámetros de la metodología colombiana, en la tabla 23, se indica el tipo de barrera a utilizar para un nivel de contención **“ALTO”**, corresponde a NCC5 el cual aplica para sistemas con nivel de contención H4a y H4b (UNE-EN 1317) o TL5 y TL6 (NCHRP 350). Con el mismo criterio se define un sistema que cumpla los parámetros **H4a** y que además se adapte a las demás variables del sitio.

Tabla 23 Clasificación de los niveles de contención de las normas UNE-EN 1317, NCHRP 350 y MASH dentro de los NCC (Nivel de Contención Colombiano)

Nivel de contención	NCC	UNE-EN 1317	NCHRP 350	MASH
Bajo	NCC1	N2	TL2	TL2
Medio - bajo	NCC2	H1, L1	TL3, TL4	TL3, TL4
Medio	NCC3	H2, L2		
Medio - alto	NCC4	H3, L3		
Alto	NCC5	H4a, L4a	TL5, TL6	TL5, TL6
Muy alto	NCC6	H4b, L4b		

Fuente: Corporación Fondo de Prevención Vial [GDSCV]. (2012a). Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular. Diseño Tremens.
<https://es.scribd.com/document/455570850/GUIA-TECNICA-PARA-EL-DISENO-APLICACION-Y-USO-DE-SISTEMAS-DE-CONTENCION-VEHICULAR-Documento-preliminar-pdf>

De acuerdo a los parámetros de la norma europea **UNE-EN- 1317**, se indica en la tabla 24, la identificación de los ensayos que se deben certificar para el sistema definido a utilizar en el tramo; el ensayo TB11 es con un vehículo ligero y el ensayo TB71, es con un vehículo pesado no articulado, tal como se lo indica la tabla 24. Es importante tener en cuenta que es requisito que el sistema sea ensayado con el vehículo ligero, es decir para su aval por nivel de contención debe tener ensayos de aceptación TB11 y TB71.

Tabla 24 Niveles de Impacto Norma UNE-EN- 1317

Niveles de contención				Ensayos de aceptación
Baja contención	T1			TB 21
	T2			TB 22
		T3		TB 41 y TB 21
Contención normal	N1			TB 31
	N2			TB 32 y TB 11
Alta contención		H1		TB 42 y TB 11
			L1	TB 42 y TB 32 y TB 11
		H2		TB 51 y TB 11
			L2	TB 51 y TB 32 y TB 11
		H3		TB 61 y TB 11
			L3	TB 61 y TB 32 y TB 11
Muy alta contención		H4a		TB 71 y TB 11
		H4b		TB 81 y TB 11
			L4a	TB 71 y TB 32 y TB 11
			L4b	TB 81 y TB 32 y TB 11
NOTA 1	Los niveles de baja contención se usan únicamente en caso de barreras de seguridad temporales. Estas barreras se pueden ensayar también para niveles de contención superiores.			
NOTA 2	Se debería considerar que una barrera ensayada con éxito para un nivel de contención determinado cumple con los requisitos de cualquier nivel inferior, excepto que N1 y N2 no incluyen al T3, los niveles H no incluyen a los niveles L, y los niveles H1, ..., H4b no incluyen al N2.			
NOTA 3	Los ensayos TB 71 y TB 81 se incluyen en la norma debido a que en distintos países se han empleado vehículos pesados significativamente distintos para los ensayos y el desarrollo de barreras de seguridad de muy alta contención. Los niveles de contención H4a y H4b no deberían considerarse como equivalentes, no existiendo ninguna jerarquía entre ellos. lo mismo ocurre con los niveles L4a y L4b.			
NOTA 4	El comportamiento de las clases de contención L mejora con respecto a las correspondientes clases H mediante la adición de ensayos TB 32			
Para evaluación de un sistema de contención de vehículos dentro de los niveles de contención T3, N2, H1, H2, H3, H4a, H4b, L1, L2, L4a, L4b deben realizarse los siguientes ensayos:				
a) un ensayo de acuerdo con el máximo nivel contención para ese sistema en particular; y				
b) ensayo (s) con turismo para verificar que la satisfactoria contención para el máximo nivel es también compatible con la seguridad de estos vehículos.				

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (2017, diciembre). Manual de seguridad vial R.D. N° 05-2017-MTC/14. Perú Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Para definir los tipos de ensayos que debe cumplir el sistema seleccionado de acuerdo a las características del tipo de vehículos que transitan en el tramo, para la norma UNE-EN-1317, en la tabla 25, se indican los parámetros relacionados (tipo y masa del vehículo, velocidad y ángulo de impacto).

Tabla 25 Ensayos de Impacto de vehículos Norma UNE-EN- 1317

Ensayo	Velocidad de impacto km/h	Ángulo de impacto (°)	Masa total kg	Tipo de vehículo
TB 11	100	20	900	Turismo - (Ligero)
TB 21	80	8	1300	Turismo - (Ligero)
TB 22	80	15	1300	Turismo - (Ligero)
TB 31	80	20	1500	Turismo - (Ligero)
TB 32	110	20	1500	Turismo - (Ligero)
TB 41	70	8	10,000	Vehículo pesado no articulado
TB 42	70	15	10,000	Vehículo pesado no articulado
TB 51	70	20	13,000	Autobús - (Buses)
TB 61	80	20	16,000	Vehículo pesado no articulado
TB 71	65	20	30,000	Vehículo pesado no articulado
TB 81	65	20	38,000	Vehículo pesado articulado

Fuente: Turismo – (Ligero) = Auto / Vehículo pesado no articulado = Camión Rígido / Autobús – (Buses) = Bus / Vehículo pesado articulado = Camión Articulado. Ministerio de transportes y comunicaciones (2017, diciembre). Manual de seguridad vial R.D. N° 05-2017-MTC/14. Perú Dirección General de Caminos y Ferrocarriles https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

7.3.1.9.4. Capacidad de deflexión y ancho de trabajo

Se procede a evaluar las características del entorno, con el fin de establecer el espacio disponible en terreno; en este caso que no existe berma, se toma a partir del borde de la calzada; con base a este análisis se realizará la selección de la barrera que, cumpliendo el nivel de contención requerido, cuente con el ancho de trabajo compatible con el espacio disponible en terreno.

Para este caso particular en donde las solicitaciones de impacto están en condiciones límite (alta velocidad, ángulo de impacto elevado, ancho de trabajo reducido en terreno), se recomienda usar barreras certificadas.

Para el caso de barreras certificadas el ancho de trabajo y el nivel de contención son los parámetros que debe garantizar el fabricante del sistema. Estos parámetros deberán estar respaldados por los resultados de las pruebas de impacto.

Sin embargo, es necesario indicar que, debido a los múltiples elementos de riesgo y la cercanía de los obstáculos al borde de la calzada, se debe tener en cuenta que el sistema cumpla con un nivel de anchura (tabla 26), **W1** ($W_N \leq 0,6$ m).

Tabla 26 Niveles de anchura de trabajo normalizada - Norma UNE-EN- 1317

Clases de ancho de trabajo	Ancho de trabajo normalizado
W1	$WN \leq 0,6$
W2	$WN \leq 0,8$
W3	$WN \leq 1,0$
W4	$WN \leq 1,3$
W5	$WN \leq 1,7$
W6	$WN \leq 2,1$
W7	$WN \leq 2,5$
W8	$WN \leq 3,5$

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2016). Manual de Carreteras. Seguridad Vial, (Volumen 6). Chile: MOP-DGOP. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas.
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx>

7.3.1.9.5. Selección del nivel de severidad

Pueden existir en el mercado diversos sistemas que cumplan los requisitos y se ajusten a las condiciones de la vía, por lo que estas alternativas también deberán analizar el sistema constructivo en cada caso, la severidad del impacto o daño esperado a los ocupantes (tabla 27), optando finalmente por aquel sistema que presente menor severidad (**Clase A o Clase B**); y finalmente los costos asociados a su instalación y mantenimiento.

Tabla 27 Valores permisibles de ASI, THIV y PHD

Nivel de severidad	Índice de Severidad	Valor de los índices
A	$ASI \leq 1,0$	$THIV \leq 33 \text{ Km/h}$ $PHD \leq 20g$
B	$1,0 \leq ASI \leq 1,4$	
C	$1,4 \leq ASI \leq 1,9$	

Fuente: Elaboración propia a partir de UNE-EN 1317, NCHRP REPORT 350 y MASH

Una vez hecho el análisis completo se debe proceder a generar las especificaciones técnicas especiales para las barreras, terminales y transiciones (si aplica) de la tipología adoptada para el proyecto.

7.3.1.9.6. Disposición de la Barreras de contención

“Uno de los aspectos de mayor relevancia en el correcto funcionamiento de un sistema de contención está relacionado con la disposición o ubicación de este, tanto longitudinal con transversalmente, respecto a la situación de riesgo que debe mitigar” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 559).

“Junto con lo anterior, otro aspecto importante para el buen funcionamiento de una barrera de contención corresponde a la altura de instalación, ya que, al ser impactada, podría ser sobrepasada si se ubica en una posición baja o, al contrario, si se instala muy alta, los vehículos pequeños quedarían bajo ella en caso de impacto” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 559).

“Siempre se deberá verificar que el suelo bajo la barrera esté nivelado y libre de obstrucciones, tanto en las zonas desde el borde la calzada, zona de separación entre postes y la zona de ancho de trabajo. Paralelamente se debe prever que la zona próxima a los postes presente características compatibles con el sistema instalado; en caso de barreras con postes hincados, se debe verificar que el suelo alrededor de los postes brinde las condiciones para permitir un adecuado funcionamiento ante un impacto, esto significa que esté libre de pavimentos asfálticos o de hormigón, que puedan generar trabazón evitando el desplazamiento y torsión esperadas para los postes” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 559).

7.3.1.9.7. Disposición longitudinal de las barreras

“En general la barrera de contención se ubicará paralela al eje central de la vía. Se debe tener en cuenta que la barrera debe proyectarse de modo que el impacto sea previsible en un ángulo que se encuentre dentro del rango máximo aceptable para la capacidad de contención, es decir entre 15° y 25°. Si el ángulo probable de impacto supera dichos valores, deberán proponerse soluciones ad hoc, evaluando los riesgos existentes” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 559).

“Para que una barrera funcione como un sistema de contención, se debe agregar un parámetro fundamental, que corresponde a la longitud mínima requerida, para que, ante un impacto, pueda disiparse la energía producida por el móvil” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 559).

En este caso que la barrera se instala para proteger a los usuarios de la vía ante la presencia de un terraplén, la longitud total de la barrera de contención, estará compuesta por el largo de la situación de riesgo más sus terminales, los que serán seleccionados según los parámetros establecidos.

“Cuando existan cortes cercanos a los terminales de la barrera, se continuará con este elemento de contención hasta insertar sus extremos en el terreno natural del corte” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 560).

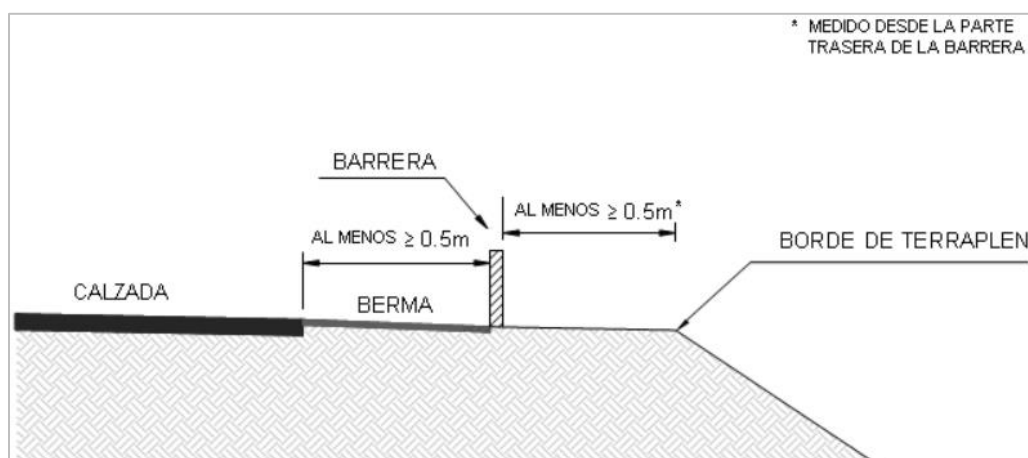
7.3.1.9.8. Ubicación lateral de la barrera de contención

La ubicación lateral de la barrera de contención se determina considerando el parámetro ancho de trabajo, y la distancia disponible el obstáculo o riesgo que se desea evitar, por lo

que ambas magnitudes serán fundamentales en la determinación del tipo de barrera más adecuado.

“En general la barrera de contención se instalará inmediatamente después de terminada la berma, en caso de no existir berma, se considerará una distancia mínima de 0.50 m del borde de la calzada. Para el caso de terraplenes deberá respetar una distancia mínima de 0.50 m entre la cara trasera de los postes y el borde del terraplén” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 563), como se indica en la figura 34.

Figura 34 Ubicación lateral de barrera en terraplenes



Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2016). Manual de Carreteras. Seguridad Vial, (Volumen 6). Chile: MOP-DGOP. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas.
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx>

“No obstante, deberá procurarse que dicha distancia sea al menos igual a la deflexión dinámica de la barrera proyectada, evaluando para esos efectos el sobre ancho de la plataforma disponible” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 564).

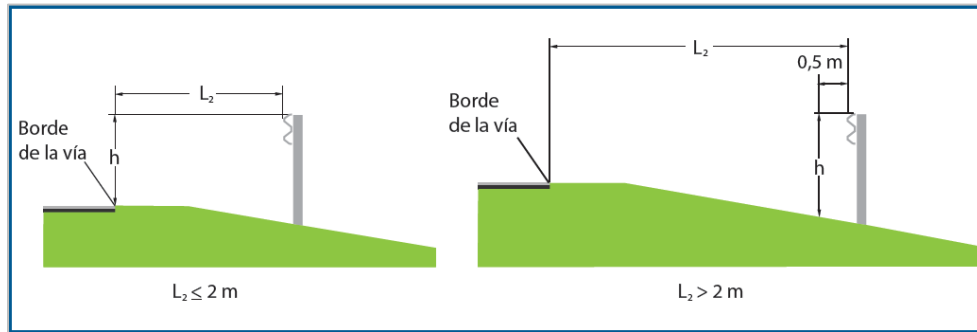
7.3.1.9.9. Altura de la barrera

La altura en que sea ubicada la barrera, debe ser cuidadosamente respetado; ya que depende del nivel de contención para el cual ha sido diseñado e incide directamente en la efectividad del sistema de contención al ser impactado.

En caso de barreras certificadas, la altura de instalación será definida por el fabricante, de acuerdo con los requerimientos solicitados y las condiciones del terreno.

La altura de la barrera en los taludes se medirá, según lo indicado en la figura 35.

Figura 35 Parámetros de Definición Altura de Barreras



Fuente: En presencia de bordillos, la altura de la barrera, en ningún caso se medirá desde el borde superior del bordillo (esta situación se debe evaluar por el diseñador). Corporación Fondo de Prevención Vial [GDSCV]. (2012a). Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular. Diseñum Tremens. <https://es.scribd.com/document/455570850/GUIA-TECNICA-PARA-EL-DISENO-APLICACION-Y-USO-DE-SISTEMAS-DE-CONTENCION-VEHICULAR-Documento-preliminar-pdf>

Se deberá verificar la perpendicularidad de la barrera con el plano formado por la zona de circulación más probable de los vehículos que impacten la barrera.

7.3.1.9.10. Terminales

Para asegurar el correcto y seguro funcionamiento de cada barrera, se deben diseñar las dos secciones extremas, al inicio y al final de cada tramo de barrera.

Terminal inicial: Para este caso la sección extrema inicial debe ser atenuadora, ya que no se cuenta con las condiciones requeridas para una terminal empotrada en talud y el terminal tipo cola de pez no es viable ya que no existen las condiciones físicas para que la distancia mínima entre el borde de la calzada y el tramo esviado sea mínimo de 9,00 m.

Terminal final: Para este caso la sección extrema final (aguas abajo), por ser el extremo de la barrera donde no existe posibilidad de que un vehículo se impacte de frente, pueden ser de tipo cola de pez o abatida (enterrada).

7.3.1.9.11. Consideraciones especiales

- La barrera debe ubicarse lo más lejos posible de la calzada, tomando como parámetro la protección de los puntos duros, para que, en caso de perder el control del vehículo, el conductor pueda retornarlo a la vía o detenerse sin riesgo de sufrir daños de importancia.
- En lo posible se deben eliminar los bordillos ya que “si un vehículo gira o se desliza hacia los lados al salir de la carretera, el contacto de la rueda con un bordillo podría hacer que se tropiece y se vuelque. En otras condiciones de impacto, el vehículo puede desestabilizarse y puede resultar en la pérdida de control por parte del conductor” (AASHTO, 2011, p. 1).

7.3.1.9.12. Recomendaciones particulares

Con base a los hallazgos identificados y consignados en la lista de chequeo, diligenciada en la visita de campo, se recomienda:

A corto plazo:

- Eliminar los obstáculos que sobresalen de la superficie de la cuneta.
- Retirar los postes de sistemas de contención que colapsaron anteriormente ya que actualmente son puntos duros y generan riesgo no solo a vehículos sino a motociclistas.
- Reponer los elementos reflectantes (captafaros) a lo largo de las vigas de la barrera.
- Reponer las tachas (con espigo) ubicadas en el eje y bordes de los carriles, que para este caso cumplen la función adicional de bordes alertadores. Se podría reforzar esta medida con el uso de elementos tipo estoperoles metálicos anclados colocados intermedios en la línea de las tachas para reforzar la medida alertadora a lo largo del tramo.
- Realizar la reubicación de los DCH que están pegados a la parte posterior del sistema y ubicarlos mínimo a 0.50 m de separación.
- Retirar el DCH ubicado al inicio del tramo que no cumple la normatividad vigente.
- Despejar de escombros y piedras la zona colindante a la vía y la zona en donde está ubicada a defensa metálica.
- Señalizar los puntos duros de cabezales de alcantarillas, mediante la instalación de elementos reflectantes (pueden ser captafaros o hitos) en sus aristas para que puedan ser identificados en la oscuridad.
- Corregir el traslapo entre los sistemas al inicio del tramo, ya que es un potencial peligro en particular para los motociclistas, podría ocasionar atrapamiento o enganche en el tramo libre entre los 2 sistemas.

A largo plazo:

- Reforzar las medidas para reducción de la velocidad en los tramos previos al ingreso a las curvas ya que como se pudo registrar, en el tramo diseñado para transitar a 30 Km/h los vehículos circulan a velocidades muy superiores a la permitida, lo cual es el primer factor a controlar para disminuir los riesgos de choque o salida de la vía.
- Eliminar el bordillo o disminuir su altura para disminuir los riesgos asociados a choque contra este elemento.
- Reevaluar el diseño del sistema de tal forma que la inversión permita garantizar el óptimo funcionamiento en caso de ser impactado. Esto implica reubicar la barrera fuera de la zona de la cuneta lateral, hincar los postes de tal forma que se permita su deflexión en caso de impacto y por seguridad instalar un terminal absorbente en el extremo inicial.

- Analizar desde el punto de vista de la seguridad vial el costado de la vía, con zona lateral en terraplén (sentido Pasto – Cali). En donde podría ser viable tender la pendiente de este, para mejorar la visibilidad y dar mayor confianza a los conductores que lo perciben como una amenaza por su cercanía al borde de la calzada.

7.3.1.9.13. Costos asociados a la implementación de medidas propuestas a corto y largo plazo

A continuación, se presenta a nivel general el costo aproximado de las obras y/o actividades sugeridas para disminuir riesgos a corto y largo plazo según su complejidad y la urgencia de intervención.

La tabla 28, muestra el desglose de actividades, cantidades aproximadas, valor unitario y total a costo directo aproximado calculados para la implementación de medidas a corto plazo, relacionadas con disminución de los riesgos identificados.

Tabla 28 Presupuesto aproximado de implementación de medidas a corto plazo tramo 1: Sector “Piedra Sentada” Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)

Ítem	Descripción	Un.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total
1	Demolición concreto simple (Incluye retiro de escombros)	Gl	1,00	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
2	Retiro postes metálicos existentes.	Un	25,00	\$ 29.823,00	\$ 745.575,00
3	Retiro señales verticales (Incluye pedestal y tablero)	Un	1,00	\$ 25.900,00	\$ 25.900,00
4	Suministro en Instalación Captafaros	Un	26,00	\$ 22.000,00	\$ 572.000,00
5	Suministro e instalación tachas reflectivas con espigo	Un	300,00	\$ 14.500,00	\$ 4.350.000,00
6	Suministro en instalación de estoperoles metálicos con espigo	Un	500,00	\$ 13.500,00	\$ 6.750.000,00
7	Reubicación señales verticales	Un	14,00	\$ 63.265,00	\$ 885.710,00
8	Retiro de escombros	m3	2,00	\$ 200.000,00	\$ 400.000,00
9	Suministro en Instalación de delineadores tubulares (hito)	Un	4,00	\$ 65.000,00	\$ 260.000,00
10	Desmonte de terminales	Un	2,00	\$ 105.588,00	\$ 211.176,00
11	Empalme sistema de contención	Gl	1,00	\$ 447.254,00	\$ 447.254,00
Sub Total (Costo Directo)					\$ 14.747.615,00

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el diseño y análisis del entorno, la tabla 29 indica el valor total del presupuesto aproximado, a costo directo de las actividades necesarias para corregir de forma definitiva todos aquellos hallazgos relacionados con la seguridad vial.

Tabla 29 Presupuesto aproximado de implementación de medias a largo plazo tramo 1: Sector “Piedra Sentada” Ruta 2503 (PR 54+400 a PR 54+750)

Ítem	Descripción	Un.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total
1	Demolición sardinel existente.	ml	110,00	\$ 21.995,00	\$ 2.419.450,00
2	Construcción Sardinel en concreto de 0,30* 0,20m. enterrado 0,20m (Incluye concreto, acero, formaleta y curado)	ml	110,00	\$ 65.250,00	\$ 7.177.500,00
3	Demolición tramos de barrera metálica en mal estado, incluye parales, terminales y cimentación.	ml	120,00	\$ 79.191,00	\$ 9.502.920,00
4	Suministro e Instalación Terminal metálica tipo cola de pez (Incluye tornillería)	Un	1,00	\$ 201.785,00	\$ 201.785,00
5	Suministro e instalación defensas metálicas Nivel de Contención 3	ml	120,00	\$ 390.707,00	\$ 46.884.840,00
6	Terminal de barrera 1 (Atenuador de impacto)	Un	1,00	\$ 21.083.790,00	\$ 21.083.790,00
Sub Total (Costo Directo)					\$ 87.270.285,00

Fuente: Elaboración Propia

Por requerirse la elaboración de un diseño a detalle, dentro del presupuesto no están incluidos los costos asociados a:

- Reforzar las medidas para reducción de la velocidad en los tramos previos al ingreso a las curvas en ambos sentidos.
- Tender la pendiente del terraplén (sentido Pasto – Cali).

7.3.1.9.14. Principales ajustes propuestos en el tramo 1

El Anexo 2, muestra la planta general del tramo, en donde se puede presentar de forma esquemática el estado de medidas implementadas y la localización de los hallazgos y riesgos relacionados con la seguridad vial. Adicional contiene de manera esquemática las mejoras propuestas.

A continuación, esquemáticamente se muestra la situación ideal en algunos casos especiales.

- Cambio de terminal en el extremo inicial del tramo (figura 36) sentido Cali-Pasto, instalación “atenuador de impacto”.

Figura 36 Cambio de terminal tipo “cola de pez” por terminal absorbente al inicio del tramo



Fuente: Elaboración Propia

- Reubicación sistema fuera del área de la cuneta lateral y reubicación de DCH a distancia mínima de 0.50m del borde posterior de la barrera (figura 37).

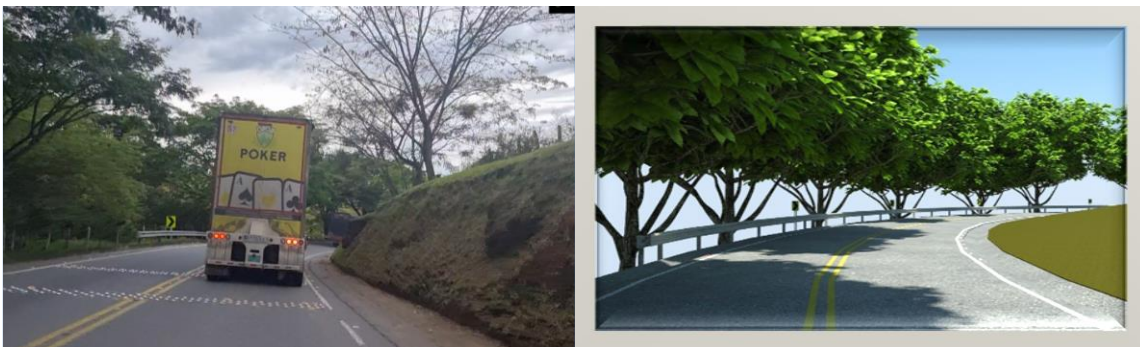
Figura 37 Reubicación de los DCH y de la barrera metálica fuera de la cuneta lateral



Fuente: Elaboración Propia

- Tendido talud lateral sentido Pasto – Cali, para mejorar la visibilidad y dar mayor confianza a los conductores (figura 38) y señalización de obstáculo (figura 39).

Figura 38 Tendido del talud lateral



Fuente: Elaboración Propia

Figura 39 Señalización de obstáculo lateral



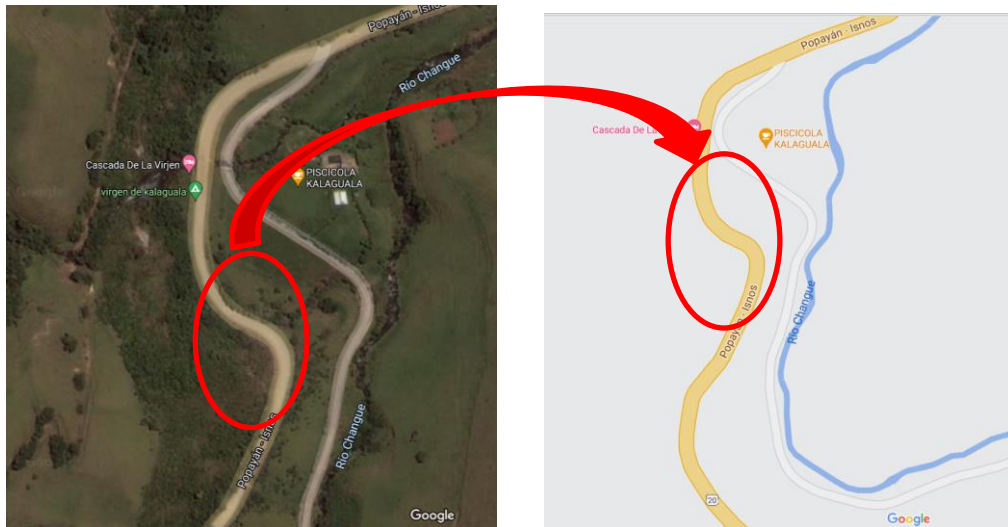
Fuente: Elaboración Propia

7.3.2. Tramo 2: Ruta 2002 Sector “Patico–Paletará” (PR 34+040 a PR 34+400)

7.3.2.1. Ubicación

El tramo en estudio (figura 40), se encuentra ubicado en el departamento de Cauca, corredor vial que comunica las poblaciones de Coconuco (Cauca) a 2.360 m.s.n.m. y termina en el casco urbano del municipio de Isnos (Huila) a 1.700 m.s.n.m., actualmente administrado por el Instituto Nacional de Vías – INVIAS.

Figura 40 Localización Tramo 2: Ruta 2002 – Sector Patico – Paletará (PR 34+040 a PR 34+400)

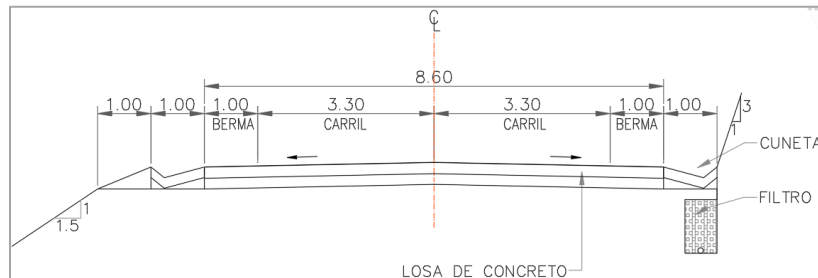


Fuente: Google Maps. (2021, 31 de mayo). Ubicación geográfica del sector Patico - Paletará. Google Maps <https://www.google.com.mx/maps/place/virgen+de+kalaguala/@2.2794096,-76.5124714,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e2ff9070727bd0f:0xc98575c29f5ab83f!8m2!3d2.2794096!4d-76.5110726>

7.3.2.2. Descripción General del tramo

Se trata de una vía primaria (bidireccional) de una calzada con dos carriles (un carril por sentido); sección transversal de la calzada 8.60 m, 2 carriles de 3.30 m., bermas a ambos costados de 1.00m de ancho, y cuneta longitudinal ancho 1.00 m. (figura 41).

Figura 41 Sección típica transversal tramo Sector: Patico - Paletará



Fuente: Elaboración Propia

En las figuras 42 y 43, se pueden observar las condiciones generales del entorno, específicamente lo relacionado con zonas laterales.

Figura 42 Zonas Laterales - Ruta 2002 (PR 34+300 a PR 34+400)



Fuente: Registro propio

Figura 43 Zonas Laterales - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+300)



Fuente: Registro propio

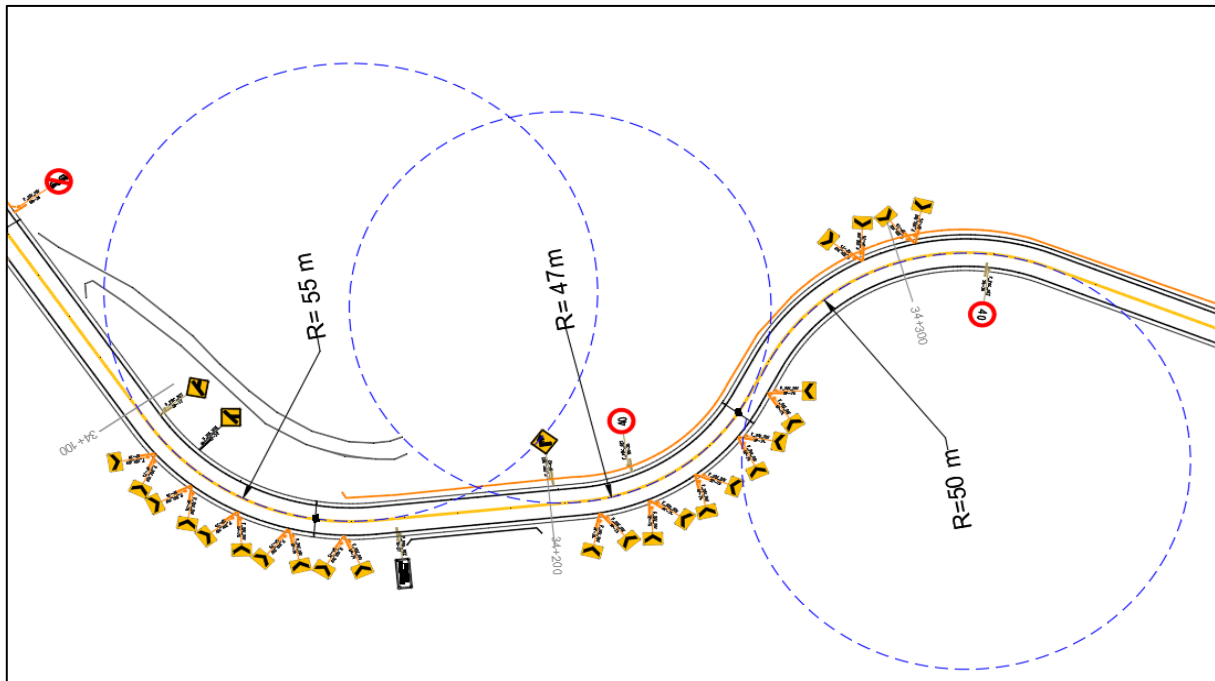
Respecto a las pendientes longitudinales, se evidencia en campo que en sentido Isnos - Popayán, los vehículos circulan a mayor velocidad ya que las condiciones físicas de la vía favorecen esta situación.

Lo anterior debido a que la pendiente longitudinal va de acuerdo a las condiciones topográficas del entorno, teniendo que desde el PR 34+500, viene en descenso con una pendiente del 10% hasta el PR 34+340, el siguiente tramo cambia al 8% hasta el PR 34+180 y continua en descenso con el 5%. En total en una longitud de 300 m. tenemos una diferencia de altura de 19.10 m., lo que nos da una pendiente promedio del 6.4%.

La velocidad de diseño del tramo es 40 Km/h. con bombeo lateral para garantizar una evacuación rápida y eficaz de la precipitación directa sobre la vía por escorrentía hacia las zonas laterales de la calzada.

En este sector la geometría de la vía consta de curvas sucesivas con radios de 50.00 m., 47,00 m. y 55,00 m., como se puede observar en la figura 44.

Figura 44 Planta general del tramo 2: Ruta 2002 - Sector "Patíco – Paletará" (PR 34+040 a PR 34+400)



Fuente: Elaboración Propia

7.3.2.3. Accidentalidad relacionada con sistema de Contención Vial

A continuación (tabla 30), se muestran datos del accidente de mayor siniestralidad del que se tiene conocimiento en el tramo, y que además tiene directa relación con salida de la vía de un vehículo de transporte público con caída por el talud de aproximadamente 20 m. En donde en un solo evento se presentaron 4 muertos y 21 heridos (figura 45).

Tabla 30 Datos de accidentalidad específica con sistemas de contención tipo baranda metálica
Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)

ANO	MES	VICTIMAS		TIPO DE VEHICULO	HIPOTESIS
		HERIDOS	MUERTOS		
2017	Octubre	21	4	BUS	Salida de la vía (Figuras 45, 46 y 47) Aparentemente el conductor de vehículo de servicio público perdió el control en una curva y termino en el abismo.

Fuente: Elaboración Propia

Figura 45 Accidente por salida de la vía - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)



Fuente: Periódico la Última. (2017, 26 de octubre). Cuatro muertos y 21 heridos dejan accidente en la vía Paletará – Coconuco en Puracé. Periódico la Última. <https://periodicolautima.com/2017/10/26/cuatro-muertos-y-20-heridos-deja-accidente-en-la-via-paletara-coconuco-en-purace/>

“El 26 de octubre de 2017. Organismos de socorro informaron que cuatro personas murieron y al menos 21 resultaron heridas en un accidente de tránsito registrado en la vía Paletará – Coconuco, jurisdicción del municipio de Puracé, al oriente del Cauca. Los hechos se registraron en el sector de La Chorrera Calaguala, donde un bus de servicio público de pasajeros afiliado a la empresa Cootransmayo se salió de la vía y rodó varios metros. El gobernador del Resguardo de Coconuco, Isneldo Avirama, explicó que la zona donde se registró el percance tiene varias pendientes, lo que ocasiona frecuentes accidentes de tránsito con saldos lamentables” (Periódico la Última, 2017, p. 1).

Figura 46 Registro vehículos de servicio público - Ruta 2002 (PR 34+200 a PR 34+250)



Fuente: La Boyanos (2017, 26 de octubre). Registro vehículos de servicio público - Ruta 2002 (PR 34+200 a PR 34+250). [Blog]. La Boyanos.com. <https://3.bp.blogspot.com/-HcLtrTmPqs/WfiTn5Zpl3I/AAAAAAAAAJ7k/CiD8-7uZuulz6HoW230YRDrr1oLfBo3UwCLcBGAs/s1600/bus-cootransmayo.jpg>

Figura 47 Registro impacto contra barrera metálica Ruta 2002 (PR 34+200 a PR 34+250)



Fuente: Piendanotas (2017, 26 de octubre). Accidente de bus en Coconuco deja varias víctimas y más de 14 heridos. Piendanotas. www.pienanotas.com. <https://piendanotas.wordpress.com/2017/10/26/accidente-de-bus-en-coconuco-deja-varias-victimas-y-mas-de-14-heridos/>

7.3.2.4. Señalización y otros dispositivos de seguridad vial

Al momento de la visita (figura 48) se evidencia, la demarcación vial en general en estado aceptable y funcional, de forma particular se observa alto desgaste y pérdida de tachas en la línea de borde derecha (sentido Isnos-Popayán).

Adicionalmente a lo largo del tramo prevalece pérdida parcial de dispositivos tipo tachas, las señales verticales se encuentran en buen estado y cumpliendo los parámetros de reflectividad, aunque desactualizadas respecto al manual de señalización vial vigente, en lo que se refiere al color del reflectivo de los DCH.

La defensa metálica, a lo largo del tramo presenta pérdida parcial de elementos reflectantes (captafaros) y un sector de la barrera se encuentra impactado. La defensa metálica se encuentra instalada después de la cuneta lateral, sus postes se encuentran hincados en la zona de terreno natural.

Figura 48 Registro fotográfico señalización existente – Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)



Fuente: Elaboración Propia

7.3.2.5. Registro de Toma de Velocidades

La tabla 31, contiene el registro de velocidades, tomado en sentido Isnos – Popayán, mediante el método de persecución a vehículo en marcha, con el fin de tomar registros durante todo el recorrido, para este caso se hizo con 2 tipos de vehículos: liviano y camión de transporte de alimentos, así:

Tabla 31 Registro de toma de velocidades sentido Isnos – Popayán - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)

Toma	Velocidad (Km/h) Liviano	Velocidad (Km/h) Camión
1	47,60	43,60
2	45,50	36,20
3	37,50	35,40
4	42,40	38,60
5	45,80	49,30
6	51,10	50,30
7	48,40	41,80
8	44,30	41,30
9	45,50	40,80
10	31,90	35,80
11	27,90	34,50
12	37,90	40,60
13	36,70	37,00
Promedio	41,73	40,40

Fuente: Elaboración Propia. Los datos en azul corresponden a los registros de velocidad durante el recorrido en el área de las curvas de menor radio.

Es importante mencionar que, durante el periodo de la visita, se evidencio de manera permanente el tráfico de vehículos de carga, que de forma irregular también transportan personas en la parte posterior del vehículo (carrocería), lo cual es de gran peligro para los pasajeros en caso de accidente.

De la información tomada en campo, podemos evidenciar que, si bien la velocidad de diseño de la vía es de 40 Km/h., y los promedios del tramo están en ese orden. Se debe tener en cuenta que por la pendiente y la geometría del sector es pertinente restringir la velocidad del tramo a 30 Km/h. con el fin de mejorar la seguridad vial.

7.3.2.6. TPD y composición vehicular

Datos históricos de TPD y composición vehicular (tabla 32), tomados de la estación 677, Ruta 2002 sector: Patico – Paletará; longitud del tramo 49,00 Km.

Tabla 32 Datos históricos TPD Estación 677 – Sector “Patico – Paletará”

AÑO	TPD	Composición Vehicular	CATEGORÍAS					
			Cat1		Cat2		Cat3-Cat4-Cat5-Cat6-Cat7	
			AUTOS		BUSES		CAMIONES	
1997	149	43-08-49	64	43%	12	8%	73	49%
1998	342	44-08-48	150	44%	27	8%	165	48%
1999	295	60-08-32	177	60%	24	8%	94	32%
2000	349	55-12-33	192	55%	42	12%	115	33%
2001	273	51-14-35	139	51%	38	14%	96	35%
2002	216	49-10-41	106	49%	22	10%	88	41%
2003	310	51-12-37	158	51%	37	12%	115	37%
2004	296	50-10-40	148	50%	30	10%	118	40%
2005	315	27-19-54	85	27%	60	19%	170	54%
2006	416	49-16-35	204	49%	67	16%	145	35%
2007	774	46-20-34	356	46%	155	20%	263	34%
2008	458	50-18-32	229	50%	82	18%	147	32%
2009	495	53-19-28	262	53%	94	19%	139	28%
2010	744	56-16-28	417	56%	119	16%	208	28%
2011	648	41-15-44	266	41%	97	15%	285	44%
2012	552	47-11-42	259	47%	61	11%	232	42%
2013	613	38-17-45	233	38%	104	17%	276	45%
2014	790	42-18-40	332	42%	142	18%	316	40%
2015	767	54-17-29	414	54%	130	17%	223	29%
2016	767 *	54-17-29	414	54%	130	17%	223	29%
2017	890	59-13-28	525	59%	116	13%	249	28%
2018	890 *	59-13-28	525	59%	116	13%	249	28%
Promedio Últimos 5 años			442	54%	127	15%	252	31%
TPD=TRÁNSITO PROMEDIO DIARIO (CONTEO EN DOS CARRILES Y/O SENTIDOS DE LA CALZADA_ PROMEDIO DE 7 DIAS 24 HORAS) (*) No se encontró información se procede a replicar los valores del periodo anterior								

Fuente: Instituto Nacional de Vías [INVIAS] (2018). Territorial Cauca. Instituto Nacional de Vías, INVIAS.
<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/informacion-institucional/9197-serie-historica-de-transito-tpd-1997-2018>

7.3.2.7. Identificación de riesgos

Se realizó verificación en campo, previa elaboración de lista de chequeo, propuesta exclusivamente para identificación de hallazgos relacionados con sistemas de contención en zonas laterales, lo cual se muestra en la tabla 33.

Tabla 33 Identificación de riesgos - Ruta 2002 Sector “Patico – Paletará” (PR 34+040 a PR 34+400)

ZONAS LATERALES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
¿Los DCH están instalados en forma correcta y son claramente visibles? ¿Los colores usados para los delineadores son correctos?	-	NO	Es necesario reforzar con DHC la curva del PR 34+300. El color de los DCH actualmente instalados no corresponde con el Manual de Señalización Vial (vigente). Debido a que la construcción de esta vía fue a final de año 2014. En términos de reflectividad cumplen con los requerimientos establecidos.
¿Las barreras de contención están instaladas donde son necesarias??	-	NO	La barrera está instalada de acuerdo a los parámetros y peligros identificados en la zona lateral. Se debe complementar el tramo faltante en el sector del PR 34+ 270.
¿Están correctamente instaladas y su longitud es adecuada?	-	NO	La longitud no es la adecuada, es necesario dar continuidad al tramo en el PR 34+270, y prolongar el tramo a la salida de la curva en el PR 34+100. Se evidencia fallas en la instalación en un tramo parcial, donde los postes están embebidos en el bordillo de concreto, lo que al momento de un impacto generaría trabazón y el sistema en este tramo no funcionaría de forma efectiva. Se debe reevaluar la opción de usar un sistema de contención rígido en este sector ya que según se pudo establecer el bordillo se fundió debido a la falta de zona libre adyacente.
¿Las barreras existentes han sido impactadas anteriormente?	SI	-	Se evidencia que ha sido impactada en algunos sectores, el sistema conserva su continuidad.
Las barreras cuentan con elementos que ayuden a aumentar su visibilidad en horario nocturno. (captafaros)?	-	NO	Se presenta pérdida parcial de elementos reflectantes (captafaros)
Las zonas laterales de la vía están libres de obstáculos (permanentes o temporales)	-	NO	En las zonas laterales tenemos: - Cuneta lateral en ambos bordes de la vía. - Acumulación sobre el área de la cuneta, de rocas provenientes de desprendimiento de la montaña colindante.

ZONAS LATERALES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
			- Talud de alta pendiente mayor a 1:3 - Terraplén de caída aproximada de 20m. - Tramo vial sin zona libre disponible. - Falta de iluminación pública. - Algunos postes de los DCH están pegados a la parte posterior de barrera. - Cabezales de concreto que sobresalen a un costado de la vía. - Piedras de gran tamaño que invaden la zona de cuneta lateral. - Señales verticales pegadas al borde de la cuneta (algunas muestran evidencia de golpes).
¿Los obstáculos ubicados al costado de la vía están debidamente señalizados?	-	NO	Los obstáculos en general carecen de la protección y/o señalización requerida para ser visualizados de forma oportuna.
Los soportes de la señalización vertical: - ¿Son colapsables? - ¿Están protegidos por barreras? (por ejemplo, barreras de contención o amortiguadores de impacto)	-	NO	No, los postes no son colapsables. Las señales ubicadas en el sentido Popayán - Isnos no cuentan con barrera de protección, adicionalmente en el otro sentido algunos DHC se encuentran instalados pegados a la barrera metálica.
Se evidencian características en la infraestructura que puedan representar peligro potencial en términos de seguridad vial. (curva cerrada, terraplén con altura excesiva o la cercanía de estructuras u objetos fijos)?	SI	-	- Curvas continuas de radio 50m, 47m y 55m. - Tramo vial sin continuidad de la barrera en curva. - Terraplén de caída mayor a 20m. - Pendientes longitudinales altas entre el 8% al 10%. - No existe zona despejada y los obstáculos están muy cerca al borde de la calzada. - Los objetos fijos están a una mínima distancia con respecto al borde de la cuneta lateral que va a lo largo del tramo. - Zonas de la cuneta invadidas de forma permanente por rocas de gran tamaño.

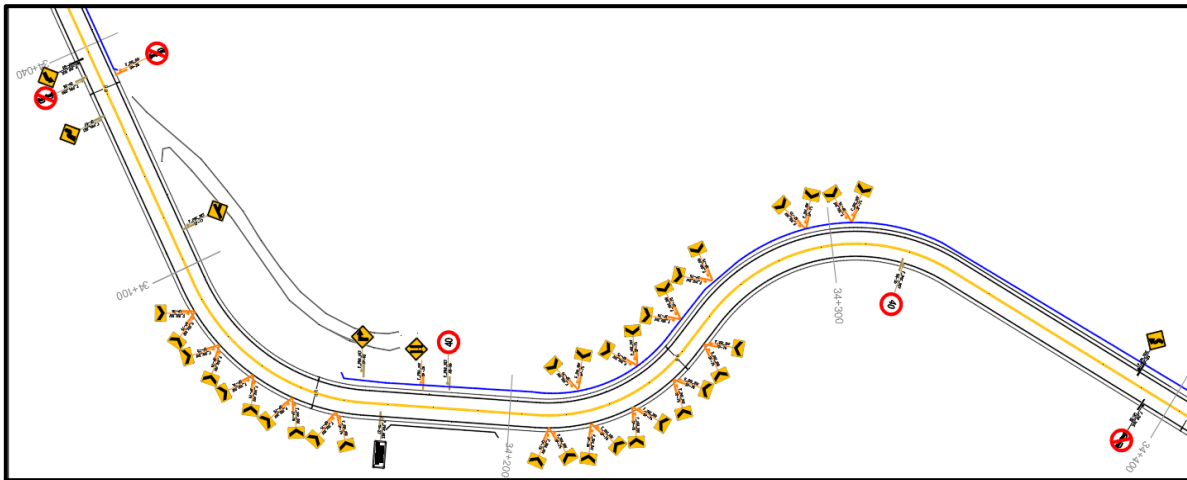
ZONAS LATERALES Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
			- Los vehículos de mayores dimensiones invaden la zona de la cuneta en sentido Isnos – Popayán.
¿Existen obstáculos, con alta probabilidad de ser impactados por los vehículos en caso de salida de vía o pérdida de control?	SI	-	Existen diferentes obstáculos a lo largo del tramo, y estos representan riesgos a los usuarios de la vía, como: - El tramo en donde está el bordillo de concreto, ya que no brinda la protección requerida según el riesgo de caída de gran altura. - Los montículos de roca en zona de la cuneta en sector de curva. - Los cabezales de concreto - Las señales que se encuentran pegadas al borde de la cuneta. - El tramo con terraplén expuesto en donde no hay continuidad del sistema de contención.
Se evidencia la necesidad de cubrir algún obstáculo con una barrera metálica longitudinal para redirigir el vehículo. (pilas de puentes, postes de alumbrado, estructuras vallas, etc.)?	SI	-	Se requiere tramo complementario en la parte final de la curva ubicada en el PR 34+100. Se requiere dar continuidad al tramo de la barrera en el PR 34+270.
Las terminales de las barreras metálicas, están instaladas de forma correcta y segura (no penetrar, ¿enganchar o catapultar el vehículo)?	-	NO	En el inicio del segundo tramo (sentido Isnos - Popayán) se encuentra un terminal tipo “Cola de pez” el cual representa un peligro en caso de choque frontal contra la defensa”
¿En las divergencias del tramo, se evidencia la necesidad de usar amortiguadores de impacto?	-	-	No Aplica

Fuente: Elaboración Propia

La figura 49, muestra de forma esquemática la planta general del tramo, la ubicación de la barrera metálica, señalización y demarcación existentes en campo; así como de los diferentes riesgos identificados.

Para ver de manera detallada estas características debe consultar el **Anexo 3**: Plano de inventario y propuesta esquemática de diseño tramo 2 – Ruta 2002, sector “Patíco - Paletará”.

Figura 49 Planta de señalización y demarcación - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)

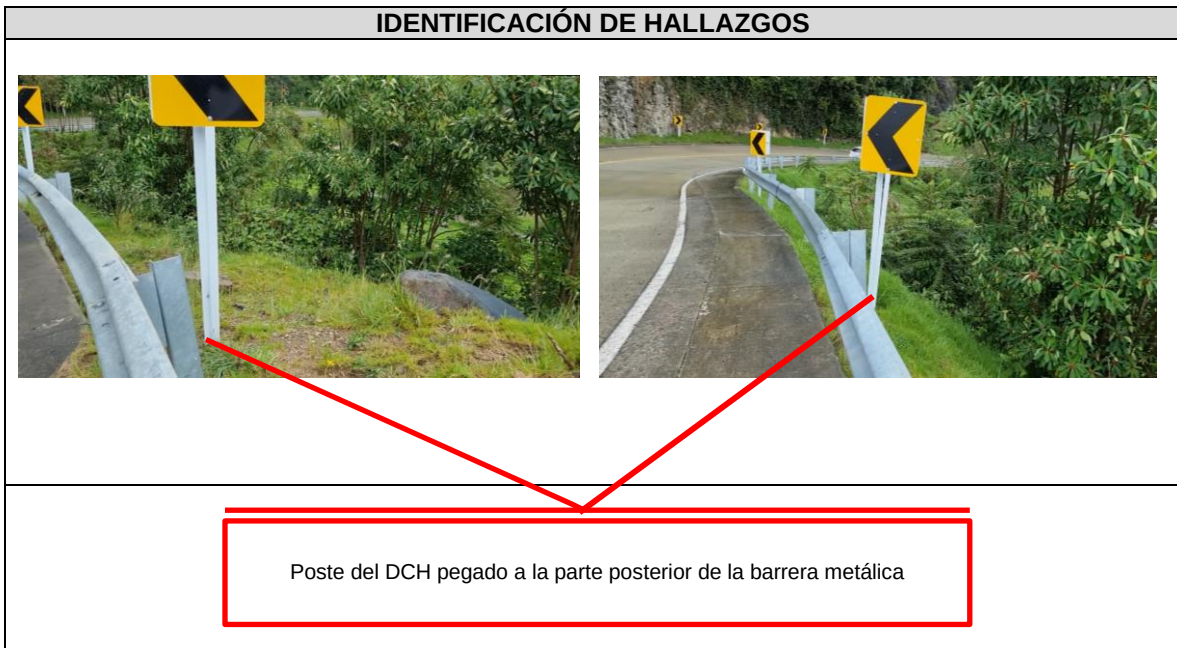


Fuente: Elaboración Propia

7.3.2.8. Registro Fotográfico Riesgos

La localización y descripción de los diferentes hallazgos identificados en el tramo, que representan riesgos a lo largo del tramo vial; los cuales deben ser tratados mediante diferentes medidas a fin de disminuir la gravedad del riesgo, se muestra en la Figura 50.

Figura 50 Registro fotográfico identificación de hallazgos - Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)



IDENTIFICACIÓN DE HALLAZGOS



Instalación de Barrera Metálica, anclada a la parte posterior de bordillo en concreto fundido en sitio.

En esta zona lateral detrás del bordillo no se cuenta con el área mínima de deflexión requerida para el eficaz funcionamiento del sistema en caso de impacto lateral. El riesgo es alto en caso de sobrepasar la barrera ya que la caída es de gran altura.

Se considera necesario reevaluar en términos de seguridad vial la posibilidad de implementar una barrera de contención rígida.



Invasión permanente de la zona de cuneta y berma lateral, por rocas provenientes de desprendimiento de ladera del terraplén.



IDENTIFICACIÓN DE HALLAZGOS



Estructura de cabezal en concreto, sin protección. Elemento de riesgo ubicado en el costado derecho (sentido Popayán - Isnos).



Terminal tipo "Cola de pez o cuchara" ubicada en sentido hacia el tráfico; lo cual representa alto riesgo en caso de impacto frontal.



IDENTIFICACIÓN DE HALLAZGOS



Pérdida de dispositivos tipo tachas reflectivas

Tramo de sistema de contención sin continuidad.

Altura irregular del tramo de barrera de contención.

Bordillo en concreto, con postes de la barrera metálica embebidos, contiguos a zona de precipicio.



Zona lateral con presencia de piedras y señales verticales cerca al borde de la vía.



Zona lateral con cuneta profunda y presencia de señales verticales a poca distancia del borde, se evidencia que en sus tableros ya han sido impactados

Fuente: Elaboración propia

7.3.2.9. Diseño del sistema de Contención

Se realizará la evaluación y diseño del sistema de contención, tomando los parámetros y recomendaciones establecidos en las metodologías referenciadas.

7.3.2.9.1. Nivel de Riesgo

De la verificación de las condiciones en campo, se identificaron las siguientes características:

- Calzada angosta, con berma de 1.00 m. y cunetas laterales.
- Curvas horizontales con radios menores a 250 m.
- Zona de topografía accidentada.
- Tramos con pendientes mayores a 6% en zonas con curvas restrictivas.
- Taludes con pendientes superiores a 1:3 (V:H) en ambos costados de la calzada (en corte y en talud).

El tramo en evaluación se clasifica como:

ZONA DE ALTO RIESGO, en razón a que “las características de la calzada o su entorno permiten prever accidentes de alta severidad” (Ministerio de Obras Públicas, 2016, p. 541).

El tramo de acuerdo a partir del tipo de elemento potencialmente peligroso localizado al lado de la vía, y de las condiciones de operación de la carretera (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012b, p. 54) se clasifica:

- Nivel de riesgo: **RIESGO ALTO**
- Gravedad del accidente: **MUY GRAVE**

7.3.2.9.2. Nivel de Contención

El nivel de contención de la barrera metálica se determina en función del nivel de severidad, así como de las características del tráfico y de la velocidad.

Verificación de aumento del nivel de Contención debido a camiones de más de dos ejes (Ministerio de Obras Públicas, 2016. p.555).

Con base a los datos del TPD y el tipo de calzada se calcula el valor máximo indicado para camiones de más de dos ejes.

Para el TPD= 890 (2018)

Tomamos el valor correspondiente a $TPD \leq 1000$, y usamos la formula indicada para verificación, así:

Para calzada Bidireccional: El valor máximo indicado es de 300 (Veh/día) (Ministerio de Obras Públicas, 2016. p. 555).

Al comparar con el valor de vehículos de más de dos ejes (2018) tenemos **379** (Veh/día).

En este caso al superar el máximo indicado, la barrera a proyectar debe tener un **NIVEL DE CONTENCIÓN MUY ALTO**, por ser en una zona de **RIESGO ALTO**.

Selección del nivel de contención

“La elección del nivel de contención de una barrera de contención vehicular está en función del nivel de severidad, así como de las características del tráfico y de la vía – velocidad de operación (V85) o velocidad específica de diseño, volumen de tránsito y composición del tránsito vehicular (la cantidad de vehículos pesados)” (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012b, p. 53-55).

- Velocidad de operación: **Menor de 60 km/h**
- Nivel de Contención: **ALTA - NCC5** (Corporación Fondo de Prevención Vial, 2012b, p. 57).

7.3.2.9.3. Selección de la Barrera

Una vez determinados la necesidad y el nivel de contención, se procede a escoger el tipo de barrera de contención.

Según la metodología chilena, para nivel de contención “**MUY ALTO**”, la tabla 34, indica el tipo de barrera a utilizar. La barrera debe ser NC H4a o H4b, según las características de los vehículos que circulan en el tramo. Para este caso se toma “**H4a**” en razón a los datos de accidentalidad. Es importante indicar que el sistema se debe adaptar a las demás variables del sitio.

Tabla 34 Clasificación de barreras de contención certificadas normas UNE-EN 1317 y NCHRP 350

NIVEL DE CONTENCIÓN	NC (NCHRP350)	NC (EN-1317)	VELOCIDAD DE IMPACTO [km/h]	ANGULO DE IMPACTO [°]	MASA VEHICULO [kg]	CATEGORIA DE VEHICULO
Liviano		N2	110	20	1.500	AUTOS Y CAMIONETAS
	TL2		70	25	2.000	
	TL3		100	25	2.000	
Medio		H1	70	15	10.000	CAMIONES hasta 10 ton
	TL4		80	15	8.000	
Medio Alto		H2	70	20	13.000	BUSES
Alto		H3	80	20	16.000	CAMIONES RIGIDOS hasta 16 ton
Muy Alto		H4a	65	20	30.000	CAMIONES RIGIDOS hasta 38 ton
	TL5		80	15	36.000	
	TL6		80	15	36.000	
		H4b	65	20	38.000	

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2016). Manual de Carreteras. Seguridad Vial, (Volumen 6). Chile: MOP-DGOP. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas.
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx>

Según los parámetros de la metodología colombiana, en la tabla 35, se indica el tipo de barrera a utilizar para un nivel de contención “**ALTO**”, corresponde a **NCC5** el cual aplica para sistemas con nivel de contención H4a y H4b (UNE-EN 1317) o TL5 y TL6 (NCHRP 350). Con el mismo criterio se define un sistema que cumpla los parámetros **H4a** y que además se adapte a las demás variables del sitio.

Tabla 35 Clasificación de los niveles de contención de las normas UNE-EN 1317, NCHRP 350 y MASH dentro de los NCC (Nivel de Contención Colombiano)

Nivel de contención	NCC	UNE-EN 1317	NCHRP 350	MASH
Bajo	NCC1	N2	TL2	TL2
Medio - bajo	NCC2	H1, L1	TL3, TL4	TL3, TL4
Medio	NCC3	H2, L2		
Medio - alto	NCC4	H3, L3		
Alto	NCC5	H4a, L4a	TL5, TL6	TL5, TL6
Muy alto	NCC6	H4b, L4b		

Fuente: Corporación Fondo de Prevención Vial [GDSCV]. (2012a). Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular. Diseñum Tremens.
<https://es.scribd.com/document/455570850/GUIA-TECNICA-PARA-EL-DISENO-APLICACION-Y-USO-DE-SISTEMAS-DE-CONTENCION-VEHICULAR-Documento-preliminar-pdf>

De acuerdo a los parámetros de la norma europea **UNE-EN- 1317**, se indica en la tabla 36, la identificación de los ensayos que se deben certificar para el sistema definido a utilizar en el tramo; el ensayo TB11 es con un vehículo ligero y el ensayo TB71, es con un vehículo pesado no articulado, tal como se lo indica la tabla 24. Es importante tener en cuenta que es requisito que el sistema sea ensayado con el vehículo ligero, es decir para su aval por nivel de contención debe tener ensayos de aceptación TB11 y TB71.

Tabla 36 Niveles de Impacto Norma UNE-EN- 1317

Niveles de contención				Ensayos de aceptación
Baja contención	T1			TB 21
	T2			TB 22
		T3		TB 41 y TB 21
Contención normal	N1			TB 31
	N2			TB 32 y TB 11
Alta contención		H1		TB 42 y TB 11
			L1	TB 42 y TB 32 y TB 11
		H2		TB 51 y TB 11
			L2	TB 51 y TB 32 y TB 11
		H3		TB 61 y TB 11
			L3	TB 61 y TB 32 y TB 11
Muy alta contención		H4a		TB 71 y TB 11
		H4b		TB 81 y TB 11
			L4a	TB 71 y TB 32 y TB 11
			L4b	TB 81 y TB 32 y TB 11

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (2017, diciembre). Manual de seguridad vial R.D. N° 05-2017-MTC/14. Perú Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

Para definir los tipos de ensayos que debe cumplir el sistema seleccionado de acuerdo a las características del tipo de vehículos que transitan en el tramo, para la norma UNE-EN-1317, en la tabla 37, se indican los parámetros relacionados (tipo y masa del vehículo, velocidad y ángulo de impacto).

Tabla 37 Ensayos de impacto de vehículos Norma UNE-EN- 1317

Ensayo	Velocidad de impacto km/h	Ángulo de impacto (°)	Masa total kg	Tipo de vehículo
TB 11	100	20	900	Turismo - (Ligero)
TB 21	80	8	1300	Turismo - (Ligero)
TB 22	80	15	1300	Turismo - (Ligero)
TB 31	80	20	1500	Turismo - (Ligero)
TB 32	110	20	1500	Turismo - (Ligero)
TB 41	70	8	10,000	Vehículo pesado no articulado
TB 42	70	15	10,000	Vehículo pesado no articulado
TB 51	70	20	13,000	Autobús - (Buses)
TB 61	80	20	16,000	Vehículo pesado no articulado
TB 71	65	20	30,000	Vehículo pesado no articulado
TB 81	65	20	38,000	Vehículo pesado articulado

Turismo – (Ligero) = Auto / Vehículo pesado no articulado = Camión Rígido / Autobús – (Buses) = Bus / Vehículo pesado articulado = Camión Articulado

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (2017, diciembre). Manual de seguridad vial R.D. N° 05-2017-MTC/14. Perú Dirección General de Caminos y Ferrocarriles
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

7.3.2.9.4. Capacidad de deflexión y ancho de trabajo

Con base a la evaluación de las características del entorno, con el fin de establecer el espacio disponible en terreno, se toma a partir del borde de la calzada. Con base a este análisis se realizará la selección de la barrera que, cumpliendo el nivel de contención requerido, cuente con el ancho de trabajo compatible con el espacio disponible en terreno.

Para este caso particular en donde las solicitaciones de impacto están en condiciones límite (alta velocidad, ángulo de impacto elevado, ancho de trabajo reducido en terreno), se recomienda usar barreras certificadas.

Para el caso de barreras certificadas el ancho de trabajo y el nivel de contención son los parámetros que debe garantizar el fabricante del sistema. Estos parámetros deberán estar respaldados por los resultados de las pruebas de impacto.

Sin embargo, es necesario indicar que, debido a los múltiples elementos de riesgo y la cercanía de los obstáculos al borde de la calzada, se debe tener en cuenta que el sistema cumpla con un nivel de anchura (tabla 38), **W1** ($W_N \leq 0,6$ m).

Tabla 38 Niveles de anchura de trabajo normalizada Norma UNE-EN- 1317

Clases de ancho de trabajo	Ancho de trabajo normalizado
W1	$W_N \leq 0,6$
W2	$W_N \leq 0,8$

Clases de ancho de trabajo	Ancho de trabajo normalizado
W3	$WN \leq 1,0$
W4	$WN \leq 1,3$
W5	$WN \leq 1,7$
W6	$WN \leq 2,1$
W7	$WN \leq 2,5$
W8	$WN \leq 3,5$

Fuente: Ministerio de Obras Públicas (2016). Manual de Carreteras. Seguridad Vial, (Volumen 6). Chile: MOP-DGOP. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas.
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx>

7.3.2.9.5. Selección del nivel de severidad

Pueden existir en el mercado diversos sistemas que cumplan los requisitos y se ajusten a las condiciones de la vía, por lo que estas alternativas también deberán analizar el sistema constructivo en cada caso, la severidad del impacto o daño esperado a los ocupantes (tabla 39), optando finalmente por aquel sistema que presente menor severidad (**Clase A o Clase B**); y finalmente los costos asociados a su instalación y mantenimiento.

Tabla 39 Valores permisibles de ASI, THIV y PHD

Nivel de severidad	Índice de Severidad	Valor de los índices
A	$ASI \leq 1,0$	$THIV \leq 33 \text{ Km/h}$ $PHD \leq 20g$
B	$1,0 \leq ASI \leq 1,4$	
C	$1,4 \leq ASI \leq 1,9$	

Fuente: Elaboración propia a partir de UNE-EN 1317, NCHRP REPORT 350 y MASH

Una vez hecho el análisis completo se debe proceder a generar las especificaciones técnicas especiales para las barreras, terminales y transiciones (si aplica) de la tipología adoptada para el proyecto.

7.3.2.9.6. Terminales

Para asegurar el correcto y seguro funcionamiento de la barrera, se deben diseñar las dos secciones extremas, al inicio y al final de cada tramo de barrera.

Terminal inicial: Para este caso la sección extrema inicial debe ser atenuadora, ya que no se cuenta con las condiciones requeridas para una terminal empotrada en talud y el terminal tipo cola de pez no es viable ya que no existen las condiciones físicas para que la distancia mínima entre el borde de la calzada y el tramo esviado sea mínimo de 9,00 m.

Terminal final: Para este caso la sección extrema final (aguas abajo), por ser el extremo de la barrera donde no existe posibilidad de que un vehículo se impacte de frente, pueden ser de tipo cola de pez o abatida (enterrada).

7.3.2.9.7. Consideraciones especiales

- Es necesario reevaluar el tramo de barrera metálica, empotrado a bordillo fundido en sitio, con el fin de establecer la necesidad de cambiar a un sistema de contención rígido; ya que en este momento el sistema instalado no ofrece seguridad en caso de impacto lateral.
- En el caso del tramo interrumpido de la barrera, al ser un espacio menor a 50M de separación y no corresponder a ningún acceso a predio o carreteable se recomienda proceder a unir los tramos de barrera.

7.3.2.9.8. Recomendaciones particulares

Con base a los hallazgos identificados y consignados en la lista de chequeo, diligenciada en la visita de campo, se recomienda:

A corto plazo:

- Reponer los elementos reflectantes (captafaros) a lo largo de las vigas de la barrera.
- Mantenimiento a la demarcación vial y reposición de las tachas a lo largo del tramo
- Implementar medidas de reducción de velocidad para que el tramo opere a 30 Km/h. en concordancia con las condiciones específicas del tramo en cuanto a infraestructura, geometría y condiciones climáticas en época invernal.
- Realizar la reubicación de los DCH que están pegados a la parte posterior del sistema y ubicarlos mínimo a 0.60 m de separación de la misma.
- Despejar de piedras las zonas laterales de la vía.
- Señalizar los puntos duros de cabezales de alcantarillas, mediante la instalación de elementos reflectantes (pueden ser captafaros o hitos) en sus aristas para que puedan ser identificados en la oscuridad.
- En el PR 34+300 eliminar el terminal tipo “cola de pez o cuchara”, unir los tramos parciales del sistema y complementar con los DHC requeridos a lo largo de la curva.

A largo plazo:

- Diseñar e implementar las medidas de seguridad vial para reducción de la velocidad en los tramos previos al ingreso a las curvas con el fin de reglamentar el tráfico a 30 Km/h, para disminuir los riesgos de choque o salida de la vía.
- En el PR 34+100, previa valoración de riesgos, complementar el tramo final del sistema en el PR 34+100.
- En el PR 34+350 eliminar el bordillo de concreto y evaluar la pertinencia de instalación de un sistema de contención Rígido, en razón al riesgo de caída al precipicio y la ausencia de zona libre lateral.

- Evaluar técnicamente el tratamiento del talud lateral que presenta desprendimiento continuo de rocas, a fin de disminuir el riesgo de caída de estos elementos sobre la vía o sobre los vehículos que transitan por el sector.

7.3.2.9.9. Costos asociados a la implementación de medidas propuestas a corto y largo plazo

A continuación, se presenta a nivel general el costo aproximado de las obras y/o actividades sugeridas para disminuir riesgos a corto y largo plazo según su complejidad y la urgencia de intervención.

La tabla 40, muestra el desglose de actividades, cantidades aproximadas, valor unitario y total a costo directo aproximado calculados para la implementación de medidas a corto plazo, relacionadas con disminución de los riesgos identificados.

Tabla 40 Presupuesto aproximado de implementación de medidas a corto plazo tramo 2: Sector "Patíco-Paletará" Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)

Ítem	Descripción	Un.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total
1	Suministro y aplicación de pintura acrílica base solvente 12 cm para líneas de demarcación.	ml	900,00	\$ 2.200,00	\$ 1.980.000,00
2	Suministro e instalación tachas reflectivas con espigo.	Un	600,00	\$ 14.500,00	\$ 8.700.000,00
3	Reubicación señales verticales.	Un	6,00	\$ 63.265,00	\$ 379.590,00
4	Fabricación suministro e instalación delineador de curva horizontal de 40 x 50 cm. Reflectivo tipo XI, amarillo limón	Un	2,00	\$ 325.000,00	\$ 650.000,00
5	Suministro en Instalación Captafaros.	Un	15,00	\$ 22.000,00	\$ 330.000,00
6	Suministro en Instalación de delineadores tubulares (hito).	Un	2,00	\$ 65.000,00	\$ 130.000,00
7	Desmonte de terminales.	Un	1,00	\$ 105.588,00	\$ 105.588,00
8	Suministro e instalación defensas metálicas Nivel de Contención 3.	ml	20,00	\$ 390.707,00	\$ 7.814.140,00
9	Retiro de escombros.	m3	2,00	\$ 200.000,00	\$ 400.000,00
Sub Total (Costo Directo)					\$ 20.489.318,00

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los resultados obtenidos mediante el diseño y análisis del entorno, la tabla 41 indica el valor total del presupuesto aproximado, a costo directo de las actividades necesarias para corregir de forma definitiva todos aquellos hallazgos relacionados con la seguridad vial.

Tabla 41 Presupuesto aproximado de implementación de medias a largo plazo tramo 2: Sector "Patíco-Paletará" Ruta 2002 (PR 34+040 a PR 34+400)

Ítem	Descripción	Un.	Cant.	Vr. Unitario	Vr. Total
1	Demolición sardinel existente.	ml	30,00	\$ 21.995,00	\$ 659.850,00
2	Demolición tramos de barrera metálica en mal estado, incluye parales, terminales y cimentación.	ml	30,00	\$ 79.191,00	\$ 2.375.730,00
3	Barreras de contención vehicular central - New Jersey mono direccional. 1.5m x 0.6m x 1.1 m (Prefabricado, incluye suministro e instalación, conformación y nivelación del terreno, no incluye material de base)	Un	20,00	447.552,00	\$ 8.951.040,00
4	Suministro y aplicación imprimante acrílico negro	m2	72,00	17.000,00	\$ 1.224.000,00
5	Suministro y aplicación pintura acrílica base solvente	m2	72,00	22.500,00	\$ 1.620.000,00
6	Suministro en Instalación Captafaros.	Un	15,00	\$ 22.000,00	\$ 330.000,00
7	Suministro e instalación defensas metálicas Nivel de Contención 3.	ml	55,00	\$ 390.707,00	\$ 21.488.885,00
8	Terminal de barrera (Atenuador de impacto)	Un	1,00	\$ 21.083.790,00	\$ 21.083.790,00
9	Retiro de escombros.	m3	2,00	\$ 200.000,00	\$ 400.000,00
Sub Total (Costo Directo)					\$ 58.133.295,00

Fuente: Elaboración Propia

Por requerirse la elaboración de un diseño a detalle, dentro del presupuesto no están incluidos los costos asociados a:

- Diseñar e implementar las medidas de seguridad vial para reducción de la velocidad en los tramos previos al ingreso a las curvas con el fin de reglamentar el tráfico a 30 Km/h, para disminuir los riesgos de choque o salida de la vía, en concordancia con las condiciones específicas del tramo en cuanto a infraestructura, geometría y condiciones climáticas en época invernal.
- Evaluar técnicamente el tratamiento del talud lateral que presenta desprendimiento continuo de rocas, a fin de disminuir el riesgo de caída de estos elementos sobre la vía o sobre los vehículos que transitan por el sector.

7.3.2.9.10. Principales ajustes propuestos en el tramo 2

El Anexo 3, muestra la planta general del tramo, en donde se puede presentar de forma esquemática el estado de medidas implementadas y la localización de los hallazgos y riesgos relacionados con la seguridad vial. Adicional contiene de manera esquemática las mejoras propuestas.

A continuación, esquemáticamente se muestra la situación ideal en algunos casos especiales.

- Cambiar el tramo de bordillo con barrera metálica embebida por un sistema de contención rígido. (figura 51).

Figura 51 Instalación sistema de contención rígido “Sector abismo”



Fuente: Elaboración Propia

- Dar continuidad al tramo de barrera metálica existente. (figura 52) y señalar los obstáculos a borde de calzada (figura 53).

Figura 52 Continuidad barrera metálica



Fuente: Elaboración Propia

Figura 53 Señalización de obstáculo lateral



Fuente: Elaboración Propia

- Cambio de terminal en el extremo inicial del tramo (figura 54) sentido Isnos – Popayán, instalación “atenuador de impacto”.

Figura 54 Cambio de terminal tipo “cola de pez” por terminal absorbente al inicio del tramo



Fuente: Elaboración Propia

7.4. Comparativo de resultados entre las metodologías de diseño utilizadas

Se realizaron los diseños para dos tramos que en común presentan accidentalidad relacionada con salida de la vía y caída a precipicio, siniestros asociados con vehículos de transporte de pasajeros.

En ambos casos la salida de la vía se da en el sentido en que la pendiente contribuye a ganancia de velocidad por parte del vehículo, aunado a maniobras forzadas debido a las curvas cerradas y la existencia de múltiples riesgos laterales, adicionalmente se pueden presentar condiciones climáticas adversas, imprudencia por errores humanos, cansancio, distracción o impericia por parte del conductor.

A continuación, en las tablas 42 y 43, se presentan los resultados obtenidos mediante el uso de las metodologías seleccionadas; concluyendo que a hoy y desde 2012, Colombia cuenta con las herramientas necesarias para realizar el diseño de sistemas de contención y selección de sistemas certificados cuando sea necesario. Antes de requerir actualizar la guía existente es necesario que se normalice por parte del estado el uso y cumplimiento de las herramientas y normas existentes.

Tabla 42 Ruta 2503 sector “Piedra Sentada” (PR 54+400 a PR 54+750)

Parámetro de Diseño	Resultado Manual de Carreteras Chile 2016	Resultado GDSCV Colombia 2012
TPD	Entre 3000 – 7000	
Velocidad de operación	Menor a 60 Km/h	

Parámetro de Diseño	Resultado Manual de Carreteras Chile 2016	Resultado GDSCV Colombia 2012
Vehículos de más de dos ejes	1716 Veh/día	
Características	- Curvas horizontales con radios menores a 250 m. - Zona de topografía accidentada - Tramo con pendientes mayores a 6% en zonas con curvas restrictivas - Taludes con pendientes superiores a 1:3 (V:H) en ambos costados de la calzada (en corte y en talud).	
Nivel de Riesgo	ZONA DE ALTO RIESGO Accidentes de alta severidad	Nivel de riesgo: RIESGO ALTO Gravedad del accidente: MUY GRAVE
Nivel de Contención	NIVEL DE CONTENCIÓN MUY ALTO	Nivel de Contención: ALTO - NCC5
Selección de la Barrera	UNE-EN 1317: H4a	UNE-EN 1317: H4a NCHRP 350 / MASH: TL5, TL6
Capacidad de deflexión y ancho de trabajo	W1 ($WN \leq 0,6$ m)	
Selección del nivel de severidad (ASI)	Clase A: $ASI \leq 1,0$ Clase B: $1,0 \leq ASI \leq 1,4$	
Altura de la barrera	"En caso de barreras certificadas, la altura de instalación será definida por el fabricante, de acuerdo con los requerimientos solicitados y las condiciones del terreno" (Ministerio de Obras Públicas, 2016. p. 569).	
Terminales	Extremo inicial: Terminal atenuador Extremo final (aguas abajo): Se puede dejar la terminal existente tipo "cola de pez" o se puede cambiar a terminal abatida (enterrada).	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 43 Ruta 2002 sector "Patico-Paletará" (PR 34+040 a PR 34+400)

Parámetro de Diseño	Resultado Manual de Carreteras Chile 2016	Resultado GDSCV Colombia 2012
TPD	≤ 1000	
Velocidad de operación	Menor a 60 Km/h	
Vehículos de más de dos ejes	379 Veh/día	
Características	- Curvas horizontales con radios menores a 250 m. - Zona de topografía accidentada - Tramo con pendientes mayores a 6% en zonas con curvas restrictivas - Taludes con pendientes superiores a 1:3 (V:H) en ambos costados de la calzada (en corte y en talud).	
Nivel de Riesgo	ZONA DE ALTO RIESGO Accidentes de alta severidad	Nivel de riesgo: RIESGO ALTO Gravedad del accidente: MUY GRAVE
Nivel de Contención	NIVEL DE CONTENCIÓN MUY ALTO	Nivel de Contención: ALTO - NCC5
Selección de la Barrera	UNE-EN 1317: H4a	UNE-EN 1317: H4a NCHRP 350 / MASH: TL5, TL6

Parámetro de Diseño	Resultado Manual de Carreteras Chile 2016	Resultado GDSCV Colombia 2012
Capacidad de deflexión y ancho de trabajo	W1 ($WN \leq 0,6$ m)	
Selección del nivel de severidad (ASI)	Clase A: $ASI \leq 1,0$ Clase B: $1,0 \leq ASI \leq 1,4$	
Altura de la barrera	"En caso de barreras certificadas, la altura de instalación será definida por el fabricante, de acuerdo con los requerimientos solicitados y las condiciones del terreno" (Ministerio de Obras Públicas, 2016. p. 569).	
Terminales	Extremo inicial: Terminal atenuador Extremo final (aguas abajo): Se puede dejar la terminal existente tipo "cola de pez" o se puede cambiar a terminal abatida (enterrada).	

Fuente: Elaboración Propia

Es de vital importancia analizar el entorno y la infraestructura existente desde el punto de vista de seguridad vial, ya que no es el sistema de contención solo el que debe llevar la responsabilidad de evitar consecuencias fatales, este a su vez debe ir acompañado de otras medidas adicionales que aporten mayor seguridad a los usuarios de la vía.

8. Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo a los resultados obtenidos en el desarrollo del presente trabajo se concluye que:

- Colombia es un país que presenta diversas condiciones topográficas, lo cual ha generado que la infraestructura vial no tenga características homogéneas, por tal razón es necesario realizar diseños específicos en cada sitio, en donde se identifiquen situaciones que ponen en riesgo la seguridad de los individuos que transitan por las vías.
- Se requiere la inclusión de especificaciones técnicas de elementos colapsables, que se puedan implementar en las zonas laterales, para disminuir los riesgos al borde de la vía y proveer infraestructuras viales perdonadoras.
- A nivel nacional el porcentaje de accidentes por choque con objeto fijo con víctimas fatales es del orden del 7.47%; particularmente en el año 2019 según la matriz de colisión de la ANSV, en términos de cifras de víctimas se presentaron 457 fallecidos y 236 lesionados.
- Los accidentes que se presentan con barreras metálicas, dejan en evidencia que los sistemas de contención no cumplen con la función de retener y/o redireccionar los vehículos que por diferentes circunstancias salen de la vía, es decir no son estructuras perdonadoras al contrario se han convertido en un riesgo mayor.
- Se están instalando barreras metálicas de bajo nivel de contención, en sitios que por sus características requieren mayores especificaciones.
- Se siguen utilizando los terminales tipo “cola de pez o cuchara”, que tanto a nivel nacional como internacional se ha evidenciado que, ante un choque frontal, este terminal penetra el habitáculo del vehículo, ocasionando consecuencias fatales en la mayoría de los casos. Es necesario restringir y/o establecer los parámetros de uso para evitar que se sigan presentando este tipo de accidentes.
- La metodología de diseño de sistemas de contención vial, contenida en la “Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular”, elaborada por la Corporación Fondo de Prevención Vial, no es de uso frecuente como una herramienta para el diseño de sistemas de contención y adicionalmente carece de fuerza normativa.
- A nivel personal y profesional el aporte de conocimientos obtenidos durante el desarrollo del presente documento, fue enriquecedor y permitirá que en adelante se pongan en práctica dichos conocimientos para el diseño de sistemas que contribuyan a disminuir la gravedad de los accidentes relacionados con estos elementos.

- El estado colombiano a corto plazo debe establecer bases normativas que brinden a los usuarios de la red vial nacional, sistemas de contención que respondan a las necesidades específicas, para mejorar las condiciones de seguridad vial.
- Se recomienda a los entes reguladores garantizar, que los diseñadores cuenten con los conocimientos y experiencia necesarios para evaluar correctamente el desempeño de los diferentes sistemas de contención; con el fin de garantizar que los sistemas instalados se ajusten a la necesidad específica en cada caso.
- Se recomienda a las administraciones viales, implementar el sistema de gestión de la seguridad vial, a través de la realización periódica de Auditorías e Inspecciones de seguridad vial, que permitan la identificación y valoración de riesgos, así como la priorización de acciones requeridas para disminuir el nivel de peligro al que están expuestos los usuarios de las vías.
- Se sugiere que toda acción de mejora sea viabilizada económicamente ya que, si bien se identifica un riesgo latente en el tiempo, las consecuencias por no atenderlo se pueden traducir a un costo mayor en términos de vidas humanas o daños materiales con respecto a la inversión requerida.
- Basándose en los resultados del análisis realizado, se recomienda eliminar de todas las vías los terminales tipo “cola de pez o cuchara” en tramos aguas arriba y/o en sectores donde se evidencie que presentan alto riesgo de choque frontal; si bien esto requiere de una alta inversión económica, se debe balancear a largo plazo con el número de vidas que se están salvando. Además, dicha inversión no necesariamente requerirá de instalación de elementos de alto costo cuando existen otras opciones técnica y económicamente favorables.

9. Recomendaciones para futuras investigaciones

Dado el tema y su importancia a nivel de seguridad vial, para futuras investigaciones se recomienda:

- ✓ Proponer un análisis comparativo de los procedimientos de diseño de otros sistemas de contención vial (rígido: hormigón y/o flexible: cables de acero); analizados desde el punto de características de las zonas laterales, normatividad y costos.
- ✓ Se ha observado que, en zonas de ingreso a peajes, se está realizando la instalación de amortiguadores de impacto; sería viable analizar desde el punto de evaluación de riesgos y costos de instalación y mantenimiento; la pertinencia de uso de estos elementos vs. otras medidas de canalización y reducción de velocidad que podrían implementarse.
- ✓ Indagar, en alguna de las ciudades de Colombia, en donde se hayan implementado amortiguadores de impacto, sobre el seguimiento a la efectividad de estos y sobre los programas mantenimiento y reposición de dichos elementos; teniendo como parámetro “que cualquier choque con uno de estos sistemas no habilitado puede tener consecuencias muy severas”, convirtiéndolo nuevamente en un riesgo mayor.
- ✓ Analizar a nivel normativo y de costos, la posibilidad de fabricación de estructuras de postes colapsables para señales de tránsito, a partir de productos PET (Plástico reciclado), ya que dichos elementos disminuyen los niveles de riesgo a los usuarios en caso de choque.

10. Bibliografía

- Agencia Nacional de Seguridad Vial. [ANSV] (2019). *Boletín Estadístico Colombia. Fallecidos y Lesionados, Serie Nacional ene-dic 2017-2018*. Agencia Nacional de Seguridad Vial ANSV.
https://ansv.gov.co/sites/default/files/Documentos/Observatorio/Publicaciones/Boletines/Ano-2018/Ano-2018-Nacionales/12-Diciembre/boletin_mensual_nacional_diciembre.pdf
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. [ANSV] (2020). *Boletín Estadístico Colombia. Fallecidos y Lesionados, Serie Nacional ene-dic 2018 - 2019*. Agencia Nacional de Seguridad Vial. ANSV.
https://ansv.gov.co/sites/default/files/Documentos/Observatorio/Publicaciones/Boletines/Ano-2019/Ano-2019-Nacionales/12-Diciembre/boletin_mensual_nacional_diciembre2019.pdf
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. [ANSV] (2021a). *Análisis de Impacto Normativo, Evaluación del desempeño de sistemas de contención vehicular. Dirección de Infraestructura y Vehículos*. Agencia Nacional de Seguridad Vial, ANSV.
https://ansv.gov.co/sites/default/files/Documentos/Atencion_ciudadano/210125_AIN_Sistemas%20contencio%CC%81n.%20Problema_0.pdf
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. [ANSV] (2021b). *Boletín Estadístico Colombia. Fallecidos y Lesionados, Serie Nacional ene-dic 2019-2020*. Agencia Nacional de Seguridad Vial. ANSV. https://ansv.gov.co/sites/default/files/2021-03/boletin_mensual_nacional_diciembre%20%282%29.pdf
- Agencia Nacional de Seguridad Vial. [ANSV] (2021c). *La ANSV invita a los ciudadanos, entidades territoriales, academia, empresas, ONG, colectivos y grupos de interés a participar en el proceso de formulación del PNSV 2022 – 2031*. Agencia Nacional de Seguridad Vial, ANSV. <https://ansv.gov.co/es/prensa-comunicados/5290>
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2016, 2 de marzo). *Amortiguadores de Impacto salvan vidas en accidentes de tránsito*. Alcaldía de Santiago de Cali.
https://www.cali.gov.co/movilidad/publicaciones/113517/amortiguadores_de_impacto_salvan_vidas_en_accidentes_de_transito/
- American Association of State Highway and Transportation Officials. [AASHTO] (2011). *Roadside Design Guide*. (4th Edition). American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO.
<https://es.scribd.com/document/387124543/AASHTO-Roadside-Design-Guide-4th-ed-2011-pdf>

- American Association of State Highway and Transportation Officials. [AASHTO] (2016). *Manual for Assessing Safety Hardware - MASH*. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO.
<https://store.transportation.org/Common/DownloadContentFiles?id=1539>
- Anghileri, M. (2012, 17 de julio). *MASH - Current Status of UNE-EN 1317 and U.S. Europe Test Result Mutual Recognition*. (Circular E-C172). Transportation Research.
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec172.pdf>
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2020). *Declaración de Estocolmo*. Asamblea General de las Naciones Unidas.
<https://es.calameo.com/read/00234788648fd6d9cd7e1>
- Chinchane, A. & Sumant O. (2020). *Barrier Systems Market. Global Opportunity and Industry Forecast 2020 - 2027*. Allied Market Research.
<https://www.alliedmarketresearch.com/barrier-systems-market>
- Corporación Fondo de Prevención Vial (2012a). *Guía técnica para el diseño, aplicación y uso de sistemas de contención vehicular. Diseñum Tremens*. (GDSCV). Corporación Fondo de Prevención Vial.
<https://es.scribd.com/document/455570850/GUIA-TECNICA-PARA-EL-DISENO-APLICACION-Y-USO-DE-SISTEMAS-DE-CONTENCION-VEHICULAR-Documento-preliminar-pdf>
- Corporación Fondo de Prevención Vial. (2012b). *Guía técnica para el diseño de las zonas laterales, para vías más seguras*. GDZL. Hof Consultores S.A.S. Corporación Fondo de Prevención Vial. <https://es.scribd.com/document/225635626/Gui-Azonas-Laterales>
- Departamento Nacional de Planeación. [DNP] (2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad*. Departamento Nacional de Planeación. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Ley1955-PlanNacionaldeDesarrollo-pacto-por-colombia-pacto-por-la-equidad.pdf>
- Diario Extra Boyacá. (2018, 29 de noviembre). *Sigue trancón por el accidente en la Autopista Norte sobre calle 116* [Fotos+Video]. Diario Extra Boyacá.
<https://boyaca.extra.com.co/noticias/bogota/sigue-trancon-por-el-accidente-en-la-autopista-norte-sobre-c-484386>
- Dreznes, M. (2012a, 17 de julio). *END Turned-Down END's*. (Circular E-C172). *En: Roadside Safety Design and Devices International Workshop*. (pp. 75-81). Transportation Research Circular.
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec172.pdf>

- Dreznes, M. (2012b, 17 de julio). *MASH Compared to NCHRP 350. (Circular E-C172)*. En: *Roadside Safety Design and Devices International Workshop*. (pp. 7-10). Transportation Research Circular.
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec172.pdf>
- El Informador. (2016, 31 de diciembre). *Vehículo chocó violentamente contra baranda de un puente*. El Informador. <http://www.elinformador.com.co/index.php/judiciales/71-judiciales-local/141345-vehiculo-choco-violentamente-contra-baranda-de-un-puente>
- El País. (2014, 12 de febrero). *Instalan amortiguadores de impacto para contener choques en vías de Cali*. El País. <https://www.elpais.com.co/cali/instalan-amortiguadores-de-impacto-para-contener-choques-en-vias-de.html>
- El País. (2016, 30 de diciembre). *Seis muertos dejan accidente de bus que cubría la Ruta Pasto - Cali*. El País. <https://www.elpais.com.co/colombia/seis-muertos-deja-accidente-de-bus-que-cubria-la-ruta-pasto-cali.html>
- El Tiempo. (2021, 10 de abril). *Desvíos por grave accidente en la calle 26*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/bogota/accidente-de-transito-en-la-calle-26-en-bogota-desvios-por-choque-grave-579955#Echobox=1618063061>
- Federal Highway Administration [FHWA]. (1993). *Report 350 NCHRP. Recommended Procedures for the Safety Performance Evaluation of Highway Features*. Federal Highway Administration FHWA.
http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_350-b.pdf
- Google Maps. (2021, 31 de mayo). *Ubicación geográfica del sector Piedra Sentada*. Google Maps.
<https://www.google.com/maps/place/Piedra+Sentada,+La+Sierra,+Cauca/@2.1681771,-76.8701362,16z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e2fc22979eb4279:0x957e0a9823f5d63a!8m2!3d2.16671!4d-76.86664>
- Hubbell, J. (2012,17 de julio). *MASH - Can UNE-EN 1317 and NCHRP 350–MASH Be Used Interchangeably?* (T. & Associates, Ed.) (Circular E-C172). En: *Roadside Safety Design and Devices International Workshop*. (pp. 11-21).
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/circulars/ec172.pdf>
- Ingeniatte. (2018, 13 de julio). *Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos en carreteras de características reducidas*. Ingeniatte Asociación Española de la Carretera. <https://ingeniatte.es/ingenieria/recomendaciones-sobre-sistemas-de-contencion-de-vehiculos-en-carreteras-de-caracteristicas-reducidas/>

- Instituto Nacional de Vías [INVIAS] (2018). *Territorial Cauca*. Instituto Nacional de Vías, INVIAS. <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/informacion-institucional/9197-serie-historica-de-transito-tpd-1997-2018>
- International Road Assessment Programme [IRAP] (2020). *Manual de codificación del iRAP. Edición para la conducción sobre la derecha*. (versión 5.1.) International Road Assessment Programme, IRAP, Foundation. www.irap.org
- Kenneth S. O. & Richard M. M. (1998). *Strategies for improving roadside safety*. Transportation Conference Proceedings. file:///C:/Users/bibliotecaprincipal/Downloads/dot_40396_DS1.pdf
- La Patria. (2018, 24 de septiembre). *La baranda atravesó el carro y mató a una mujer en la vía Honda-La Dorada*. La Patria. <https://www.lapatria.com/sucesos/la-baranda-atraveso-el-carro-y-mato-una-mujer-en-la-honda-la-dorada-423699>
- La Boyanos (2021, 31 de mayo). *Registro vehículos de servicio público - Ruta 2002 (PR 34+200 a PR 34+250)*. [Blog]. La Boyanos.com. <https://3.bp.blogspot.com/-HcLtjrTmPqs/WfITn5Zpl3I/AAAAAAAAAJ7k/CiD8-7uZuulz6HoW230YRDrr1oLfBo3UwCLcBGAs/s1600/bus-cootransmayo.jpg>
- La Vanguardia. (2018, 28 de mayo). *Tres heridos dejó accidente de autobús que se dirigía a Bucaramanga*. La Vanguardia. <https://www.vanguardia.com/judicial/tres-heridos-dejo-accidente-de-autobus-que-se-dirigia-a-bucaramanga-HEVL434344>
- Mehrara Molan, A., Rezapour, M. & Ksaibati, K. (2019). Investigating the relationship between crash severity, traffic barrier type, and vehicle type in crashes involving traffic barrier. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 7(1). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756418305336>
- Ministerio de Fomento. (2014, 2 de junio). *Orden Circular 35/2014. Sobre Criterios De Aplicación De Sistemas De Contención De Vehículos*. Gobierno de España, Ministerio de Fomento. http://www.carreteras.org/normativa/barreras/oc35_2014/pdfs/035_2014.pdf
- Ministerio de Obras Públicas (2014). *Manual de Carreteras Planos de obras tipo*. (Volumen 4). MOP-DGOP. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas. <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx>
- Ministerio de Obras Públicas (2015). *Manual de Carreteras. Especificaciones técnicas generales de construcción*. (Volumen 5). MOP-DGOP. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas. <http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx>

- Ministerio de Obras Públicas (2016). *Manual de Carreteras. Seguridad Vial*, (Volumen 6). MOP-DGOP. Dirección de Vialidad, Ministerio de Obras Públicas.
<http://www.vialidad.cl/areasdevialidad/manualdecarreteras/Paginas/default.aspx>
- Ministerio de Transporte (2015). *Plan Nacional de Seguridad Vial, PNSV. Colombia. 2011-2021*. Ministerio de Transporte.
<https://www.mintransporte.gov.co/publicaciones/3239/plan-nacional-de-seguridad-vial/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017, diciembre). *Manual de seguridad vial R.D. N° 05-2017-MTC/14*. Perú Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html
- Movilidad Bogotá. (2019, 11 de mayo). *¡Esto es #MovilidadInteligente!* [Twitter]. Movilidad Bogotá. <https://twitter.com/sectormovilidad>.
<https://twitter.com/sectormovilidad/status/1127241703415525377?lang=bg>
- Norma Técnica Colombiana [ICONTEC]. (1997, 22 de enero). NTC 4083. *Norma Técnica Colombiana, Barreras de Seguridad de Concreto para Vías*. Norma Técnica Colombiana, ICONTEC. <https://tienda.icontec.org/gp-ingenieria-civil-y-arquitectura-barreras-de-seguridad-de-concreto-para-vias-ntc4083-1997.html>
- Norma Técnica Colombiana [ICONTEC]. (2013a, 11 de diciembre). NTC 6037-1. *Parte 1: Terminología y criterios generales para los métodos de ensayo*. Norma Técnica Colombiana, ICONTEC. <https://www.icontec.org/rules/sistemas-de-contencion-para-carreteras-parte-1-terminologia-y-criterios-generales-para-los-metodos-de-ensayo/>
- Norma Técnica Colombiana [ICONTEC]. (2013b, 11 de diciembre). NTC 6037-2. *Parte 2: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para ensayo de impacto y métodos de ensayo par barreras de seguridad incluyendo pretilas*. Norma Técnica Colombiana, ICONTEC. <https://tienda.icontec.org/gp-sistemas-de-contencion-para-carreteras-parte-2-clases-de-comportamiento-criterios-de-aceptacion-para-el-ensayo-de-impacto-y-metodos-de-ensayo-para-barreras-de-seguridad-incluyendo-pretilas-ntc6037-2-2013.html>
- Norma Técnica Colombiana [ICONTEC]. (2013c, 11 de diciembre). NTC 6037-3. *Parte 3: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para ensayo de impacto y métodos de ensayo para atenuadores de impactos*. Norma Técnica Colombiana, ICONTEC. <https://tienda.icontec.org/gp-sistemas-de-contencion-para-carreteras-parte-3-clases-de-comportamiento-criterios-de-aceptacion-para-el-ensayo-de-impacto-y-metodos-de-ensayo-para-atenuadores-de-impactos-ntc6037-3-2013.html>

- Norma Técnica Colombiana [ICONTEC]. (2013d, 11 de diciembre). NTC 6037-4. *Parte 4: Clases de comportamiento, criterios de aceptación para ensayo de choque y métodos de ensayo para terminales y transiciones de barreras de seguridad*. Norma Técnica Colombiana, ICONTEC. <https://tienda.icontec.org/gp-sistemas-de-contencion-para-carreteras-parte-4-clases-de-comportamiento-criterios-de-aceptacion-para-el-ensayo-de-choque-y-metodos-de-ensayo-para-terminales-y-transiciones-de-barreras-de-seguridad-ntc6037-4-2013.html>
- Norma Técnica Colombiana [ICONTEC]. (2013e, 11 de diciembre). NTC 6037-5. *Parte 5: Requisitos de producto y evaluación de la conformidad para sistemas de contención de vehículos*. Norma Técnica Colombiana, ICONTEC. <https://www.icontec.org/rules/sistemas-de-contencion-para-carreteras-parte-5-requisitos-de-producto-y-evaluacion-de-la-conformidad-para-sistemas-de-contencion-de-vehiculos/>
- Norma Técnica Colombiana [ICONTEC]. (2018, 17 de octubre). END 095. *Procedimientos recomendados para evaluar el desempeño de seguridad de dispositivos viales - Adopción idéntica del reporte NCHRP 350-1993*. Norma Técnica Colombiana, ICONTEC. <https://tienda.icontec.org/gp-procedimientos-recomendados-para-evaluar-el-desempeno-de-seguridad-de-dispositivos-viales-end095-2018.html>
- Periódico la Última. (2017, 26 de octubre). *Cuatro muertos y 21 heridos deja accidente en la vía Paletará – Coconuco en Puracé*. Periódico la Última. <https://periodicolaultima.com/2017/10/26/cuatro-muertos-y-20-heridos-deja-accidente-en-la-via-paletara-coconuco-en-purace/>
- Piendanotas (2017, 26 de octubre). *Accidente de bus en Coconuco deja varias víctimas y más de 14 heridos*. Piendanotas. www.pienanotas.com. <https://piendanotas.wordpress.com/2017/10/26/accidente-de-bus-en-coconuco-deja-varias-victimas-y-mas-de-14-heridos/>
- Radio Súper Popayán (2019, 8 de enero). *Bus estuvo a punto de irse a un abismo en el Patía*. Radio Súper Popayán. <http://www.radiosuperpopayan.com/2019/01/08/bus-estuvo-a-punto-de-irse-a-un-abismo-en-el-patia/>
- Resolución 1376 de 2014 [Instituto Nacional de Vías, INVÍAS]. *Por la cual se Adoptan como Norma Técnica para los proyectos de la Red Vial Nacional, las especificaciones generales de construcción para carreteras, elaboradas en el año 2012, por el Instituto Nacional de Vías "INVÍAS". Art. 730-13 Defensas Metálicas*. (26 de mayo de 2014). <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/2230-resolucion-1376-del-26-de-mayo-de-2014>

Revista Vial. (2014, 5 de junio). *Uso de terminales “apropiadas” en las defensas laterales metálicas al costado de la calzada*. Revista Vial. <https://revistavial.com/uso-de-terminales-apropiadas-en-las-defensas-laterales-metalicas-al-costado-de-la-calzada/>

Rezapour, M., Wulff, S. & Ksaibati, K. (2019). Examination of the severity of two-lane highway traffic barrier crashes using the mixed logit model. *Journal of Safety Research*, 223-232. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31847999/>

Unidad de Normalización Española [UNE] (2010). *UNE-EN 1317. Sistemas de contención para carreteras*. Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0046790>

World Health Organization. [WHO] (2011). *Plan Mundial Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011–2020*. World Health Organization, WHO. https://www.who.int/roadsafety/decade_of_action/plan/spanish.pdf

Yamada, K. (6 - 11 de July de 2008). Analytical Study of Human Errors causing Traffic Accidents from the view point of Consciousness Transition. *The International Federation of Automatic Control, IFAC*, 41(2). <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016403216>

ANEXOS

ANEXO 1

Clasificación de resultados del análisis y clasificación de información histórica de siniestralidad clasificada: por año, departamento, gravedad del accidente “con heridos, con muertos o solo daños”, por clase de accidente “choque: objeto fijo, (a) objeto fijo: baranda; y (b) objeto fijo: poste, árbol y/o señal”.

Consolidado 2007 a 2019 mayor concentración de accidentes por choque contra objeto fijo tipo baranda

AÑO	DEPARTAMENTO	GRAVEDAD DEL ACCIDENTE			CLASE DE ACCIDENTE	OBJETO FIJO	TOTAL	%	TOTAL
		Con heridos	Con muertos	Solo daños					
2007	Antioquia	57	2	57	SI	SI	116	36%	325
2007	Risaralda	9	1	8	SI	SI	18	6%	
2007	Bogotá	21	3	30	SI	SI	54	17%	
2007	Valle del Cauca	17	1	19	SI	SI	37	11%	
2008	Antioquia	57	7	85	SI	SI	149	42%	359
2008	Bogotá	33	3	40	SI	SI	76	23%	
2008	Valle del Cauca	12	4	15	SI	SI	31	10%	74%
2009	Antioquia	56	2	56	SI	SI	114	44%	257
2009	Bogotá	9	1	17	SI	SI	27	11%	
2009	Cundinamarca	2	0	13	SI	SI	15	6%	
2009	Valle del Cauca	10	1	14	SI	SI	25	10%	
2010	Antioquia	30	2	46	SI	SI	78	39%	200
2010	Bogotá	6	0	10	SI	SI	16	8%	
2010	Cundinamarca	3	1	4	SI	SI	8	4%	
2010	Santander	3	0	8	SI	SI	11	6%	
2010	Valle del Cauca	11	3	16	SI	SI	30	15%	72%
2011	Antioquia	39	2	43	SI	SI	84	38%	220
2011	Bogotá	11	1	9	SI	SI	21	10%	
2011	Cundinamarca	4	0	10	SI	SI	14	6%	
2011	Bolívar	2	0	10	SI	SI	12	5%	
2011	Valle del Cauca	6	3	9	SI	SI	18	8%	
2012	Antioquia	44	1	47	SI	SI	92	35%	264
2012	Bogotá	8	4	14	SI	SI	26	10%	
2012	Cundinamarca	2	2	15	SI	SI	19	7%	
2012	Valle del Cauca	13	3	10	SI	SI	26	10%	62%
2013	Antioquia	22	2	30	SI	SI	54	25%	219
2013	Bogotá	15	1	12	SI	SI	28	13%	
2013	Bolívar	3	0	5	SI	SI	8	4%	
2013	Risaralda	1	0	7	SI	SI	8	4%	
2013	Cundinamarca	5	2	25	SI	SI	32	15%	
2013	Valle del Cauca	4	2	6	SI	SI	12	5%	
2014	Antioquia	11	3	39	SI	SI	53	28%	191
2014	Bogotá	1	0	3	SI	SI	4	2%	
2014	Bolívar	3	1	31	SI	SI	35	18%	
2014	Cundinamarca	5	4	23	SI	SI	32	17%	

AÑO	DEPARTAMENTO	GRAVEDAD DEL ACCIDENTE			CLASE DE ACCIDENTE	OBJETO FIJO	TOTAL	%	TOTAL
		Con heridos	Con muertos	Solo daños					
2014	Valle del Cauca	5	1	10	SI	SI	16	8%	73%
2015	Antioquia	27	1	23	SI	SI	51	17%	305
2015	Bogotá	29	3	33	SI	SI	65	21%	
2015	Bolívar	1	0	11	SI	SI	12	4%	
2015	Cundinamarca	14	3	40	SI	SI	57	19%	
2015	Valle del Cauca	12	1	16	SI	SI	29	10%	70%
2016	Antioquia	36	3	29	SI	SI	68	26%	264
2016	Bogotá	1	1	6	SI	SI	8	3%	
2016	Boyacá	3	0	7	SI	SI	10	4%	
2016	Cundinamarca	8	8	37	SI	SI	53	20%	
2016	Risaralda	1	0	9	SI	SI	10	4%	
2016	Valle del Cauca	7	2	13	SI	SI	22	8%	65%
2017	Antioquia	20	1	22	SI	SI	43	23%	191
2017	Huila	0	1	7	SI	SI	8	4%	
2017	Nariño	2	2	2	SI	SI	6	3%	
2017	Cundinamarca	11	2	28	SI	SI	41	21%	
2017	Risaralda	0	0	8	SI	SI	8	4%	
2017	Valle del Cauca	4	2	17	SI	SI	23	12%	68%
2018	Antioquia	9	2	12	SI	SI	23	21%	107
2018	Bogotá	1	1	2	SI	SI	4	4%	
2018	Bolívar	3	0	5	SI	SI	8	7%	
2018	Cundinamarca	5	0	13	SI	SI	18	17%	
2018	Santander	1	1	3	SI	SI	5	5%	
2018	Valle del Cauca	5	1	12	SI	SI	18	17%	71%
2019-1	Antioquia	2	0	2	SI	SI	4	44%	9
2019-1	Valle del Cauca	0	0	2	SI	SI	2	22%	67%

FUENTE: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

Consolidado 2007 a 2019 mayor concentración de accidentes por choque contra objeto fijo tipo: poste, árbol o estructura señalización

AÑO	DEPARTAMENTO	GRAVEDAD DEL ACCIDENTE			CLASE DE ACCIDENTE	OBJETO FIJO	Total	%	TOTAL
		Con heridos	Con muertos	Solo daños	Choque / Otro	Poste, Árbol o Señal			
2007	Antioquia	165	25	214	SI	SI	404	21%	1943
2007	Risaralda	14	2	39	SI	SI	55	3%	
2007	Bogotá	121	8	277	SI	SI	406	21%	
2007	Valle del Cauca	147	14	138	SI	SI	299	15%	
2008	Antioquia	222	34	326	SI	SI	582	26%	2211
2008	Bogotá	111	4	346	SI	SI	461	21%	
2008	Valle del Cauca	177	18	174	SI	SI	369	17%	64%
2009	Antioquia	153	13	186	SI	SI	352	24%	1487
2009	Bogotá	60	2	194	SI	SI	256	17%	
2009	Cundinamarca	10	2	37	SI	SI	49	3%	
2009	Valle del Cauca	126	12	94	SI	SI	232	16%	
2010	Antioquia	123	10	160	SI	SI	293	25%	1177
2010	Bogotá	43	4	158	SI	SI	205	17%	
2010	Cundinamarca	5	2	27	SI	SI	34	3%	
2010	Santander	11	0	27	SI	SI	38	3%	
2010	Valle del Cauca	117	10	80	SI	SI	207	18%	
2011	Antioquia	101	16	142	SI	SI	259	22%	1187
2011	Bogotá	40	7	137	SI	SI	184	16%	
2011	Cundinamarca	10	9	44	SI	SI	63	5%	
2011	Bolívar	9	2	28	SI	SI	39	3%	
2011	Valle del Cauca	74	14	82	SI	SI	170	14%	
2012	Antioquia	115	16	139	SI	SI	270	20%	1346
2012	Bogotá	47	3	116	SI	SI	166	12%	
2012	Cundinamarca	13	7	47	SI	SI	67	5%	
2012	Valle del Cauca	75	10	86	SI	SI	171	13%	
2013	Antioquia	96	11	134	SI	SI	241	23%	1048
2013	Bogotá	34	4	105	SI	SI	143	14%	
2013	Bolívar	9	0	32	SI	SI	41	4%	
2013	Risaralda	7	2	23	SI	SI	32	3%	
2013	Cundinamarca	14	3	45	SI	SI	62	6%	
2013	Valle del Cauca	68	6	50	SI	SI	124	12%	
2014	Antioquia	88	13	108	SI	SI	209	25%	821
2014	Bogotá	20	3	61	SI	SI	84	10%	

AÑO	DEPARTAMENTO	GRAVEDAD DEL ACCIDENTE			CLASE DE ACCIDENTE	OBJETO FIJO	Total	%	TOTAL
		Con heridos	Con muertos	Solo daños	Choque / Otro	Poste, Árbol o Señal			
2014	Bolívar	4	0	64	SI	SI	68	8%	
2014	Cundinamarca	5	1	44	SI	SI	50	6%	
2014	Valle del Cauca	33	8	47	SI	SI	88	11%	
2015	Antioquia	107	10	147	SI	SI	264	24%	1119
2015	Bogotá	27	2	104	SI	SI	133	12%	
2015	Bolívar	2	1	24	SI	SI	27	2%	
2015	Cundinamarca	10	3	63	SI	SI	76	7%	
2015	Valle del Cauca	73	13	84	SI	SI	170	15%	60%
2016	Antioquia	109	12	138	SI	SI	259	22%	1177
2016	Bogotá	21	3	133	SI	SI	157	13%	
2016	Boyacá	4	1	7	SI	SI	12	1%	
2016	Cundinamarca	19	8	66	SI	SI	93	8%	
2016	Risaralda	4	0	21	SI	SI	25	2%	
2016	Valle del Cauca	60	25	96	SI	SI	181	15%	62%
2017	Antioquia	69	10	95	SI	SI	174	22%	800
2017	Huila	4	1	15	SI	SI	20	3%	
2017	Nariño	2	3	10	SI	SI	15	2%	
2017	Cundinamarca	11	3	30	SI	SI	44	6%	
2017	Risaralda	5	0	12	SI	SI	17	2%	
2017	Valle del Cauca	47	10	91	SI	SI	148	19%	52%
2018	Antioquia	37	2	50	SI	SI	89	20%	452
2018	Bogotá	12	1	56	SI	SI	69	15%	
2018	Bolívar	3	1	5	SI	SI	9	2%	
2018	Cundinamarca	4	2	25	SI	SI	31	7%	
2018	Santander	12	2	22	SI	SI	36	8%	
2018	Valle del Cauca	14	4	49	SI	SI	67	15%	67%
2019-1	Antioquia	4	0	7	SI	SI	11	29%	38
2019-1	Valle del Cauca	1	1	2	SI	SI	4	11%	39%

FUENTE: Elaboración propia a partir de información histórica ONSV

ANEXO 2

Plano de inventario y propuesta esquemática de diseño tramo 1 – Ruta 2503, sector “Piedra Sentada”.

ANEXO 3

Plano de inventario y propuesta esquemática de diseño tramo 2 – Ruta 2002, sector “Patico - Paletará”.