GOBERNACIÒN DE RISARALDA

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA INSTALACIÓN DE BARRERAS DE CONTENCIÓN PARA LAS VÍAS EN LOS MUNICIPIOS DE BALBOA, LA CELIA, PEREIRA Y MARSELLA EN EL DEPARTAMENTO DE RISARALDA

CONTRATO No.2783 DE 2025

Contratista: Empresa PROENCO EU

Supervisor: Ing. CHRISTIAN CAMILO TREJOS VALENCIA

PEREIRA, DICIEMBRE DE 2025

CONTENIDO

1 ANTECEDENTES 4
2 OBJETO DEL ESTUDIO 5
3 ALCANCE 5
4 MARCO NORMATIVO 6
5 METODOLOGÍA 6
5.1 Recolección de Información y Visitas de Campo 6
5.2 Levantamiento Topográfico 6
5.3 Inventario de Riesgos 7
5.4 Análisis del Tránsito y Nivel de Servicio 7
5.5 Aplicación de la MDSISCV 7
5.5.1 Identificación del problema a resolver 7
5.5.2 Definición del escenario de diseño 7
5.5.3 Selección del tipo de sistema de contención 8
5.5.4 Verificación de compatibilidad geométrica 8
6 DIAGNÓSTICO POR TRAMO 8
6.1 Tramo Balboa – La Celia (Sector M) 8
6.2 Tramo Turín – Curtimbres (Pereira) 9
6.3 Tramo Pereira – Marsella 9
7 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN 9
7.1 Aplicación de la metodología de diseño de SCV Balboa – La Celia 14
7.1.1 Características de la vía y entorno 17
7.2 Tramo balboa 19
7.3 Tramos Turín curtimbres 30
7.4 Tramo vía Pereira – Marsella_ 41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Retiro defensa metálica. 11
Figura 2 Altura de barrera 13
Figura 3 Barrera longitudinal ubicada en un tramo curvo de carretera (curva circular) 13
Figura 4 Tramo Balboa - La Celia. 14
Figura 5 Volumen diario. 17
Figura 6 Composición vehicular 19
Figura 7 Criterios técnicos. 22

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación lateral de la barrera. 10
Tabla 2 Distancia máxima recomendada entre el borde de la vía y la barrera longitudinal. 11
Tabla 3 Clase de ancho de trabajo 12
Tabla 4 Clasificación tipo de barrera. 12
Tabla 5 Análisis topográfico de la vía balboa 15
Tabla 6 Transito día típico 18
Tabla 7 Hora de máxima demanda 18
Tabla 8 Características vía Balboa 20
Tabla 9 Peligros potenciales 20
Tabla 10 Peligros potenciales 23
Tabla 11 Camiones de más de 2 ejes. 25
Tabla 12 Selección de tipo de barrera 29
Tabla 13 transito día típico 34
Tabla 14 Parametros Pereira – Marsella 34
Tabla 15 Peligros potenciales - Pereira – Marsella 35
Tabla 16 Nivel de contención. 38
Tabla 17 Niveles de contención para barreras de seguridad según estándar. 39
Tabla 18 Clasificación de barrera 51
Tabla 19 Barreras a implementar 51

DEFINICIONES

AASHTO: American Association of State Highway and Transportation Officials.

MSV: Manual de Señalización Vial

NC: Nivel de Contención

ASI: Índice de Severidad de la Aceleración (Acceleration Severity Index)

NCHRP: National Cooperative Highway Research Program

ANSV: Agencia Nacional de Seguridad Vial

ONSV: Observatorio Nacional de Seguridad Vial

AUSTROADS: Organisation of Australasian Road Transport and Traffic Agencies.

PNSV: Plan Nacional de Seguridad Vial

CEN: European Committee for Standardization

SIAC: Sistema de información Ambiental de Colombia

CFPV: Corporación Fondo de Prevención Vial

SCV: Sistema de Contención Vehicular

PCU : Pasengers Capacity unit – Unidad de Vehículo de Pasajeros por hora

FHWA: Federal Highway Administration

GDSCV: Guía técnica para el diseño,aplicación y uso de sistemas de contención vehicular

SPP: Sistema de Protección de Peatones

INVIAS: Instituto Nacional de Vías

TPD: Tránsito Promedio Diario

IPAT: Informe Policial de Accidentes de Tránsito

TRB: Transportation Research Board

MASH: Manual for Assessing Safety Hardware

ZD: Zona Despejada

MDSCV: Metodología de Diseño de Sistemas de Contención Vehicular

ZL: Zona Lateral

MDZL: Metodología de Diseño de Zonas Laterales

1 ANTECEDENTES

La Gobernación de Risaralda, a través de la Secretaría de Infraestructura, desarrolla acciones para garantizar la seguridad vial y la adecuada transitabilidad de la red vial secundaria y terciaria del departamento, en cumplimiento del Plan de Desarrollo Departamental y de las competencias asignadas en materia de protección de los derechos colectivos relacionados con la seguridad, salubridad pública y prevención de desastres.

En el año 2024, la Personería Municipal de Balboa promovió un medio de control de acción popular con el propósito de exigir intervenciones inmediatas en el tramo vial comprendido entre el municipio de Balboa y La Celia, específicamente en el Sector M, donde se evidenciaron riesgos elevados debido a la ausencia de señalización, presencia de taludes inestables y falta de sistemas de contención vehicular.

Como resultado de este proceso, el 07 de junio de 2024 se llevó a cabo la audiencia de pacto de cumplimiento ante el Juzgado Sexto Administrativo del Circuito de Pereira, cuyo fallo del 18 de junio de 2024 aprobó el acuerdo mediante el cual el Departamento se comprometió a adelantar un proceso de contratación de mínima cuantía para el diseño e instalación de señalización y barandas de protección, con un presupuesto asignado de $100 millones de pesos.

Adicionalmente, durante visitas técnicas desarrolladas en septiembre de 2024 y abril de 2025, la Secretaría identificó condiciones críticas en las vías:

- Turín – Curtimbres, municipio de Pereira, cerca de las coordenadas 4°48'58.9"N – 75°43'04.6"W.
- Pereira – Marsella, coordenadas 4°49'8.84"N – 75°44'35.89"O.
- Estos corredores presentaban riesgos asociados a:
- Bordes de calzada expuestos a derrumbes.
- Taludes con pérdida de material.
- Sectores sin defensa metálica.
- Ausencia de demarcación y señalización preventiva.

Dadas estas condiciones, las vías fueron incorporadas al alcance del proceso para realizar los estudios y diseños de sistemas de contención vehicular (SCV) bajo el marco normativo del Reglamento Técnico RTSCV (Resolución 20223040044065 – 2022) y la Metodología MDSISCV (Resolución 20243040022485 – 2024).

2 OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del estudio se centra en el desarrollo integral de los estudios y diseños de sistemas de contención vehicular, señalización vial y elementos complementarios de seguridad para los corredores Balboa–La Celia, Turín–Curtimbres y Pereira–Marsella. Este trabajo técnico tiene como propósito establecer soluciones estructuradas, viables y acordes a la normativa vigente, que mitiguen los riesgos existentes en cada tramo y permitan la intervención ordenada y eficiente por parte de la entidad ejecutora. La formulación de este objeto surge de la necesidad de proteger la vida de los usuarios, mejorar las condiciones operativas de la vía y garantizar una movilidad segura, especialmente en sectores donde la infraestructura presenta deterioros significativos o donde las condiciones geométricas requieren medidas adicionales de control.

El estudio incluye la recopilación de información topográfica, geotécnica y operativa necesaria para desarrollar un diseño confiable y preciso. Esto implica la realización de levantamientos topográficos georreferenciados, medición de anchos de calzada, identificación de taludes inestables, análisis de radios de curva, visibilidad y catalogación de puntos críticos. Adicionalmente, se evalúa el comportamiento del tránsito mediante métodos directos e indirectos, considerando que muchos corredores rurales carecen de aforos recientes. El objetivo final es determinar, con sustento técnico, los lugares donde se requieren sistemas de contención tipo N2 o H1, de acuerdo con el nivel de riesgo y la energía de impacto que debe resistir cada barrera.

Otro componente fundamental es el diseño de la señalización vertical y horizontal, la cual debe establecerse siguiendo el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte del año 2024, garantizando coherencia, visibilidad y pertinencia. El estudio también contempla la elaboración de planos constructivos, especificaciones técnicas, presupuestos detallados, análisis unitarios, cantidades de obra y criterios de mantenimiento, con el fin de proporcionar a la entidad contratante un paquete técnico completo, coherente y listo para su implementación. Este objeto del estudio se convierte así en una guía fundamental para la toma de decisiones institucionales y la ejecución de intervenciones seguras y normativamente correctas.

3 ALCANCE

- Levantamiento topográfico.
- Inventario de riesgos y análisis del corredor.
- Aplicación de la MDSISCV para selección y diseño del SCV.
- Diseño geométrico y ubicación de elementos.
- Señalización vertical y horizontal.
- Presupuesto y APU.
- PMT correspondiente.
- Planos constructivos.

- Entrega de memorias y soportes técnicos.

4 MARCO NORMATIVO

- Resolución 20223040044065 de 2022 – RTSCV
- Resolución 20243040022485 de 2024 – MDSISCV
- Art. 730 – Especificaciones INVIAS
- Manual de Señalización Vial – Ministerio de Transporte
- Manual de Inspección Visual de Pavimentos INVIAS
- Ley 472 de 1998 – Derechos colectivos
- Normas ICONTEC para acero y barandas metálicas
- NSR-10 / Título G (referencia estructural)

5 METODOLOGÍA

La metodología aplicada en los estudios y diseños de los Sistemas de Contención Vehicular (SCV) y la señalización vial para los corredores Balboa – La Celia, Turín – Curtimbres y Pereira – Marsella se estructuró en fases secuenciales e interdependientes que garantizan un análisis integral de los riesgos, condiciones geométricas, características operacionales del tráfico y comportamiento dinámico del sistema de contención propuesto.

A continuación, se describen en detalle cada una de las etapas metodológicas aplicadas.
La metodología se estructuró conforme a la MDSISCV e incluye los siguientes componentes:

5.1 Recolección de Información y Visitas de Campo

Se realizaron visitas en septiembre 2024 y posteriormente en 2025 para:

- Identificar zonas críticas y puntos de riesgo.
- Registrar geometría de la vía y ancho de calzada.
- Localizar viviendas, instituciones educativas, curvas cerradas, taludes altos o inestables.
- Anotar evidencia fotográfica y georreferenciada.
- Calcular radios de curvatura, pendientes y bordes vulnerables.

5.2 Levantamiento Topográfico

El levantamiento se realizó con estación total y GNSS:

- Ejes viales amarrados a la red MAGNA-SIRGAS.
- Secciones transversales cada 20 m y en puntos de interés.
- Perfil longitudinal.
- Estabilización y calibración del equipo según RUNTOP.

5.3 Inventario de Riesgos

Se evaluaron riesgos según MDSISCV:

- Riesgo por caída a nivel inferior
- Riesgo por pérdida de control en curva
- Riesgo por talud inestable
- Riesgo a terceros (peatones, viviendas, escuelas)
- Riesgo por tráfico mixto y velocidades observadas

Cada riesgo fue calificado en categoría Baja, Media o Alta.

5.4 Análisis del Tránsito y Nivel de Servicio

Aunque la vía no cuenta con aforos actualizados, se aplicaron métodos indirectos de tránsito rural:

- Observaciones manuales.
- Caracterización del tráfico mixto (moto, carga, livianos).
- Estimación de TPD según metodología INVIAS.

5.5 Aplicación de la MDSISCV

De acuerdo con la metodología oficial:

5.5.1 Identificación del problema a resolver

- Caídas a desnivel > 8 m.
- Curvas cerradas sin barreras.
- Tramos con viviendas y escuelas expuestos al tránsito.
- Sectores con taludes erosionados.

5.5.2 Definición del escenario de diseño

- Velocidad operativa: 30–50 km/h
- Tránsito predominante: motocicletas y carga liviana

- Riesgo alto → necesidad de SCV clase N2 o H1

5.5.3 Selección del tipo de sistema de contención

El análisis arrojó que los sistemas óptimos son:
- Baranda tipo metálica N2 galvanizada
- En zonas de riesgo extremo → Baranda H1 reforzada
- En accesos a puentes y curvas cerradas → terminales certificados EN-1317

5.5.4 Verificación de compatibilidad geométrica

- Minimización de puntos rígidos
- Cumplimiento de distancias de transición
- Revisión de anchuras y sobreanchos.

6 DIAGNÓSTICO POR TRAMO

6.1 Tramo Balboa – La Celia (Sector M)

- Análisis de transito
- Análisis topografía
- Registro fotográfico
- Aplicar la metodología
- Señalización
- PMT
- Presupuesto

Presenta la condición más crítica:

- Taludes verticales con caída libre > 12 m
- Ausencia total de barandas
- Presencia de instituciones educativas
- Radio de curva menor a 25 m
- Calzada de 4.5 m
- Visibilidad reducida a < 40 m

Recomendación técnica:

Instalar baranda metálica N2/H1 en 420 metros, reforzando los ingresos a curvas con terminales absorbentes.

6.2 Tramo Turín – Curtimbres (Pereira)

- Bordes erosionados con riesgo de pérdida de banca
- Transitan motocicletas, carga liviana y peatones
- Curvas encadenadas con taludes inestables
- Invade vegetación la calzada

Recomendación:
Sistema N2 en 280 metros, limpieza y señalización preventiva.

6.3 Tramo Pereira – Marsella

- Pérdida parcial de capa granular
- Riesgo medio-alto por caída lateral
- Ausencia de demarcación central
- Visibilidad deficiente
-

Recomendación:
Sistema N2 en 360 metros + demarcación longitudinal continua.

7 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTENCIÓN

Procedimiento de diseño y selección de la barrera:

- Paso 1 Reunir y analizar la información requerida para el diseño.

Esto incluye las características operacionales de la vía y físicas de su entorno. (Ver numeral2.3 y Anexo G). Considera además información sobre siniestralidad de motociclistas y demás usuarios vulnerables, análisis de la geometría del sector a intervenir que permita concluir sobre la necesidad de complementar el SCV con un SPM (Capítulo 5) o SPP (Anexo B).

- Paso 2 Identificar la situación de peligro y determinar la gravedad del siniestro esperado, entendida como la probable si no se interviene el sitio o punto crítico. Considera los casos donde se

afecten usuarios vulnerables si en el sector no se interviene con un SPM o SPP. (Ver Tabla 3 según indica el numeral 2.4).

- Paso 3 Determinar el nivel de contención (NC) requerido para la barrera. (Siguiendo el procedimiento indicado en el numeral 2.5).

- Paso 4 Determinar (medir) la distancia entre el borde de la vía y el peligro u obstáculo identificado. (Ver numeral 2.6).

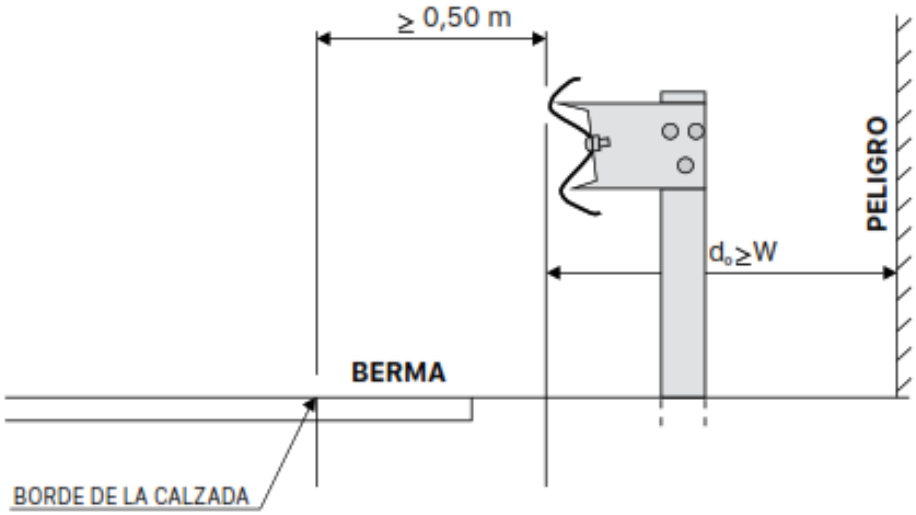
- Paso 5 Establecer la ubicación lateral de la barrera. (Ver numeral 2.7).

Tabla 1 Ubicación lateral de la barrera.

Velocidad (km/H)	Distancia entre el borde de la vía y la línea de preocupación, LS (m)
50	1,1
60	1,4
70	1,7
80	2,0
90	2,2
100	2,4
110	2,8
120	3,2

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición.

Figura 1 Retiro defensa metálica.



Fuente: Adaptado de (Dirección General de Carreteras, 2014, pág. 26)

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición.

Tabla 2 Distancia máxima recomendada entre el borde de la vía y la barrera longitudinal.

Velocidad (km/H)	Distancia máxima (m)		
	Número de carriles por sentido		
	1	2	3
50	2,5	0,5	0,5
60	2,5	0,5	0,5
70	6,0	2,5	0,5
80	6,0	2,5	0,5
90	11,0	7,5	4,0
100	11,0	7,5	4,0
110	16,5	13,0	10,0
120	16,5	13,0	10,0

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición.

• Paso 6 Definir los parámetros de comportamiento dinámico: el ancho de trabajo (W) y la deflexión dinámica máxima (D) que puede tener la barrera. (Ver numeral 2.8).

Tabla 3 Clase de ancho de trabajo

Clase de ancho de trabajo	Niveles de ancho de trabajo normalizado (m)
W_1	$W_N \leq 0,6$
W_2	$W_N \leq 0,8$
W_3	$W_N \leq 1,0$
W_4	$W_N \leq 1,3$
W_5	$W_N \leq 1,7$
W_6	$W_N \leq 2,1$
W_7	$W_N \leq 2,5$
W_8	$W_N \leq 3,5$

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición.

• Paso 7 Seleccionar el tipo de barrera según su rigidez. En vista de que la implementación de un SCV no elimina la probabilidad de ocurrencia de un siniestro, es importante que la severidad del sistema determinado por su rigidez siempre sea una mejor opción frente a la gravedad del siniestro esperado sin SCV. Si se ha determinado necesario o pertinente complementar con un SPM o SPP, elegir el tipo de complemento que requiere la barrera. (Ver numeral 2.9)

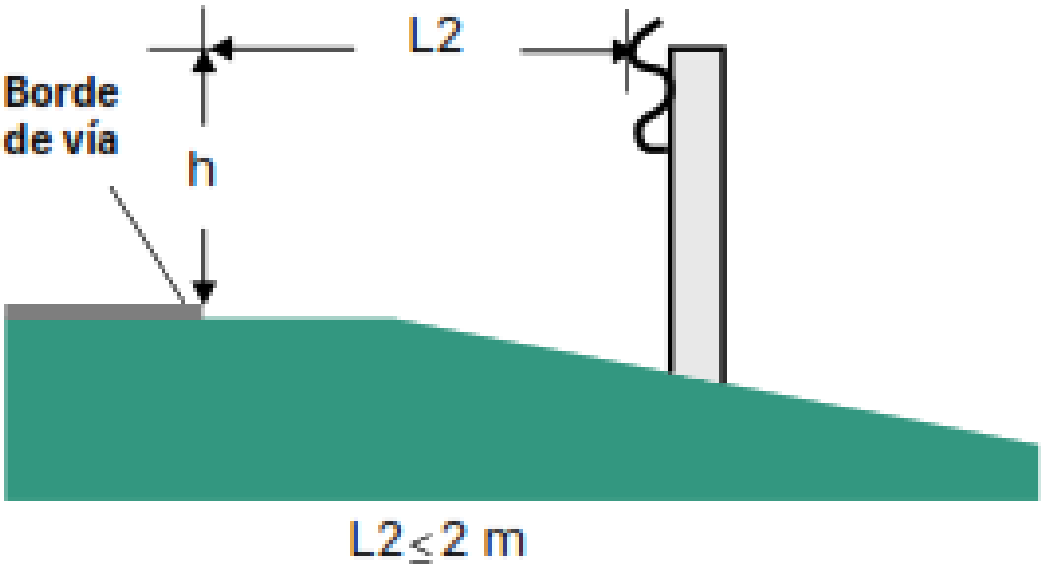
Tabla 4 Clasificación tipo de barrera.

Clasificación	Deflexión (m)	Ejemplos
Flexible	2,0 - 3,5	Barreras de cables
Semirrígido	0,6 - 2,0	Barreras metálicas
Rígido	0,0 - 0,6	Barreras de concreto ancladas

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición.

• Paso 8 Determinar la disposición en altura de la barrera. (Ver numeral 2.10).

Figura 2 Altura de barrera

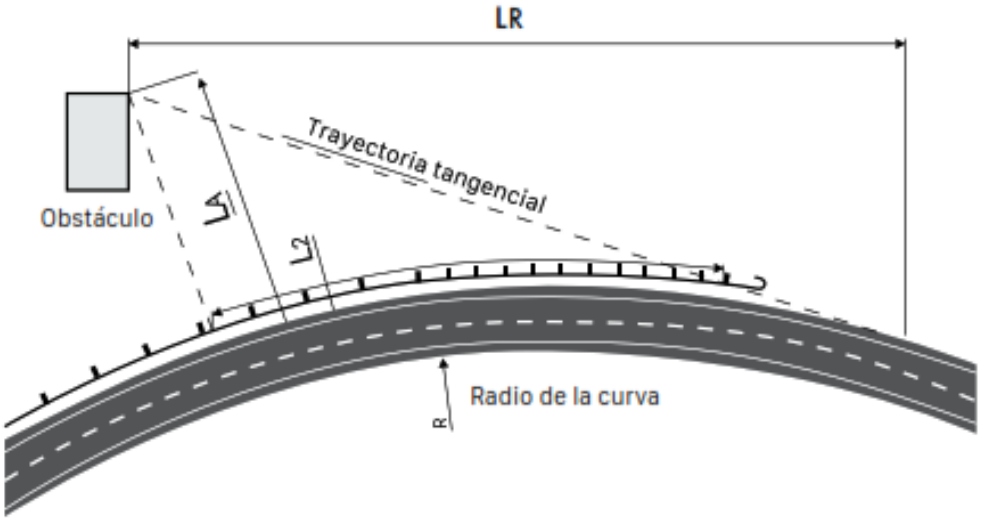


Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición.

- Paso 9 Calcular la longitud de la barrera. (Ver numeral 2.11).

Figura 3 Barrera longitudinal ubicada en un tramo curvo de carretera (curva circular)

Figura 31. Barrera longitudinal ubicada en un tramo curvo de carretera (curva circular).



Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

• Paso 10 Establecer el tipo de terminal. Determinar abatimiento y esviaje según consideraciones del sitio y tipo de barrera o si requiere un TAE o TAI. (Ver numeral 2.12).

Terminal abatida y desviada

Los terminales abatidos no son recomendables para ser aplicadas en vías de alta velocidad debido a que un vehículo que colisione de frente puede ser lanzado por el aire por el terminal como si éste fuera una rampa, por ello es necesario desviarlos.

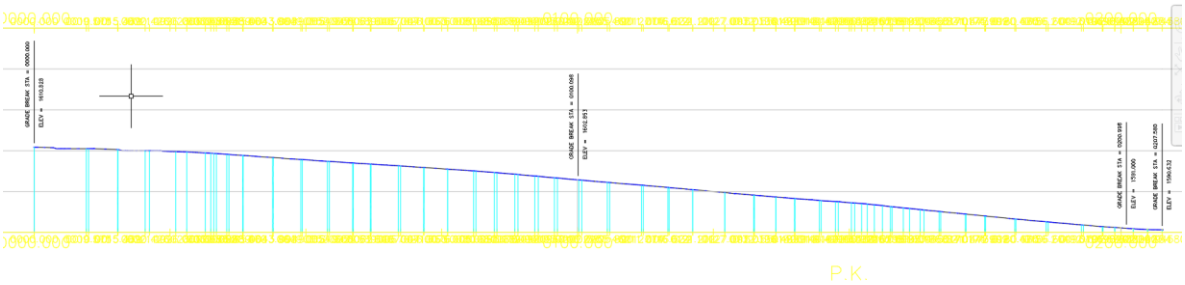
• Paso 11 Seleccionar la barrera que satisface las condiciones establecidas. Una vez diseñada la barrera, y como última etapa del procedimiento de diseño, se elige el sistema más adecuado dentro de los sistemas de contención disponibles en el mercado y debidamente certificados según estándares internacionales. Se elige el tipo de barrera de la Tabla 2 teniendo como referencia los parámetros de ensayo mostrados en la Gráfica 3.

Criterios de diseño

7.1 Aplicación de la metodología de diseño de SCV Balboa – La Celia

Figura 4 Tramo Balboa - La Celia.





Fuente. Elaboración propia.

Tabla 5 Análisis topográfico de la vía balboa

Distancia en longitud:	116.00
Distancia en altura:	15.00
Pendiente en grados:	7.37°
Pendiente en porcentaje:	12.93%
Distancia total:	116.97

Fuente. Elaboración propia.

Condiciones actuales:





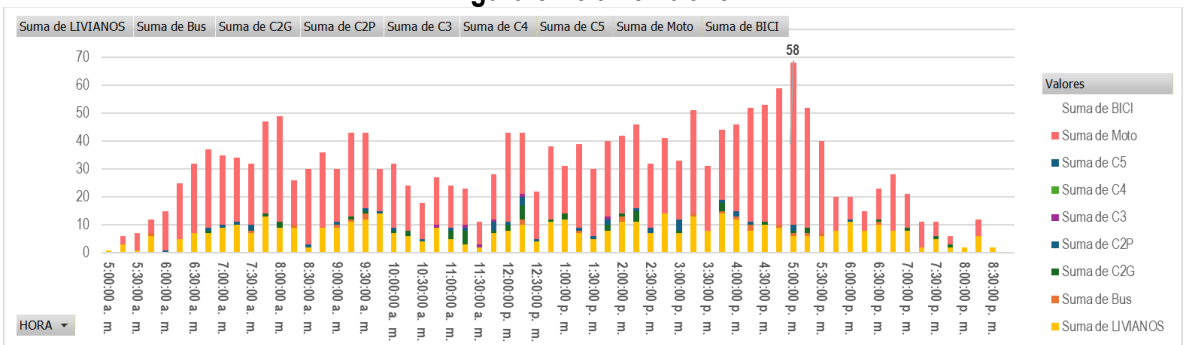


7.1.1 Características de la vía y entorno

Identificación del elemento peligroso y determinación de la gravedad del siniestro esperado

- Sistemas certificados bajo EN-1317
- Altura de baranda: 0.75 m
- Distancia entre postes: 1.5 – 2.0 m
- Acero galvanizado mínimo 80 micras
- Cimentaciones individuales o postes hincados

Figura 5 Volumen diario.



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 6 Transito día típico

LIVIANOS	Bus	C2G	C2P	C3	C4	C5	Moto	BICI	TOTAL	
466	22	47	39	0	0	0	1.323	13	1.916	

Fuente. Elaboración propia.

La gráfica de volúmenes vehiculares presenta una distribución horaria que permite identificar claramente los picos operacionales y el comportamiento modal a lo largo del día. Desde las 5:00 a. m. se observa un incremento progresivo del flujo vehicular, alcanzando un crecimiento marcado entre las 6:00 y 7:30 a. m., momento en el cual se configura la primera hora pico de la mañana. Durante este intervalo, la participación de motos y vehículos livianos domina la demanda, reflejando una estructura modal típica de corredores urbanos y periurbanos donde la motocicleta se consolida como el medio de transporte de mayor frecuencia. La carga vehicular se estabiliza hacia las 9:00 a. m., mostrando un descenso gradual durante el periodo comprendido entre las 10:00 a. m. y el mediodía, lo cual sugiere una menor presión operacional y una reducción natural de la demanda.

Tabla 7 Hora de máxima demanda

HORA	LIVIANOS	Bus	C2G	C2P	C3	C4	C5	Moto	BICI	TOTAL	HORA
4:15:00 p. m.	8	2	0	1	0	0	0	41	2	54	235
4:30:00 p. m.	10	0	1	0	0	0	0	42	0	53	
4:45:00 p. m.	9	1	0	0	0	0	0	49	0	59	
5:00:00 p. m.	6	1	1	2	0	0	0	58	1	69	

Fuente. Elaboración propia.

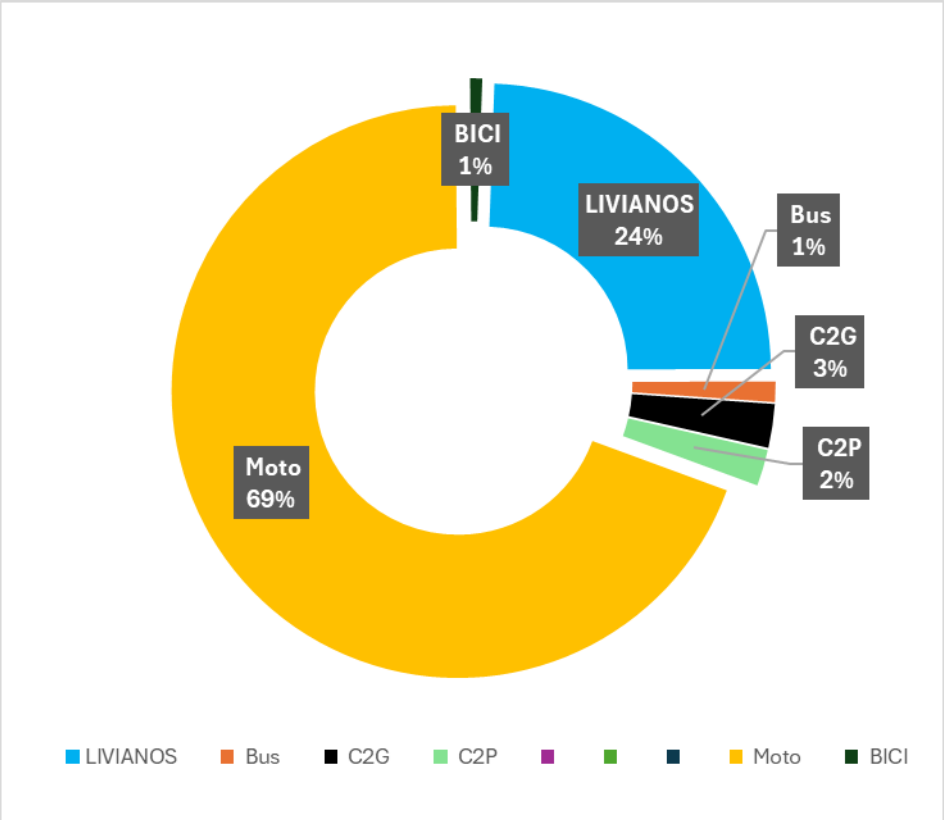
Al avanzar hacia el periodo de la tarde, la gráfica evidencia un nuevo aumento paulatino en los volúmenes, configurando la segunda y más significativa hora pico alrededor de las 4:30 p. m., momento en el cual se registra el mayor flujo del día con 58 vehículos en ese intervalo de 15 minutos. Este comportamiento confirma un patrón bimodal de movilidad asociado a horarios laborales, académicos y desplazamientos residenciales, siendo especialmente relevante la elevada proporción de motocicletas durante todo el día. Este modo de transporte supera con amplitud al resto, constituyendo más del 60–70 % del flujo en algunos intervalos, lo cual implica mayores dinámicas de adelantamiento, aceleración y cambios de trayectoria, factores que inciden directamente en la seguridad vial del corredor.

Composición Vehicular

La composición vehicular muestra que los vehículos livianos mantienen un comportamiento estable en la mayoría de los periodos, acompañando los picos de la mañana y la tarde, mientras que los vehículos pesados (C2G, C2P, C3, C4 y C5) tienen una participación reducida y marginal respecto al total. Esto indica que, si bien su impacto operativo es bajo, deben ser considerados en los análisis de

diseño estructural y en la identificación de puntos críticos donde la contención vehicular sea necesaria. La presencia de bicicletas es puntual y limitada, evidenciando que el corredor no es empleado de forma significativa por modos no motorizados, probablemente debido a la geometría de la vía, las pendientes o la ausencia de infraestructura específica.

Figura 6 Composición vehicular



Fuente. Elaboración propia.

7.2 Tramo balboa

La vía en estudio corresponde a una carretera bidireccional de dos carriles en flujo libre, con ancho total de 6 m (≈3 m/carril) y una pendiente de 12,95 %. De acuerdo con la metodología del INVIAS 2022 para carreteras de dos carriles, la capacidad de referencia por dirección se encuentra alrededor de 1.700 (vehículos equivalentes) PCU/h bajo condiciones ideales.

Al comparar esta capacidad con los volúmenes máximos observados en el aforo (58 veh/15 min, equivalentes a 232 veh/h en ambos sentidos, es decir, aproximadamente 140 veh/h en la dirección más cargada), y considerando un porcentaje de pesados cercano al 2 %, la relación v/c obtenida es

del orden de 0,09. En consecuencia, la vía opera muy por debajo de su capacidad teórica, con un nivel de servicio equivalente a LOS A, y las restricciones de operación están asociadas más a las condiciones geométricas (pendiente fuerte, radios de curva, visibilidad) que a la magnitud del flujo vehicular.

Tabla 8 Características vía Balboa

Parámetro	Unidad	Valor
Velocidad de operación (V85)	km/h	35
Nº de carriles	Un	2
Nº de calzadas	Un	1
Ancho de carril	m	3.00
Ancho de bermas	m	0.64
Ancho de la berma de retiro	m	0,00

Fuente. Elaboración propia.

- **Identificación del elemento peligroso y determinación de la gravedad del siniestro esperado**

El elemento peligroso identificado es la pendiente de la curva, la cual se considera Gravedad moderada

Tabla 9 Peligros potenciales

Peligros potenciales	Tipo	Continuo	Discontinuo	Nivel de gravedad (5)		
				1 Baja	1 Moderada	1 Alta
TALUDES (4)						
P=1V:3H de H < 2 m	Natural	X		X		
P=1V:3H de H ≥ 2 m	Natural	X			X	

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

- **Determinación de la gravedad del siniestro esperado**

De acuerdo con las condiciones geométricas observadas en el terreno, el talud asociado a la curva presenta un radio interior aproximado de 2,85 m y un radio exterior de 9,0 m, configurando una trayectoria de curvatura cerrada que limita la estabilidad vehicular. Adicionalmente, la zona cuenta con una pendiente longitudinal cercana al 13 %, lo que incrementa la probabilidad de pérdida de control, especialmente en maniobras de frenado o durante condiciones de lluvia.

Considerando estas características y aplicando los criterios establecidos en la Metodología para la Evaluación del Riesgo de la MDSISCV (2024), la gravedad del siniestro esperado en caso de que un vehículo salga de la vía y descienda por el talud se clasifica como moderada. Esta calificación se sustenta en:

- La magnitud de la pendiente, que facilita el desplazamiento del vehículo una vez fuera de la calzada.
- La altura potencial de caída, que puede ocasionar vuelco o pérdida total de estabilidad.
- La ausencia de elementos de contención que permitan disipar o redirigir la energía del impacto.
- La geometría cerrada de la curva, que reduce los márgenes de recuperación ante una maniobra evasiva.

En este contexto, un vehículo descontrolado que abandone la carretera puede deslizar, rodar o volcar sobre la superficie inclinada del talud, generando daños significativos al vehículo y lesiones a sus ocupantes; sin embargo, el análisis de la pendiente y la longitud efectiva del talud permite catalogar la severidad resultante dentro del rango de riesgo moderado, conforme a los parámetros comparativos de impacto, altura de caída y energía cinética desarrollados en la metodología.

- **Determinación del nivel de contención**

Para la determinación del nivel de contención requerido en función de las condiciones operativas de la carretera, se aplica el algoritmo de selección establecido en la Metodología MDSISCV (2024). Este algoritmo integra de manera secuencial los parámetros de velocidad operativa, características geométricas, composición vehicular, presencia de usuarios vulnerables y consecuencias potenciales ante la materialización del riesgo.

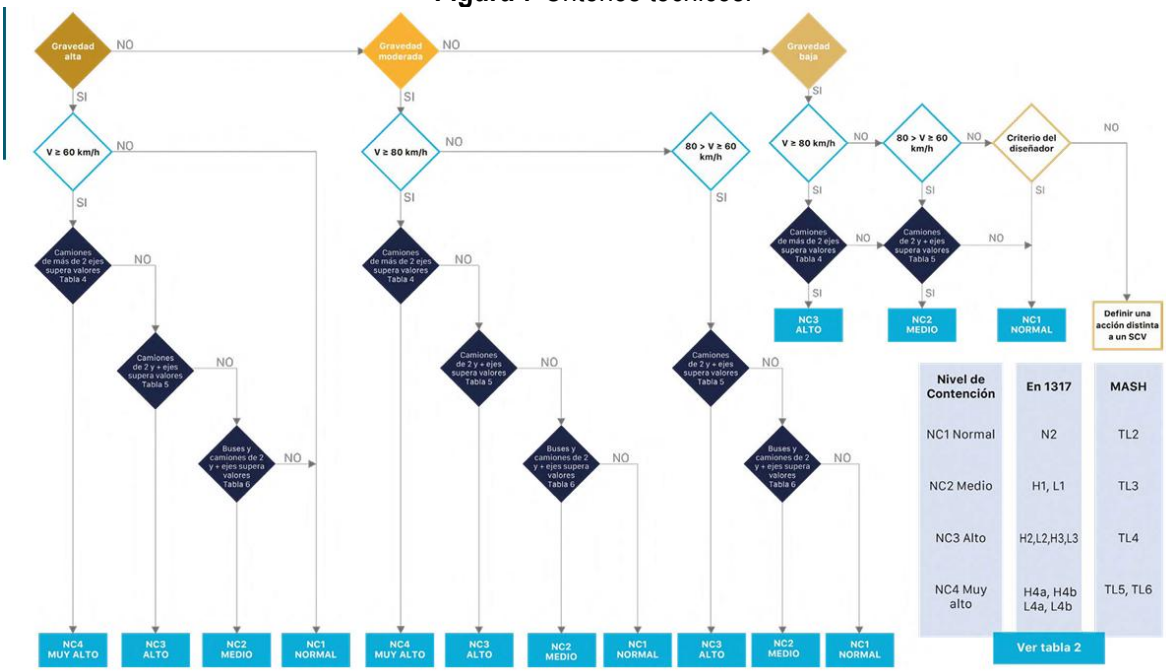
El procedimiento metodológico permite evaluar de forma homogénea y objetiva la necesidad de sistemas de contención vehicular mediante un proceso decisional estructurado. Dicho algoritmo —representado en la Gráfica 6— orienta la selección del nivel de contención (N1, N2, H1, H2, etc.) considerando:

- La velocidad operativa medida o estimada para el tramo.
- La curvatura y radios efectivos presentes en la vía.
- La severidad del siniestro esperado.
- El tipo de vehículo predominante en la circulación.
- La energía de impacto asociada a un escenario de salida de vía.
- El grado de exposición de terceros y del entorno.

Siguiendo cada una de las bifurcaciones del algoritmo y aplicando los criterios técnicos definidos, se determina el nivel de contención que garantiza el desempeño adecuado frente a las condiciones reales del corredor, evitando la subestimación o sobredimensionamiento del sistema de protección.

El resultado final de la aplicación del algoritmo constituye un insumo esencial para definir el tipo de barrera metálica, el comportamiento estructural esperado y los elementos complementarios necesarios para asegurar un funcionamiento eficaz del sistema de contención.

Figura 7 Criterios técnicos.



Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

- Parámetros para determinar el nivel de contención
- Selección de la sección aplicable del algoritmo

Para seleccionar la sección del algoritmo aplicable a las condiciones de riesgo generadas por el elemento peligroso identificado, es necesario determinar previamente la gravedad asociada al peligro, según los criterios establecidos en la Metodología. La clasificación de peligros laterales entre los cuales se incluyen taludes, desniveles, obstáculos rígidos u otros elementos presentes en la franja de seguridad permite orientar la ruta de decisión dentro del algoritmo de selección del nivel de contención. De acuerdo con la caracterización del corredor y las mediciones realizadas en campo, la pendiente del talud en el tramo analizado presenta condiciones que, conforme a las tablas comparativas de la MDSISCV, se clasifican dentro del rango de Gravedad Moderada. Esta gravedad se asigna considerando:

- La inclinación del talud, que, aunque significativa, no representa una caída abrupta o un desnivel extremo.
- La distancia y altura efectiva de desplazamiento potencial del vehículo.

- La posibilidad de que el vehículo se deslice o ruede sin alcanzar niveles de energía asociados a siniestros de gravedad alta.
- La ausencia de obstáculos rígidos adicionales que incrementen la severidad.

Tabla 10 Peligros potenciales.

Peligros potenciales	Tipo	Continuo	Discontinuo	Nivel de gravedad (5)		
				1 Baja	1 Moderada	1 Alta
TALUDES (4)						
P=1V:3H de H < 2 m	Natural	X		X		
P=1V:3H de H ≥ 2 m	Natural	X			X	
1V: 2H≤P≤ 1V:1.5H de H < 2 m	Natural	X			X	
1V: 2H≤P≤ 1V:1.5H de H ≥ 2 m	Natural	X				X
Talud Vertical H < 2 m	Natural	X			X	
Talud Vertical (Precipicio) H ≥ 2 m	Natural	X				X
Taludes en corte disparejos, o con profundos surcos de erosión, rocas grandes y árboles	Natural	X			X	
Sección en corte vertical con proyección horizontal ≤ 20 cm	Artificial o natural	X		X		
Sección en corte vertical con proyección horizontal > 20 cm	Artificial o natural	X			X	

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

Dado lo anterior, la ruta de análisis que corresponde aplicar en el algoritmo es la sección intermedia del manual, la cual está diseñada específicamente para escenarios de riesgo moderado. Esta sección contempla situaciones donde:

- El peligro lateral no implica una caída libre de gran magnitud.
- Existe un potencial significativo de daños en caso de salida de vía.
- Las consecuencias para los ocupantes y terceros no alcanzan niveles de siniestro extremo.
- La geometría y operación de la vía pueden ser compensadas mediante sistemas de contención de nivel intermedio como N2 o, en casos particulares, H1.

Aplicar la sección intermedia del algoritmo garantiza que la selección del nivel de contención vehicular se ajuste de manera proporcional al riesgo identificado, evitando tanto el sobredimensionamiento como la subestimación del sistema requerido. Esto constituye un paso fundamental para asegurar la coherencia técnica del diseño y el desempeño adecuado del SCV frente a las condiciones reales del terreno.

- **Condición de decisión sobre la velocidad**

La aplicación del algoritmo inicia con la verificación de la velocidad adoptada para el proyecto, específicamente si la velocidad de diseño o mejoramiento del trazado existente es mayor o igual a 80 km/h, tal como lo establece el primer nodo decisional del procedimiento metodológico. En el caso del corredor analizado, dicha condición sí se cumple, puesto que la velocidad proyectada supera el umbral definido en la metodología.

Como consecuencia, el análisis debe avanzar siguiendo la ruta lógica correspondiente a la primera columna del algoritmo, la cual está diseñada para proyectos donde la velocidad de operación o de diseño presenta valores elevados que incrementan la magnitud de la energía cinética y, por tanto, el potencial de severidad en caso de salida de vía.

Esta primera columna contempla escenarios donde:

- Las velocidades permiten desarrollar aceleraciones considerables antes de un potencial siniestro.
- El conductor dispone de un tiempo reducido para maniobras evasivas en sectores de riesgo.
- Las barreras deben ser seleccionadas con criterios de desempeño más exigentes debido al incremento de la energía de impacto.
- La topografía o geometría del corredor puede amplificar las consecuencias de la pérdida de control.

Por ello, al cumplirse la condición inicial de velocidad ≥ 80 km/h, el análisis se encamina hacia la evaluación detallada de los peligros laterales, la gravedad asociada y el tipo de sistema de contención requerido siguiendo la secuencia estructurada de la primera columna del algoritmo. Esta ruta metodológica garantiza que el proceso de selección del nivel de contención vehicular se ajuste adecuadamente a las condiciones dinámicas más demandantes del proyecto, asegurando un diseño seguro y coherente con el comportamiento esperado de los vehículos en el tramo estudiado.

- **Selección del nivel de contención**

Tabla 11 Camiones de más de 2 ejes.

TPD	Camiones de más de 2 ejes (veh/día)	
	Una sola calzada	Doble calzada
≤ 1000	300	360
1000 - 3000	300 + 0,10*(TPD - 1000)	360 + 0,12*(TPD - 1000)
3000 - 7000	500 + 0,08*(TPD - 3000)	600 + 0,10*(TPD - 3000)
> 7000	820 + 0,06*(TPD - 7000)	1000 + 0,08*(TPD - 7000)

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

Con base en el TPD del corredor, cuyo valor asciende a 1.916 vehículos/día, se obtiene un volumen promedio equivalente a 392 vehículos/día para efectos del análisis establecido en la metodología. Este valor se contrasta con el parámetro de referencia utilizado en el algoritmo —en este caso, 86 veh/día— el cual corresponde al umbral definido para bifurcar la secuencia decisional en función de la demanda vehicular y su incidencia sobre la selección del nivel de contención.
Dado que 86 es significativamente menor que 392, el volumen real del corredor excede el límite establecido en la metodología, razón por la cual debe seguirse la ruta decisoria correspondiente a tránsitos superiores al umbral indicado. Una vez verificada esta condición, y conforme al procedimiento definido en la Gráfica 6 – Algoritmo de selección del nivel de contención de barreras longitudinales, se procede a revisar los valores y criterios complementarios consignados en las Tablas 4, 5 y 6 del manual, las cuales permiten integrar:

- La gravedad del peligro lateral identificado,
- El volumen de tránsito vehicular,
- La velocidad operativa,
- La probabilidad de ocurrencia del siniestro,
- La exposición de usuarios vulnerables,
- Y la energía de impacto asociada.

Al realizar este cruce de variables y aplicar los criterios comparativos definidos, la metodología conduce a la selección del Nivel de Contención 1 (NC1), clasificado como un nivel normal dentro del esquema permisible de desempeño del sistema de contención vehicular.
Este nivel de contención resulta adecuado para escenarios donde:

- La gravedad del peligro es moderada.
- La energía del impacto estimada no supera los límites correspondientes a niveles de contención superior (N2, H1, H2).
- El volumen vehicular, aunque significativo, no corresponde a un corredor de alta capacidad.
- El riesgo puede ser mitigado mediante un sistema de contención con comportamiento convencional y desempeño probado.

La selección del NC1 se ajusta, por tanto, a las condiciones de operación del corredor vial y a las características del punto crítico analizado, garantizando una solución técnica compatible con la realidad del terreno y el nivel de riesgo identificado.

Figura 8 Niveles de contención para barreras de seguridad según estándar.

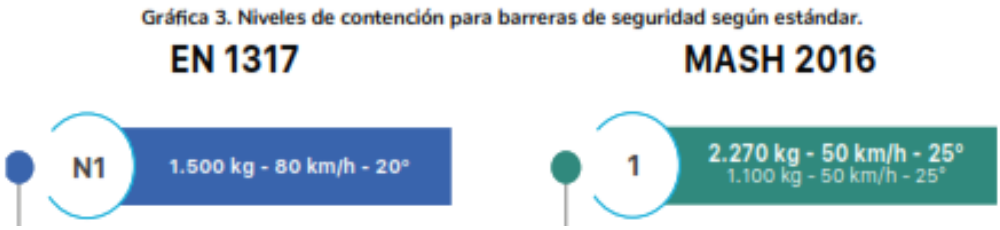


Tabla 2. Clasificación de los niveles de contención (NC) de las normas EN 1317 y MASH para barreras y barandas.

Clasificación	EN 1317	MASH
NC1 - Normal	N2	TL2
NC2 - Medio	H1, L1	TL3
NC3 - Alto	H2, L2, H3, L3	TL4
NC4 - Muy Alto	H4a, H4b, L4a, L4b	TL5, TL6

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

- Determinación disposición lateral de la barrera

Criterios de localización

Para definir la ubicación lateral de la barrera longitudinal, es necesario considerar que el corredor objeto de estudio corresponde a un trazado vial existente, el cual no será objeto de modificaciones geométricas debido a las restricciones físicas, topográficas y operativas identificadas durante las visitas de campo. En consecuencia, la implantación del sistema de contención debe ajustarse a la configuración actual de la vía, garantizando que su disposición no afecte la circulación vehicular, ni genere reducción adicional del ancho operativo.

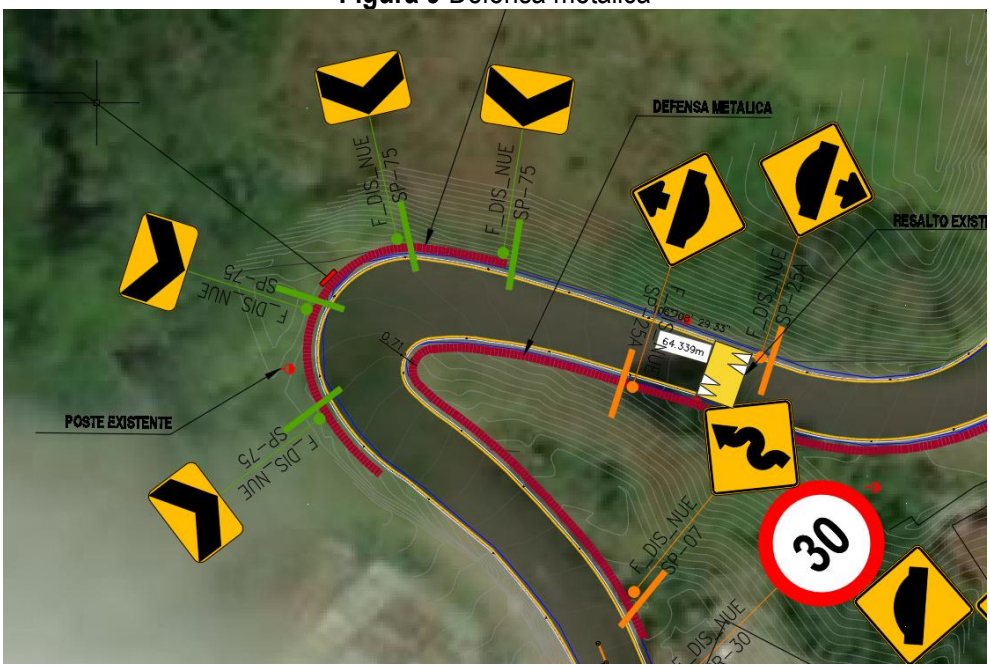
Con base en lo anterior, y siguiendo los criterios establecidos en el RTSCV y la MDSISCV para corredores sin ampliación de sección transversal, se determina que la barrera longitudinal deberá ubicarse a una distancia de 0,71 m medida desde el borde de la vía hacia el interior de la berma o franja de seguridad disponible. Esta separación permite:

- Asegurar la deflexión dinámica requerida sin invadir la calzada de circulación.
- Mantener la estabilidad del sistema en caso de impacto.
- Reducir interferencias con el tránsito, especialmente de motociclistas.
- Respetar las condiciones de drenaje existentes y minimizar afectaciones al talud.
- Garantizar que la barrera cumpla su función de redireccionamiento y contención de manera efectiva.

La distancia adoptada se encuentra dentro de los rangos recomendados por la normativa, la cual establece que la barrera debe situarse lo más próxima posible al borde de la calzada, siempre que exista espacio suficiente para permitir su correcta instalación y desempeño estructural. Además, esta ubicación evita la creación de zonas residuales o “falsos anchos” que podrían inducir al conductor a maniobras inseguras.

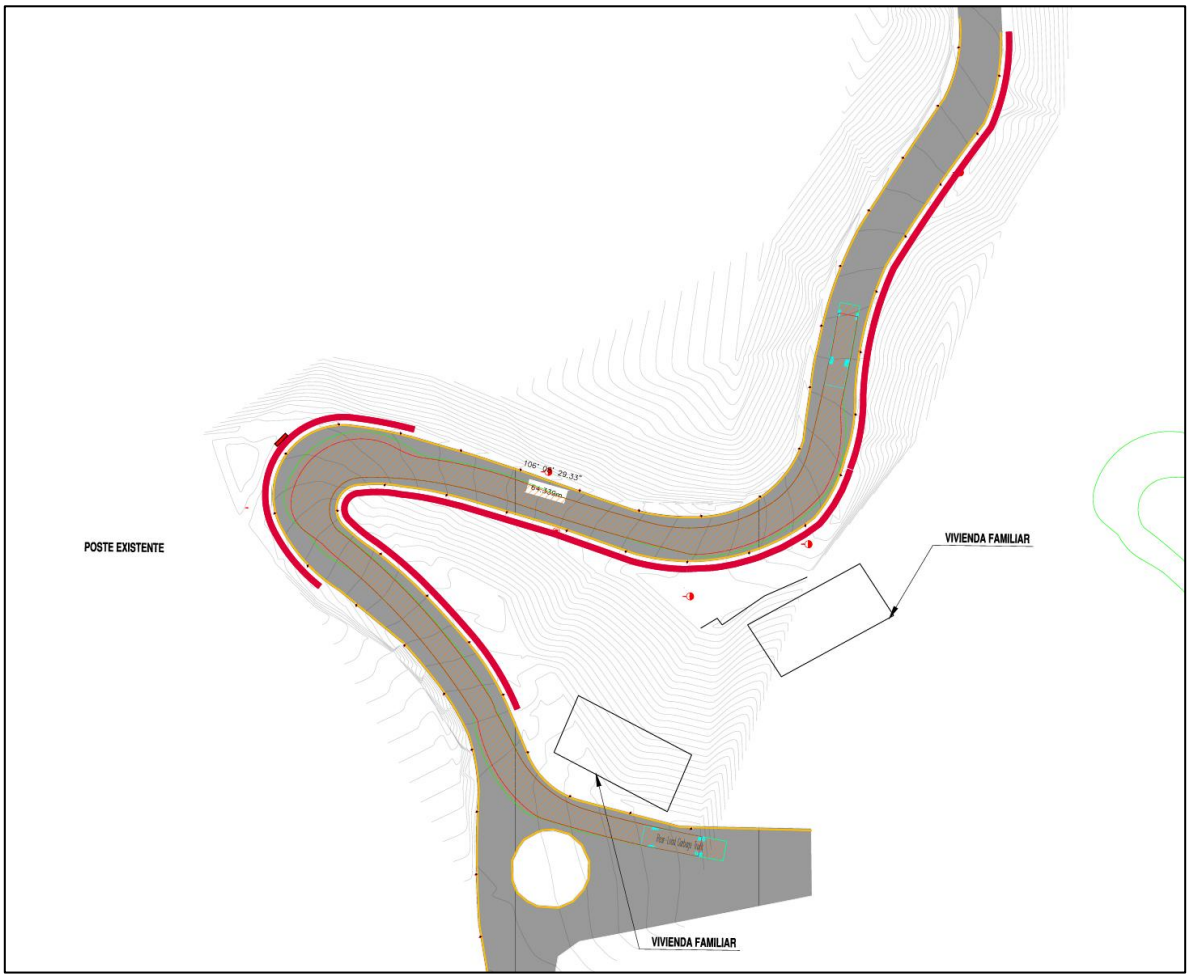
En síntesis, la selección de 0,71 m como distancia lateral representa la solución técnicamente viable y normativamente compatible con las condiciones físicas del corredor, garantizando una instalación funcional del sistema de contención sin alterar el trazado existente.

Figura 9 Defensa metálica



Fuente. Elaboración propia.

Figura 10 Trayectoria.



- **Determinación del ancho de trabajo disponible**

La barrera esté localizada también a 70 cm del borde de la berma.
En consecuencia, el ancho de trabajo está dado por los parámetros de campo y no se puede cumplir lo establecido en el manual.

La barrera se encuentra localizada a una distancia aproximada de 70 cm respecto al borde de la berma, lo cual responde a las restricciones físicas y geométricas del corredor, dado que la vía existente no permite una mayor separación lateral sin comprometer el ancho operativo de la calzada ni requerir modificaciones mayores en el talud o en la estructura vial.

Debido a esta limitación espacial, el ancho de trabajo disponible para la barrera longitudinal queda determinado directamente por las condiciones reales observadas en campo, y no por los valores ideales establecidos en el manual técnico. Esto implica que, aunque la MDSISCV y el RTSCV plantean anchos de trabajo recomendados para garantizar la deflexión y desempeño óptimo del sistema, en este caso particular no es posible cumplir estrictamente con dichos valores, debido a:

- La estrechez del corredor existente.
- La ausencia de bermas amplias o zonas de recuperación lateral.
- La proximidad inmediata del talud descendente.
- La necesidad de mantener la totalidad del carril disponible para la circulación vehicular.
- La imposibilidad de realizar ampliaciones viales o cortes adicionales en el talud.

En consecuencia, el diseño debe adaptarse a la realidad geométrica del tramo y seleccionar un sistema de contención compatible con un ancho de trabajo reducido, priorizando soluciones que presenten deflexiones controladas y comportamientos adecuados para espacios confinados.
La metodología reconoce que, en corredores viales existentes, especialmente en zonas rurales con topografía irregular, la implementación del sistema de contención debe ajustarse a las condiciones físicas del sitio, privilegiando la protección de los usuarios aun cuando no sea posible cumplir plenamente los valores teóricos recomendados en el manual. En este sentido, se plantea una solución técnicamente viable que atiende el nivel de riesgo identificado y que se adapta a las limitaciones del terreno sin comprometer la seguridad operativa del corredor.

- **Selección del tipo de barrera**

Para la selección del tipo de barrera, se considera el área de trabajo disponible y los rangos de deflexión de los sistemas de barreras disponibles en el manual en la Tabla 11.

Tabla 12 Selección de tipo de barrera

Clasificación	Deflexión (m)	Ejemplos
Flexible	2,0 - 3,5	Barreras de cables
Semirrígido	0,6 - 2,0	Barreras metálicas
Rígido	0,0 - 0,6	Barreras de concreto ancladas

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

Criterios de Diseño

7.3 Tramos Pereira – Marsella

A continuación, se presenta la aplicación detallada de la Metodología de Diseño de Sistemas de Contención Vehicular (SCV) sobre el tramo conocido como Pereira – Marsella , el cual se muestra de manera ilustrativa en la imagen adjunta. Este análisis constituye la base técnica para la selección del nivel de contención requerido, la identificación del peligro lateral predominante y la definición de la ubicación adecuada del sistema de protección dentro del corredor.

Condiciones actuales:

Figura 11 Vista de campo – tramo *Pereira – Marsella* .




ENTRADA Y
SALIDA DE
VOLQUETAS

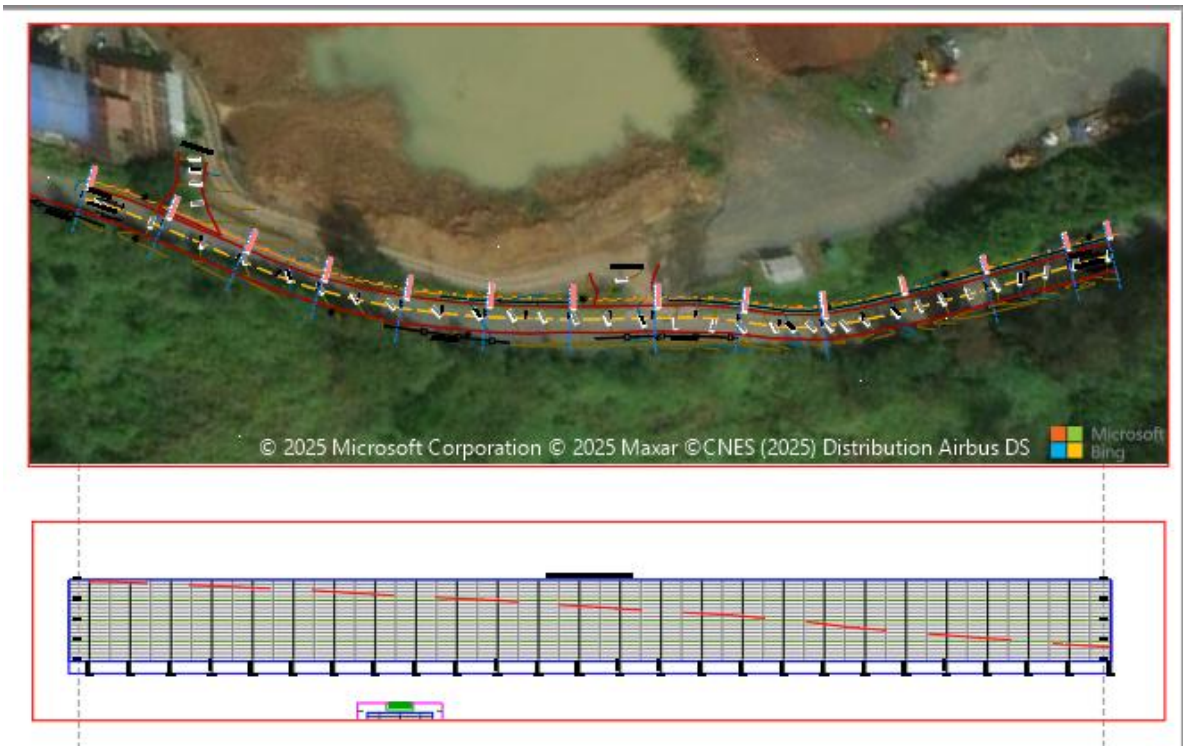

CURVA
PELIGROSA

El tramo Pereira – Marsella fue evaluado siguiendo los lineamientos establecidos en la Resolución 20243040022485 (MDSISCV, 2024), que establece un procedimiento estructurado compuesto por la identificación del peligro, la clasificación de su gravedad, el análisis del tránsito, la selección del algoritmo adecuado y la determinación del nivel de contención aplicable según las condiciones operativas y geométricas del sitio.

La representación gráfica permite dimensionar de manera preliminar la severidad del peligro lateral identificado y constituye un apoyo visual para la interpretación de los resultados obtenidos en cada paso del proceso metodológico.

En los apartados siguientes se desarrolla de manera detallada la aplicación del algoritmo, la clasificación del riesgo y la determinación del nivel de contención requerido para este tramo específico.

Figura 12 Tramo Pereira – Marsella.



Fuente. Elaboración propia.

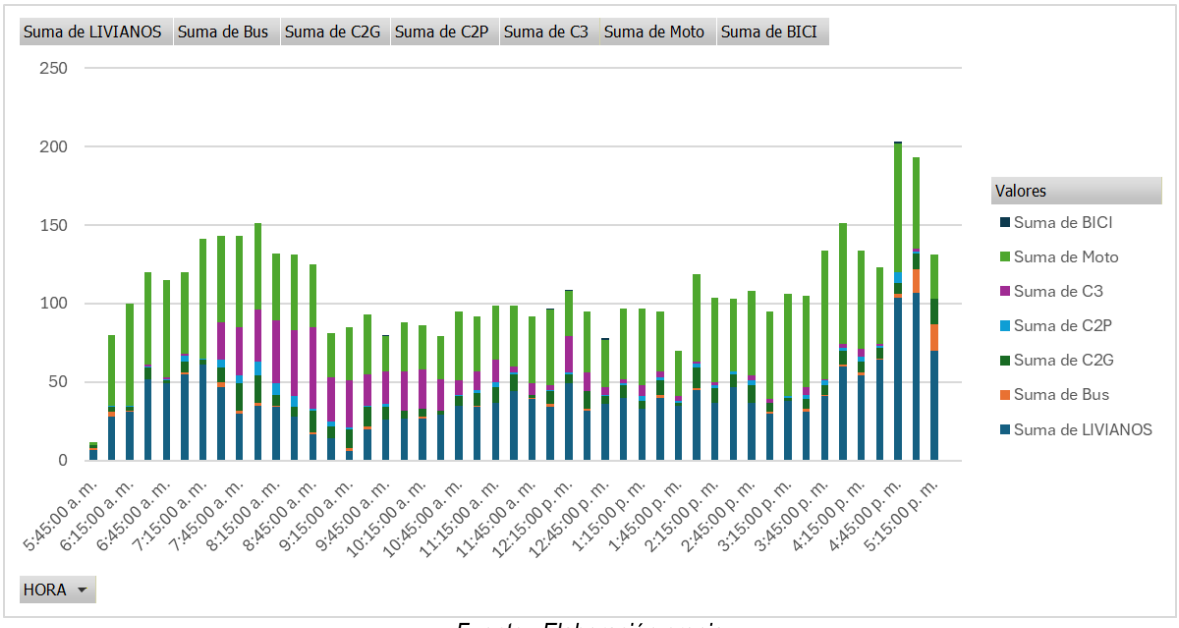
Figura 13 Análisis topográfico tramo Pereira – Marsella

Distancia en longitud:	250.00
Distancia en altura:	17.00
Pendiente en grados:	3.89°
Pendiente en porcentaje:	6.80%
Distancia total:	250.58

Fuente. Elaboración propia.

Características de la vía y entorno

Figura 14 volumen diario tramo Pereira – Marsella



Fuente. Elaboración propia.

Tabla 13 transito día típico Pereira – Marsella

	LIVIANOS	Bus	C2G	C2P	C3	Moto	BICI	TOTAL
VOLUMEN	1.876	70	357	98	524	2.199	5	5.129
% COMP	37%	1%	7%	2%	10%	43%	0%	
% ABC	64%	2%	33%					2.925

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 14 Parametros Pereira – Marsella

Parámetro	Unidad	Valor
Velocidad de operación (V85)	km/h	38.4
Nº de carriles	Un	2
Nº de calzadas	Un	1
Ancho de carril	m	3.5
Ancho de bermas	m	1.00

Fuente. Elaboración propia.

• Identificación del elemento peligroso y determinación de la gravedad del siniestro esperado

El tramo de estudio ha sido clasificado con un elemento peligroso principal asociado a la pendiente lateral de la curva, la cual constituye un riesgo significativo para los usuarios en caso de una eventual salida de vía. De acuerdo con los criterios establecidos en la Metodología para el Diseño, Selección e Instalación de Sistemas de Contención Vehicular (MDSISCV, 2024), la severidad del peligro se determina con base en las características geométricas del talud, la inclinación de la superficie y la altura efectiva disponible para el desplazamiento del vehículo fuera de control.

Conforme a los rangos definidos en la tabla correspondiente —incluida más adelante en el documento— la pendiente evaluada se clasifica dentro de la categoría de Gravedad Alta, debido a que:

- La inclinación del talud favorece el deslizamiento acelerado del vehículo una vez abandona la calzada.
- La altura y longitud del talud generan un riesgo elevado de volcamiento, rotación o pérdida completa de estabilidad.
- La energía cinética del vehículo no puede disiparse de manera progresiva, aumentando la probabilidad de daños severos al vehículo y lesiones graves a los ocupantes.
- La proximidad inmediata del peligro al borde de la calzada reduce la capacidad de recuperación del conductor.

• No existen elementos naturales que atenúen el desplazamiento, como franjas de terreno plano o vegetación densa.

La clasificación del peligro con Gravedad Alta determina que la aplicación del algoritmo de selección del nivel de contención debe continuar por la ruta correspondiente a peligros severos, lo cual implica la consideración de niveles de contención superiores y un análisis más estricto de la energía de impacto y de los parámetros de diseño del sistema.

Esta categorización establece las bases para la selección de sistemas de contención con desempeño estructural mayor, que permitan resistir impactos de mayor energía y garantizar la protección adecuada de los usuarios en este tramo crítico del corredor vial.

Tabla 15 Peligros potenciales - Pereira – Marsella

Peligros potenciales	Tipo	Continuo	Discontinuo	Nivel de gravedad (³)		
				1 Baja	1 Moderada	1 Alta
TALUDES (⁴)						
P=1V:3H de H < 2 m	Natural	X		X		
P=1V:3H de H ≥ 2 m	Natural	X			X	
1V: 2H≤P≤ 1V:1.5H de H < 2 m	Natural	X			X	
1V: 2H≤P≤ 1V:1.5H de H ≥ 2 m	Natural	X				X
Talud Vertical H < 2 m	Natural	X			X	
Talud Vertical (Precipicio) H ≥ 2 m	Natural	X				X

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

• **Determinación de la gravedad del siniestro esperado**

De acuerdo con las características geométricas y operativas del corredor, la gravedad del siniestro esperado en caso de que un vehículo pierda el control, abandone la plataforma de la carretera y descienda por el precipicio, se clasifica como Alta. Esta valoración se fundamenta en los criterios establecidos en la Metodología para el Diseño, Selección e Instalación de Sistemas de Contención Vehicular (MDSISCV, 2024), los cuales consideran la capacidad del terreno para disipar la energía, las condiciones topográficas y el comportamiento dinámico del vehículo ante una salida de vía.
La clasificación de gravedad alta se justifica por los siguientes factores:

- Altura y profundidad del desnivel, que representan un riesgo sustancial de caída libre o trayectoria incontrolada.
- Pendiente pronunciada del talud, que favorece el deslizamiento acelerado del vehículo y aumenta la probabilidad de vuelco o rotación.
- Ausencia de franjas de recuperación, bermas amplias u otros elementos naturales que puedan reducir la energía de desplazamiento.
- Proximidad del borde de la calzada al precipicio, lo que disminuye la posibilidad de maniobra o recuperación del control por parte del conductor.
- Consecuencias severas previstas para los ocupantes del vehículo, que incluyen lesiones graves o fatales, así como daños materiales significativos.

- La suma de estos factores permite concluir que la materialización del riesgo implicaría un siniestro de alta severidad, requiriendo por tanto la consideración de niveles de contención superiores dentro del algoritmo de selección del sistema de contención vehicular.
- Esta valoración constituye un insumo fundamental para determinar el tipo de barrera más adecuado, la resistencia requerida y el comportamiento estructural que debe presentar el sistema ante un impacto de alta energía.

- **Determinación del nivel de contención**

Para la determinación del nivel de contención requerido según las condiciones operativas de la carretera, se aplica el algoritmo definido en la Metodología para el Diseño, Selección e Instalación de Sistemas de Contención Vehicular (MDSISCV, 2024). Este algoritmo, elaborado específicamente para orientar la selección de barreras longitudinales en función del riesgo, integra de forma secuencial variables geométricas, operativas y de exposición que influyen directamente en el desempeño esperado del sistema.
La aplicación del algoritmo presentado en la Gráfica 6 constituye el método oficial y obligatorio para seleccionar el nivel de contención, asegurando que el sistema propuesto responda adecuadamente a las características reales del corredor y al nivel de riesgo identificado.

- **Parámetros para determinar el nivel de contención**
- **Selección de la sección aplicable del algoritmo**

Para seleccionar la sección del algoritmo aplicable a las condiciones de riesgo generadas por el elemento peligroso identificado, es necesario establecer previamente la gravedad del peligro, de acuerdo con los criterios definidos en la Metodología para el Diseño, Selección e Instalación de Sistemas de Contención Vehicular (MDSISCV, 2024). La metodología clasifica los peligros laterales más comunes —como taludes, cunetas profundas, precipicios, muros rígidos u obstáculos naturales—

en categorías de gravedad Baja, Moderada o Alta, según su capacidad de generar daños severos a los ocupantes del vehículo en caso de salida de la vía.

En el caso de estudio, el elemento peligroso corresponde a un talud lateral con pendiente pronunciada, cuya geometría favorece el deslizamiento acelerado del vehículo y eleva significativamente la severidad del siniestro. De acuerdo con los rangos establecidos en la tabla respectiva del manual, este tipo de talud se clasifica dentro de la categoría de Gravedad Alta, debido a la combinación de:

- Inclinación acentuada del terreno.
- Altura efectiva del desnivel.
- Longitud del recorrido potencial del vehículo fuera de la vía.
- Ausencia de zonas de recuperación o elementos que atenúen la energía del impacto.

Una vez determinada la gravedad, se procede a la selección de la sección del algoritmo correspondiente. Aunque la gravedad del peligro es Alta, el manual establece que, para taludes de esta naturaleza y bajo las condiciones operativas del tramo, se debe aplicar la sección intermedia del algoritmo. Esta sección está diseñada para el análisis de peligros severos cuya energía de impacto no alcanza los niveles extremos que demandan la aplicación de la sección de mayor contención, pero sí requieren un enfoque más riguroso que el aplicado a peligros de gravedad baja o moderada.
La selección de esta ruta metodológica garantiza que:

- El análisis responda adecuadamente al nivel de riesgo real.
- Se consideren valores de contención superiores a los básicos.
- La decisión final sobre el nivel de contención sea coherente con la severidad esperada del siniestro.

La gravedad alta asociada al talud obliga a seguir la sección intermedia del algoritmo del manual, asegurando que el diseño del Sistema de Contención Vehicular (SCV) esté alineado con las condiciones críticas del tramo y con los lineamientos técnicos oficiales.

- **Condición de decisión sobre la velocidad**

La aplicación del algoritmo inicia con la verificación de la velocidad adoptada para el proyecto, específicamente si la velocidad de diseño o mejoramiento del trazado existente es mayor o igual a 60 km/h, tal como lo establece el primer nodo decisional del procedimiento metodológico para vías existentes. En el caso del tramo analizado, esta condición se cumple, dado que la velocidad definida para el corredor supera el umbral de 60 km/h estipulado en el manual.

En consecuencia, el análisis debe continuar siguiendo la secuencia decisional correspondiente a la primera columna del algoritmo, la cual se aplica exclusivamente a proyectos en los que la velocidad operativa o de diseño supera dicho límite y, por tanto, exige un tratamiento más riguroso de la selección

del nivel de contención. Esta primera columna se encuentra estructurada para evaluar escenarios donde:

- El vehículo desarrolla velocidades significativas antes de enfrentar el elemento peligroso.
- La energía cinética asociada a una posible salida de vía es elevada.
- Las posibilidades de recuperación del conductor son limitadas debido a la geometría existente.
- La magnitud del impacto potencial requiere un análisis más detallado del desempeño estructural del sistema de contención.

De esta manera, al cumplirse la condición inicial de velocidad ≥ 60 km/h, la metodología obliga a continuar por la ruta analítica de mayor exigencia dentro del algoritmo, garantizando que la selección del sistema de contención vehicular (SCV) responda adecuadamente a las condiciones dinámicas del corredor y al nivel de riesgo identificado.

- **Selección del nivel de contención**

Tabla 16 Nivel de contención.

TPD	Camiones de más de 2 ejes (veh/día)	
	Una sola calzada	Doble calzada
≤ 1000	300	360
1000 - 3000	300 + 0,10*(TPD - 1000)	360 + 0,12*(TPD - 1000)
3000 - 7000	500 + 0,08*(TPD - 3000)	600 + 0,10*(TPD - 3000)
> 7000	820 + 0,06*(TPD - 7000)	1000 + 0,08*(TPD - 7000)

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

Con base en el TPD del corredor, cuyo valor asciende a 5.129 vehículos/día, se obtiene un volumen equivalente a 670 vehículos/día para el análisis según los criterios establecidos en la metodología. Este valor se contrasta con el parámetro de referencia utilizado en la tabla correspondiente del manual, el cual para este tramo es 979 veh/día.

Dado que 979 es mayor que 670, el volumen real del corredor se encuentra por debajo del umbral de la tabla, lo que determina que el análisis debe continuar por la ruta metodológica asignada a corredores con volúmenes inferiores al límite de referencia. Esta condición define el flujo vehicular como moderado dentro del contexto del algoritmo.

Una vez verificada esta relación y siguiendo la secuencia de decisión establecida en la Gráfica 6 – Algoritmo de selección del nivel de contención de barreras longitudinales, se procede a continuar con

los pasos posteriores del proceso decisional, incorporando la gravedad del peligro, la velocidad operativa y la exposición al riesgo.

El recorrido completo por el algoritmo, respetando las bifurcaciones asociadas al volumen vehicular, permite concluir que para este tramo la metodología indica la selección de un Nivel de Contención 1 (NC1), clasificado como Normal, el cual es adecuado para:

- Corredores cuyo flujo no amerita niveles superiores de contención.
- Peligros laterales cuya gravedad no excede los rangos de alto impacto energético.
- Condiciones operativas donde se requiere garantizar la redirección del vehículo sin sobredimensionar el sistema.

La selección del nivel NC1 NORMAL constituye la solución técnica coherente con los parámetros analizados y cumple con los criterios del manual, asegurando un comportamiento adecuado del sistema de contención vehicular frente a las condiciones reales del corredor.

Tabla 17 Niveles de contención para barreras de seguridad según estándar.

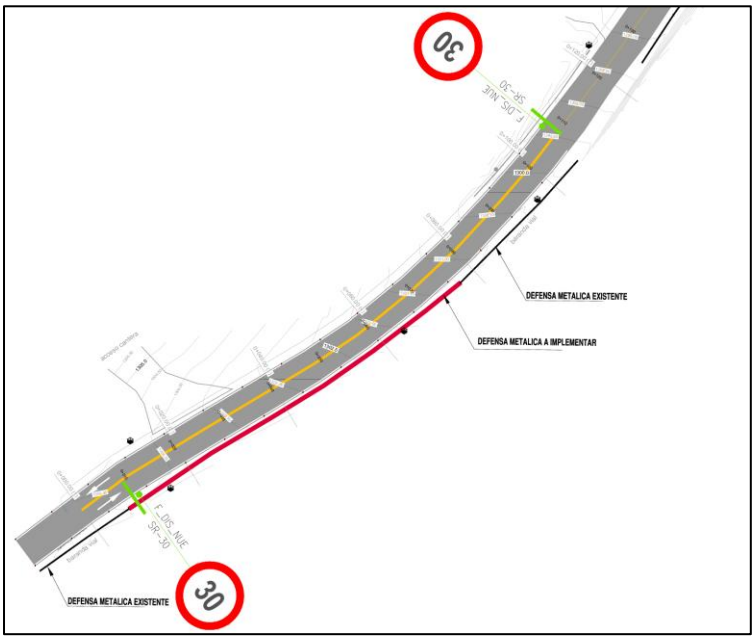


Tabla 2. Clasificación de los niveles de contención (NC) de las normas EN 1317 y MASH para barreras y barandas.

Clasificación	EN 1317	MASH
NC1 - Normal	N2	TL2
NC2 - Medio	H1, L1	TL3
NC3 - Alto	H2, L2, H3, L3	TL4
NC4 - Muy Alto	H4a, H4b, L4a, L4b	TL5, TL6

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

Figura 15 Defensa metálica Pereira – Marsella



7.4 Tramo vía Turín curtimbres _

Condiciones actuales:

Figura 16 Vía Turín- curtimbres



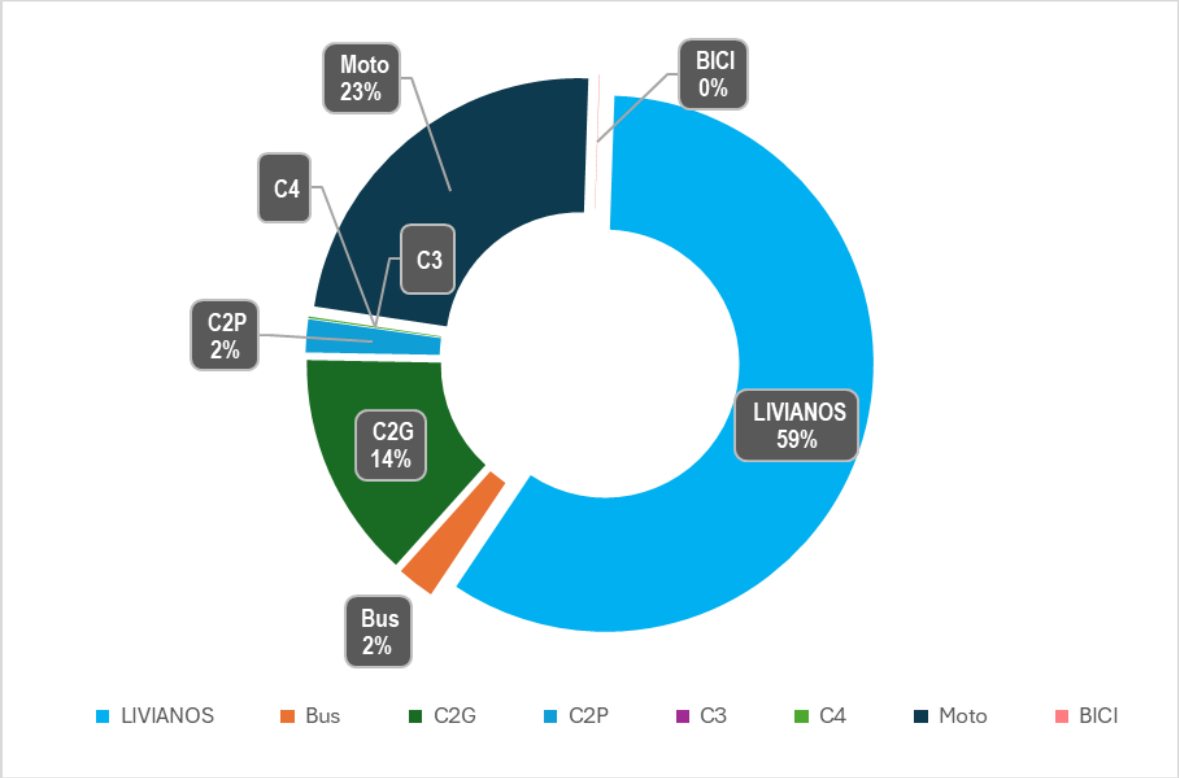




Tabla 18 transito día típico Vía Turín- curtimbres

LIVIANOS	Bus	C2G	C2P	C3	C4	Moto	BICI	TOTAL
3.622	139	842	122	0	6	1425	2	6.158
59%	2%	14%	2%	0%	0%	23%	0%	

Figura 17 Composición vehicular Vía Turín- curtimbres



Los conteos vehiculares evidencian que el corredor presenta una clara dominancia de vehículos livianos (59%) y motocicletas (23%), lo cual es característico de vías suburbanas, con alta dependencia del transporte particular y una operación dinámica marcada por maniobras frecuentes de adelantamiento y cambios bruscos de trayectoria por parte de las motos. La presencia de vehículos pesados tipo C2G y C2P (16% en conjunto), aunque no mayoritaria, tiene un impacto relevante sobre la operación, especialmente en tramos con pendiente. La participación de buses (2%) y bicicletas (casi nula) refleja un corredor con bajo uso de transporte colectivo y mínima actividad de modos no motorizados. En conjunto, estos resultados caracterizan una vía con flujo mixto, donde los pesados imponen restricciones operativas, los livianos mantienen el volumen base y las motocicletas condicionan la seguridad vial, por lo que cualquier intervención de infraestructura (como sistemas de contención, señalización o mejoras geométricas) debe priorizar la mitigación de riesgos asociados a esta mezcla modal.

Figura 18 volumen diario Vía Turín- curtimbres

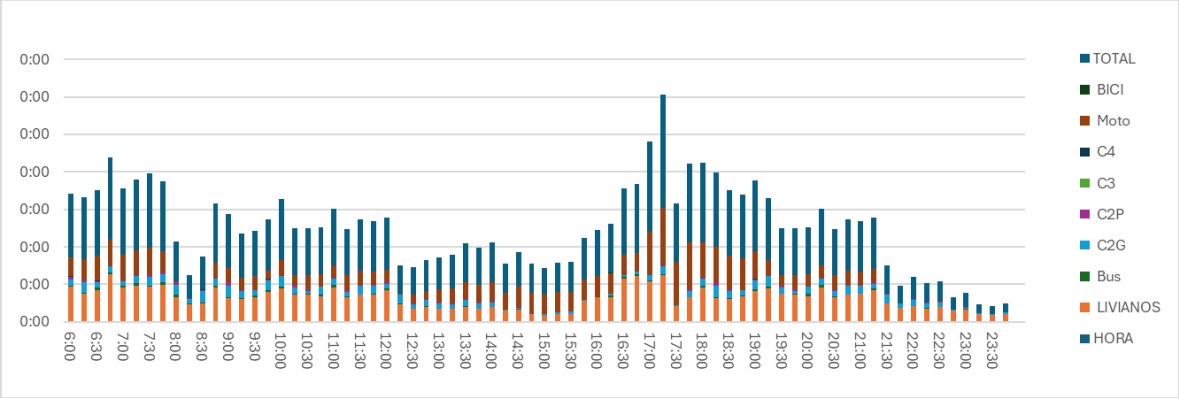


Tabla 19 Parametros Vía Turín- curtimbres

Parámetro	Unidad	Valor
Velocidad de operación (V85)	km/h	35
Nº de carriles	Un	2
Nº de calzadas	Un	1
Ancho de carril	m	3.50
Ancho de bermas	m	1.00
Ancho de la berma de retiro	m	0,00

- **Identificación del elemento peligroso y determinación de la gravedad del siniestro esperado.**

El elemento peligroso identificado es la pendiente de la curva, la cual se considera Gravedad alta

- **Determinación de la gravedad** del **siniestro esperado**

De acuerdo con las características del talud de la curva presentes en el terreno, la gravedad del siniestro esperado en caso de materializarse el riesgo de que un vehículo fuera de control abandone la carretera y ruede sobre pendiente, se considera como moderada.

- **Determinación del nivel de contención**

Para la determinación del nivel de contención requerido para las condiciones operativas de la carretera, se aplica el algoritmo construido para el efecto en la Metodología, el cual se presenta en la gráfica 6.

- **Parámetros para determinar el nivel de contención**
- **Selección de la sección aplicable del algoritmo**

seleccionar la sección del algoritmo aplicable a las condiciones de riesgo generadas por elemento peligroso identificado, se escoge la que corresponda según su nivel de gravedad. Los peligros más comunes en zonas laterales y su gravedad asociada.

Peligros potenciales	Tipo	Continuo	Discontinuo	Nivel de gravedad (5)		
				1 Baja	1 Moderada	1 Alta
TALUDES (4)						
P=1V:3H de H < 2 m	Natural	X		X		
P=1V:3H de H ≥ 2 m	Natural	X			X	
1V: 2H≤P≤ 1V:1.5H de H < 2 m	Natural	X			X	
1V: 2H≤P≤ 1V:1.5H de H ≥ 2 m	Natural	X				X
Talud Vertical H < 2 m	Natural	X			X	
Talud Vertical (Precipicio) H ≥ 2 m	Natural	X				X
Taludes en corte disparejos, o con profundos surcos de erosión, rocas grandes y árboles	Natural	X			X	
Sección en corte vertical con proyección horizontal ≤ 20 cm	Artificial o natural	X		X		
Sección en corte vertical con proyección horizontal > 20 cm	Artificial o natural	X			X	

Según la pendiente del talud que se tiene en el caso de estudio observa la gravedad es alta. Con base en esto, se debe aplicar la sección intermedia del algoritmo del manual.
Condición de decisión sobre la velocidad

La secuencia se inicia con la verificación de si la velocidad adoptada para el proyecto al mejoramiento del trazado de la carretera existente es ≥ de 60 km/h, lo cual se cumple y en consecuencia se debe continuar la aplicación de la secuencia de decisión de la primera columna del algoritmo.
Selección del nivel de contención

Con base en el TPD del corredor (6158) se tiene un volumen de 753 Veh/día
Ahora bien, el valor de 753 es menor a 816 que es el valor calculado en la tabla y una vez revisada la Gráfica 6. Algoritmo de selección del nivel de contención de barreras longitudinales y revisar las tablas 4,5,6, se determina un NC1 normal.

Tabla 20 Niveles de contención para barreras de seguridad según estándar.



Tabla 2. Clasificación de los niveles de contención (NC) de las normas EN 1317 y MASH para barreras y barandas.

Clasificación	EN 1317	MASH
NC1 - Normal	N2	TL2
NC2 - Medio	H1, L1	TL3
NC3 - Alto	H2, L2, H3, L3	TL4
NC4 - Muy Alto	H4a, H4b, L4a, L4b	TL5, TL6

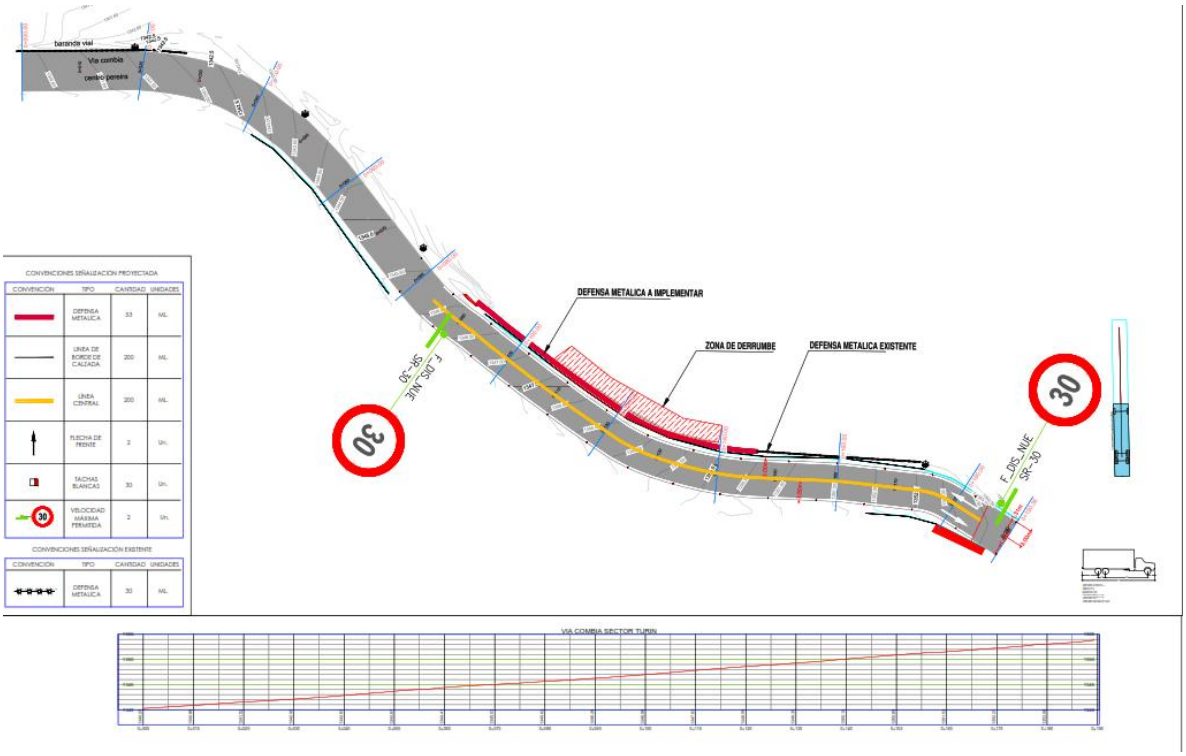
Fuente: Elaborado a partir de norma EN 1317 Y Manual MASH (2016).

- **Determinación disposición lateral de la barrera**

Criterios de localización

Para la ubicación lateral de la barrera longitudinal se debe considerar que el proyecto consta de un trazado vial establecido y este no se considera para su modificación por tal razón este se instalará a 0.71 m del borde de la vía.

Figura 19 tramo a intervenir Turín curtimbres



- **Determinación del ancho de trabajo disponible**

La barrera esté localizada también a 70 cm del borde de la berma.
En consecuencia, el ancho de trabajo está dado por los parámetros de campo y no se puede cumplir lo establecido en el manual.
Selección del tipo de barrera
Para la selección del tipo de barrera, se considera el área de trabajo disponible y los rangos de deflexión de los sistemas de barreras disponibles en el manual en la Tabla 11.

Clasificación	Deflexión (m)	Ejemplos
Flexible	2,0 - 3,5	Barreras de cables
Semirrígido	0,6 - 2,0	Barreras metálicas
Rígido	0,0 - 0,6	Barreras de concreto ancladas

Norma – MANUAL	Nivel de contención	NIVEL DE CONTENCIÓN
EN 1317	NORMAL	N2
MASH	NORMAL	TL2 Deflexión dinámica: Menor de 1,0 m

Criterios de localización

Para definir la ubicación lateral de la barrera longitudinal, se debe considerar que el corredor en estudio corresponde a un trazado vial existente, el cual no será objeto de modificaciones geométricas ni ampliaciones de calzada debido a las restricciones topográficas, de disponibilidad de terreno y a la estabilidad del talud adyacente. En consecuencia, la implantación del sistema de contención debe ajustarse estrictamente a las condiciones físicas actuales del corredor.

Bajo este criterio, la barrera longitudinal se instalará a una distancia de 0,71 m medida desde el borde de la vía, lo cual representa la solución técnicamente viable dentro del espacio disponible. Esta separación se adopta considerando que:

- Se preserva el ancho operativo de la calzada, evitando invasiones al carril de circulación.
- Se garantiza el espacio mínimo necesario para la colocación de los postes y la ejecución de las actividades de hincado o cimentación.
- El sistema de contención podrá desarrollar su deflexión dinámica dentro del margen disponible, sin comprometer la estabilidad del talud ni generar interferencias con el tránsito.
- Se evita la creación de zonas residuales inseguras entre la barrera y el borde de la calzada, lo que podría inducir maniobras riesgosas.
- Se cumple con el principio normativo de ubicar la barrera lo más próxima posible al borde de la vía, cuando la geometría existente no permite el ancho de trabajo recomendado por el manual.

Aunque el RTSCV y la MDSISCV establecen valores ideales para la distancia lateral y el ancho de trabajo de una barrera longitudinal, en corredores con secciones estrechas o condiciones topográficas restrictivas, como en este caso, la metodología permite adaptar el diseño a la realidad del terreno, privilegiando la protección efectiva del usuario frente a la imposibilidad de cumplir con los valores teóricos.

Por tanto, la distancia adoptada de 0,71 m constituye la posición más adecuada y segura para garantizar el desempeño del sistema de contención vehicular en este tramo, sin comprometer la funcionalidad de la vía ni la estabilidad del entorno.

Figura 20 Tramo Vía Turín- curtimbres.



Fuente. Elaboración propia.

- **Determinación del ancho de trabajo disponible**

La barrera se encuentra localizada a una distancia aproximada de 95 cm respecto al borde de la berma, posición que responde a las restricciones geométricas y geotécnicas del corredor. Este sector hace parte de un deslizamiento de gran magnitud, ampliamente activo y con manifestaciones visibles de pérdida de soporte lateral, desplazamiento del terreno y deformación superficial.

Debido a la extensión y complejidad del fenómeno, su tratamiento geotécnico integral excede el alcance de la presente consultoría, cuyo objeto se centra exclusivamente en el diseño e instalación del sistema de contención vehicular (SCV). Por lo tanto, no se contempla la estabilización completa del deslizamiento ni la intervención profunda del talud en esta fase del proyecto.
Ante esta condición, la metodología adoptada determina que la instalación de la barrera debe realizarse desde la pata del talud o en la zona más estable identificada, garantizando:

- La conservación del ancho operativo de la vía.
- La implantación segura de los postes, evitando zonas con pérdida de soporte.
- La funcionalidad mínima requerida del sistema de contención, aun en un entorno geotécnicamente restringido.
- La no afectación de la zona en movimiento, lo cual podría agravar la inestabilidad si se interviniera sin un estudio geotécnico profundo.

Es importante señalar que la ubicación a 95 cm de la berma corresponde al único espacio viable para la instalación de la barrera, dado que una proximidad mayor a la calzada invadiría el carril de circulación, y un alejamiento hacia el talud podría comprometer la estabilidad estructural del sistema al ubicarse en un terreno afectado por el deslizamiento.

En consecuencia, la disposición propuesta constituye la solución más segura, técnicamente viable y compatible con las limitaciones del sitio, al tiempo que cumple con el propósito de mitigar el riesgo inmediato para los usuarios sin intervenir de manera profunda un talud que requiere estudios y obras adicionales por fuera del alcance del presente contrato.

- **Selección del tipo de barrera**

Para la selección del tipo de barrera longitudinal más adecuado para el tramo en estudio, es necesario considerar de manera conjunta el área de trabajo disponible en el corredor y los rangos de deflexión de los sistemas de contención establecidos en la Tabla 11 del manual. Esta tabla recopila los valores de deflexión dinámica, ancho de trabajo y criterios de desempeño asociados a cada tipo de sistema certificado bajo la normativa EN 1317, constituyendo la referencia oficial para la selección del sistema en función de las restricciones geométricas del sitio.

Dado que la vía presenta un ancho lateral reducido, bordes de calzada comprometidos por procesos de inestabilidad y taludes de inclinación pronunciada, el área disponible para permitir la deflexión de la barrera se encuentra limitada. En consecuencia, la selección del sistema de contención debe enfocarse en alternativas que ofrezcan:

- Deflexiones dinámicas controladas o reducidas, compatibles con el espacio disponible.
- Anchos de trabajo mínimos, tal como se establece en los valores inferiores de la Tabla 11.
- Capacidad para garantizar la redirección efectiva del vehículo sin comprometer la estabilidad del talud ni invadir la calzada.
- Desempeño adecuado frente al nivel de contención requerido (NC1, N2, H1, etc.) según el análisis previo del algoritmo.

El análisis comparativo entre el área de trabajo disponible y los valores de la Tabla 11 permite descartar sistemas cuya deflexión exceda la franja lateral existente, y orienta la selección hacia sistemas con desempeño estructural adecuado para condiciones de espacio confinado.

En síntesis, la elección del tipo de barrera debe basarse en un equilibrio entre:

1. La disponibilidad espacial real del corredor, determinada por las restricciones físicas y geotécnicas, y
2. Los valores de deflexión y ancho de trabajo consignados en la Tabla 11, asegurando la compatibilidad entre el sistema seleccionado y el entorno donde será instalado.

Esta metodología garantiza que la barrera seleccionada funcione correctamente dentro de las limitaciones del tramo y cumpla con los criterios de seguridad establecidos en el manual.

Tabla 21 Clasificación de barrera Vía Turín- curtimbres

Clasificación	Deflexión (m)	Ejemplos
Flexible	2,0 - 3,5	Barreras de cables
Semirrígido	0,6 - 2,0	Barreras metálicas
Rígido	0,0 - 0,6	Barreras de concreto ancladas

Fuente. Manual Sistemas de contención Vehicular 2024 Segunda edición

Tabla 22 Barreras a implementar Vía Turín- curtimbres

Norma – MANUAL	Nivel de contención	NIVEL DE CONTENCIÓN
EN 1317	NORMAL	N2
MASH	NORMAL	TL2 Deflexión dinámica: Menor de 1,0 m

Fuente. Elaboración propia.

9. SEÑALIZACIÓN VIAL

ANEXO 01 - VIA COMBIA – MARSELLA
ANEXO 02 VIA PEREIRA MARSELLA
ANEXO 03 – VIA BALBOA LA CELIA

10. PRESUPUESTO Y APU

Incluye:

- Suministro e instalación de barandas N2/H1
- Postes, tensores, terminales
- Señalización vertical y horizontal
- Transporte, mano de obra y equipos
- Costos indirectos, AIU y contingencias

(Se entrega en documento Excel en la versión final del proyecto)

11. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Materiales
- Tolerancias geométricas
- Métodos constructivos
- Condiciones de recibo técnico
- Certificados del sistema

12. PMT – PLAN DE MANEJO DE TRÁNSITO

Se propone un Plan de Manejo de Tránsito (PMTG) general, en el cual se establecen las cantidades estimadas de señalización, dispositivos de control y elementos requeridos para la ejecución del proyecto. Dicho PMT se presenta a nivel esquemático, considerando que cada municipio, a través de sus entidades competentes, deberá exigir la radicación e implementación de los Planes de Manejo de Tránsito específicos, ajustados a sus lineamientos, protocolos y requisitos normativos. En ese sentido, los PMT definitivos deberán cumplir las condiciones técnicas y administrativas correspondientes a un PMT Categoría II, garantizando así que las actividades constructivas se desarrollen con los niveles adecuados de seguridad vial, operatividad y mitigación del impacto sobre la movilidad.



Metodología de elaboración de un PMT Categoría II

Obras de mediano impacto Para esta categoría, el área de obras está conformada por el área de influencia directa e indirecta. Es indispensable realizar una visita de reconocimiento de las zonas de obra con la identificación de aspectos que puedan verse afectados con la intervención de la obra a realizar. Posteriormente, definir cuál esquema típico resulta más idóneo a implementar (sin perjuicio que cada autoridad competente pueda definir sus esquemas típicos atendiendo las señales y dispositivos establecidos en el Manual de señalización vigente, preservando los principios fundamentales que trata el presente capítulo.

Especificaciones de la vía:
Se requiere aportar inventario vial, inventario de señalización, así como también los siguientes aspectos:
• Usos del suelo.
• Tipología de vía.
• Sentidos viales.
• Inventario de rutas de transporte público (si aplica).
• Sección de andenes (FCP, FCC, si aplica).
• Tipo de pavimento. • Sección transversal.
• Inventario de intersecciones semaforizadas (si aplica), y de otras intersecciones.

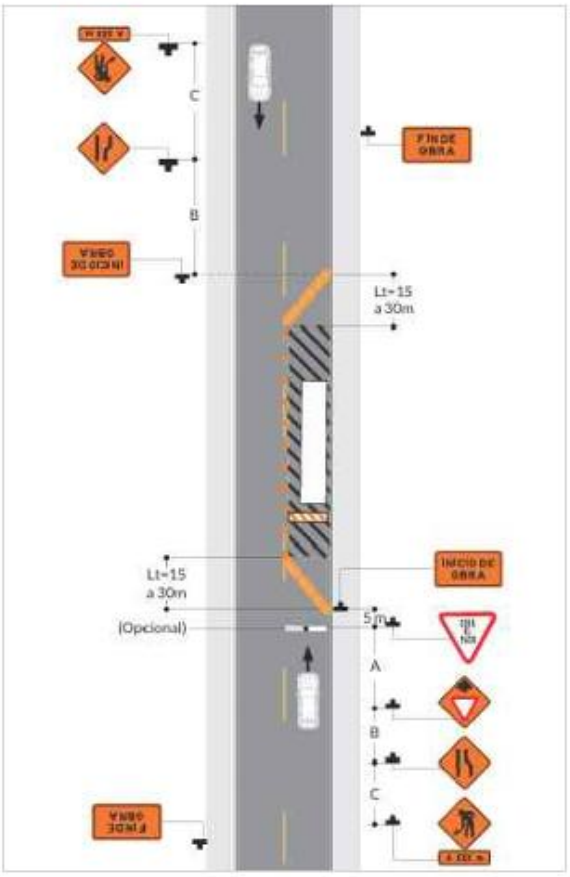
b. Recolección de información detallada de las características del tránsito El profesional idóneo encargado de elaborar el PMT categoría II deberá establecer las variables de tránsito relevantes, con el fin de entregar una propuesta que incluya los posibles impactos de la intervención y proyecte dentro de la propuesta de PMT alternativas de manejo y de mitigación tendientes a acoger los principios de la ingeniería de tránsito; así mismo, deberá evaluar como mínimo los siguientes aspectos:
• Volúmenes de tránsito (autos, buses, camiones y otros).

• Volúmenes no motorizados.
• Volúmenes peatonales.
• Variación horaria.
• Hora de máxima demanda PM y AM.
• Composición del tránsito.
• Velocidad de operación del tránsito.
• Características del transporte público. - Inventario de rutas de transporte público. - Ubicación de paraderos. - Frecuencias. - Períodos de servicio.
• Análisis de siniestralidad vial: - Sitios críticos de siniestralidad. - Análisis de usuarios involucrados y causales.
• Es necesario un informe del análisis de tránsito (cálculos matemáticos) con mínimo lo siguiente: - Cálculos matemáticos empleados para el análisis. - Análisis de relación volumen/capacidad. - Conclusiones del impacto del PMT y propuestas para su mitigación.

- Señalización temporal
- Control de un solo carril
- Bandereo en curvas
- Restricción de maquinaria en horas pico
- Protección a peatones y motociclistas

Figura 21 Esquemas de señalización a implementar

Cierre de carril en una vía bidireccional, con bajo volumen de tránsito :



Cierre de un carril en una vía bidireccional de dos carriles, con auxiliares de tránsito :



Tabla 23 Cantidades.

CONVENCIÓN	TIPO	CANTIDAD
 SIO–02	INICIO DE OBRA	2
 SIO–03	FIN DE OBRA	2
 SPO–01	TRABAJOS EN LA VÍA	2
 SPO–03	AUXILIAR DE TRANSITO	2
 SPO–06	ANGOSTAMIENTO	2
	VELOCIDAD MAXIMA	2
	BARRERA PLASTICA CON FAROS	10
	DELINEADOR TUBULAR CON FARO	20
	BARRICADA CON FARO	2
	CONTROLADOR DE TRÁNSITO	2

13. CONCLUSIONES

1. Los tres corredores viales presentan riesgos significativos que justifican la instalación de sistemas de contención vehicular.
2. El Sector M de Balboa – La Celia es el tramo más crítico por presencia de población y pendientes pronunciadas.
3. La aplicación rigurosa de la MDSISCV permitió seleccionar adecuadamente sistemas N2 y H1.
4. La intervención mitigará riesgos asociados a accidentalidad y protegerá a la población local.
5. Se recomienda realizar las obras dentro del plazo contractual y bajo supervisión especializada.

MARTHA LUCIA MEJÍA DUQUE	**RAFAEL AGUDELO ORTIZ**	**CARLOS ALBERTO DEL RIO RESTREPO**
Gerente PROENCO EU	Ingeniero Civil – Especialista en vías y Transporte Mat. Profesional No..66202-326012 Diplomado Auditorias en seguridad vial **Director de la Consultoría**	Ingeniero Civil – Especialista en Planificación y Proyectos Mat. Profesional No.25202-78777CND **Director General de Proyectos**