



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe No. LM-PI-USVT-017-19

Evaluación de la seguridad vial del proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27

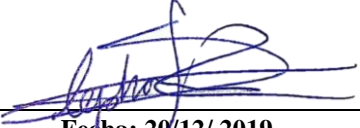
Periodo 2018-2019

Preparado por:

Unidad de Seguridad Vial y Transporte

San José, Costa Rica
Diciembre, 2019



1. Informe LM-PI-USVT-017-19		2. Copia No. 1
3. Título y subtítulo: Evaluación de la seguridad vial del proyecto San José - Caldera Ruta Nacional 27: Periodo 2018-2019		4. Fecha del Informe 20 de diciembre, 2019
7. Organización y dirección Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales Universidad de Costa Rica, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca, Costa Rica. Tel: (506) 2511-2500 / Fax: (506) 2511-4440		
8. Notas complementarias En la elaboración del informe colaboró Giancarlos Umaña Marín, asistente de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-Lanamme.		
9. Resumen El presente informe muestra los resultados de la evaluación de la seguridad vial del proyecto San José – Caldera, Ruta Nacional 27: Periodo 2018 – 2019. La evaluación se enfocó en el análisis del estado de las márgenes de carretera de la vía, tomando en consideración los registros históricos de sistemas de contención colisionados y el análisis observacional de los dispositivos. Se presentan recomendaciones para mejorar las condiciones de seguridad vial del proyecto.		
10. Palabras clave Seguridad vial, sistema de contención vehicular	11. Nivel de seguridad: N/A	12. Núm. de páginas 38
13. Preparado por: Ing. Stephan Rodríguez Shum, MSc. Unidad de Seguridad Vial y Transporte, PITRA-LanammeUCR  Fecha: 20/12/2019	14. Revisado por: Ing. Diana Jiménez Romero, MSc., MBA Coordinadora Unidad de Seguridad Vial y Transporte, PITRA-LanammeUCR Fecha: 20/12/2019	Lic. Miguel Chacón Alvarado, Asesor Legal Externo LanammeUCR Fecha: 20/12/2019
15. Aprobado por: Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, MSc. Coordinadora Programa Infraestructura del Transporte, LanammeUCR Fecha: 20/12/2019	Ing. Alejandro Navas Carro, MSc. Director LanammeUCR Fecha: 20/12/2019	



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Introducción	5
1.1. Objetivo general	6
1.2. Objetivos específicos	6
1.3. Ubicación	7
1.4. Alcances	8
1.5. Limitaciones	8
2. Resultados de Evaluación	9
2.1. Análisis de registro de sistemas de contención vehicular colisionados	9
2.2. Sitios con mayor frecuencia de colisión de sistemas de contención vehicular	13
2.2.1. Tramo entre estación 30+000 y 40+000	13
2.2.2. Tramo entre estación 70+000 y 76+310	21
3. Conclusiones y recomendaciones	30
3.1. Conclusiones	30
3.2. Recomendaciones	31
4. Bibliografía	34
5. Anexo	35



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. RESUMEN DE COLISIONES A SISTEMAS DE CONTENCIÓN, PERIODO 2014 - 2018	9
TABLA 2. REGISTRO DE VELOCIDADES EN LA SECCIÓN ENTRE LAS ESTACIONES 71+000 Y 72+000	23
TABLA 3. REGISTRO DE VELOCIDADES EN LA SECCIÓN ENTRE LAS ESTACIONES 76+000 Y 76+310	28
TABLA 4. REGISTRO DE COLISIONES A SISTEMAS DE CONTENCIÓN POR AÑO, TRAMO 0 – TRAMO 26	35
TABLA 5. REGISTRO DE COLISIONES A SISTEMAS DE CONTENCIÓN POR AÑO, TRAMO 26 – TRAMO 51	36
TABLA 6. REGISTRO DE COLISIONES A SISTEMAS DE CONTENCIÓN POR AÑO, TRAMO 51 – TRAMO 77	37
TABLA 7. REGISTRO DE VELOCIDADES POR ESTACIÓN Y SENTIDO	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. RUTA NACIONAL 27	7
FIGURA 2. RUTA NACIONAL 27, TRAMO ENTRE ESTACIÓN 30+000 Y 40+000	10
FIGURA 3. RUTA NACIONAL 27, TRAMO ENTRE ESTACIÓN 70+000 Y 76+310	11
FIGURA 4. REGISTRO HISTÓRICO DE SCV COLISIONADOS POR KILÓMETRO DE VÍA: PERIODO 2014-2018 .	12
FIGURA 5. BARRERA DE CONCRETO AISLADA Y CUNETAS, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 30+500.....	13
FIGURA 6. BARRERA DE CONCRETO DAÑADAS Y SIN ANCLAJES, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 38+500	14
FIGURA 7. MEDIANA DE CONCRETO EN RADIAL ATENAS, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 30+850	15
FIGURA 8. MEDIANA DE CONCRETO EN RADIAL ATENAS CON DISCONTINUIDADES LONGITUDINALES EN SU SECCIÓN, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 31+650.....	16
FIGURA 9. DISCONTINUIDAD DE MEDIANA POR LUMINARIAS EN PASO A DESNIVEL PASO ANCHO.....	17
FIGURA 10. ALTERNATIVAS PARA LUMINARIAS EN MEDIANA O MÁRGENES DE CARRETERA	18
FIGURA 11. DISCONTINUIDADES EN BARRERAS MEDIANAS.....	18
FIGURA 12. PEAJE ALEDAÑO A RADIAL ATENAS, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 32+000	19
FIGURA 13. SISTEMA DE CONTENCIÓN SEMIRRÍGIDO ANCLADO EN CONCRETO Y CON BORDILLO, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 36+100.....	20
FIGURA 14. SISTEMA DE CONTENCIÓN SEMIRRÍGIDO, ALEDAÑO A CONEXIÓN CON RUTA NACIONAL 755, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 71+600.....	21
FIGURA 15. SISTEMA DE CONTENCIÓN SEMIRRÍGIDO, ALEDAÑO A CONEXIÓN CON RUTA NACIONAL 755, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 71+600.....	22
FIGURA 16. MEDIANA DE CONCRETO ALEDAÑO A CONEXIÓN CON RUTA NACIONAL 755, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 71+650	24
FIGURA 17. MEDIANA DE CONCRETO CON DISCONTINUIDADES ALEDAÑO A CONEXIÓN CON RUTA NACIONAL 755, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 71+700.....	24
FIGURA 18. SISTEMA DE CONTENCIÓN SEMIRRÍGIDO SIN PERNOS ALEDAÑO A CONEXIÓN CON RUTA NACIONAL 755, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 71+600	25
FIGURA 19. BARRERAS DE CONCRETO EN ZONA DE TRABAJO, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 72+800	26
FIGURA 20. BASE DE PASO A DESNIVEL CON RUTA NACIONAL 622, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 74+100. 27	
FIGURA 21. ACCESOS A CENTROS DE CARGA SIN CARRILES DE ACELERACIÓN Y DESACELERACIÓN.....	28
FIGURA 22. PARADAS DE AUTOBÚS EN AMBAS MÁRGENES, INMEDIACIÓN A LA ESTACIÓN 76+000.....	29



1. Introducción

Con base en la Ley N° 8114, en el artículo 6, inciso d), que le otorga al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) la tarea de evaluar anualmente las carreteras y puentes en concesión y el artículo 6 inciso g), que dicta la tarea de brindar asesoramiento técnico al jerarca superior de la Dirección de Vialidad del MOPT, así como al ministro y viceministro del sector, se presenta el informe de evaluación de la seguridad vial del proyecto San José – Caldera, Ruta Nacional 27: Periodo 2018-2019.

Históricamente la Unidad de Gestión y Evaluación de la Red Vial Nacional (UGERVN) del Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA) del LanammeUCR ha realizado la evaluación de la concesión de obra pública de la Ruta Nacional 27 Carretera San José – Caldera, desde el año 2010, a la fecha, enfocado principalmente en los objetivos que se desarrollan en el Informe INF-PI-UGERVN-12-2018: Informe de evaluación del proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, años 2017 – 2018 (LanammeUCR, 2018):

- Evaluar la resistencia estructural de los pavimentos construidos, con el deflectómetro de impacto y clasificarla según rangos de estado.
- Evaluar el estado de la regularidad superficial del pavimento del proyecto concesionado con el perfilómetro láser, y clasificarlo en rangos de estado.
- Evaluar el coeficiente de rozamiento de la superficie de los pavimentos en el proyecto concesionado, con los Medidores de Coeficiente de Rozamiento.
- Hacer una evaluación del deterioro de la superficie de ruedo, por medio de equipo de imágenes georreferenciadas de alta resolución, alertando de la presencia de deterioros que pueden poner en peligro la seguridad del usuario, así como el confort y durabilidad del proyecto.
- Comparar las condiciones actuales con las obtenidas en años anteriores, para establecer la evolución del estado de la infraestructura como tal.
- Elaborar curvas de deterioro que permitan predecir la condición en que podría llegar carretera en años futuros, según las tendencias obtenidas con base en las evaluaciones realizadas a la fecha.
- Evaluar la condición de taludes, deslizamientos y sistemas de drenaje desde el punto de vista geológico y geotécnico.
- Mantener una base de datos actualizada de los parámetros técnicos del proyecto, que sea útil para la planificación de obras destinada al mejoramiento de la vía.
- Evaluar el estado estructural, funcional, de seguridad vial y de condición superficial de las cuatro radiales que forman parte del proyecto.



Los objetivos planteados en el INF-PI-UGERVN-12-2018 (LanammeUCR, 2018), a pesar de ser amplios en temáticas, podrían ampliarse en el área de la seguridad vial. Por ello, en aras de complementar la labor de la UGERVN, a partir del presente año la Unidad de Seguridad Vial y Transporte (USVT), colaborará de forma anual en la elaboración de la evaluación de las obras concesionadas en el país.

El presente informe se plantea como un plan piloto para complementar la labor de la UGERVN, que en materia de seguridad vial se ha enfocado en la identificación de los sistemas de contención vehicular colisionados. Se espera que para futuras versiones se incursione en evaluaciones que consideren una mayor cantidad de indicadores, parámetros, usuarios y elementos del corredor vial.

1.1. Objetivo general

Evaluar la Ruta Nacional 27, San José – Caldera en materia de seguridad vial en los márgenes de carretera.

1.2. Objetivos específicos

- Determinar tramos con mayor cantidad de colisiones en los sistemas de contención vehicular.
- Analizar las causas de los choques en los sistemas de contención vehicular.
- Identificar deficiencias en los en los márgenes de carretera.



1.3. Ubicación

La Ruta Nacional 27, en el tramo San José – Caldera, se extiende 76,31 km de longitud, inicia en la provincia de San José, cantón San José, distrito Mata Redonda, aledaño al Parque de la Sabana, y termina en la provincia de Puntarenas, cantón Esparza, distrito San Juan Grande, en las cercanías del Puerto de Caldera, tal como se observa en la *Figura 1*.



Figura 1. Ruta Nacional 27

La evaluación se enfocó en la verificación observacional y cualitativa de los sistemas de contención vehicular presentes en la Ruta Nacional 27, basado en los videos del sistema de inventario móvil GEO-3D, visita de campo y análisis del registro de sistemas de contención vehicular colisionados, generado por la Unidad de Gestión de la Red Vial Nacional (UGERVN).

El sistema de inventario móvil permitió identificar posibilidades de mejora enfocado en las márgenes de carretera, labor complementaria a las visitas al proyecto y recolección de datos en campo.



1.4. Alcances

Para el presente informe se contó con los levantamientos del sistema de inventario móvil de la UGERVN para el año 2018, así como el registro de los sistemas de contención vehicular detectados como colisionados.

Se utilizó esta información base para identificar, en términos generales, posibilidades de mejora en materia de seguridad en las márgenes de carretera. Adicionalmente, se verificó el registro histórico de sistemas de contención colisionados, con el cual se priorizó evaluar los tramos con mayor cantidad de colisiones.

Se registraron velocidades de operación en los sitios más críticos según la frecuencia de choques a los sistemas de contención vehicular, además se realizaron visitas al sitio para evaluar la interacción de los distintos usuarios con la infraestructura, en aras de identificar las condiciones que propician las colisiones.

El estudio se enfocó en la seguridad en las márgenes de carretera y en los registros de colisiones a los sistemas de contención vehicular, sin embargo, para futuras evaluaciones se espera ampliar el análisis a una mayor cantidad de indicadores, parámetros, usuarios y elementos del corredor vial.

1.5. Limitaciones

El presente estudio para el periodo 2018-2019 utilizó los registros del levantamiento del sistema de inventario móvil con fecha de julio del 2018 generados por la UGERVN, así como el registro histórico que han generado asociado a los sistemas de contención colisionados, por lo que se asumen como válidos para la evaluación.

En condiciones ideales, se debería utilizar una base de datos histórica de choques viales para identificar sitios de concentración de choques viales, sin embargo, el LanammeUCR no ha tenido acceso a una base de datos actualizada, por lo que se priorizó la evaluación en función de los registros de colisiones de sistemas de contención vehicular.



2. Resultados de Evaluación

2.1. Análisis de registro de sistemas de contención vehicular colisionados.

Al unificar los registros de sistemas de contención vehicular (SCV) colisionados de los informes de evaluación del proyecto San José – Caldera del periodo 2014 – 2018 (UGERVN), se evidencian tendencias acerca de sitios con deficiencias en las márgenes de carretera, que conllevan a la colisión recurrente de los SCV.

La Tabla 1 resume las colisiones para el periodo registrado que, al segmentar los registros por tramos de 10 km y por año, evidencia que los tramo comprendidos entre la estación 30+000 y 40+000, así como el tramo entre las estaciones 70+000 y 76+310, presentan la mayor cantidad de elementos colisionados.

Al valorar los tramos de forma global, es claro que los 40 km presentes entre la sección 10+000 y 50+000 concentra la mayoría de los choques a sistemas de contención vehicular. La cantidad de choques registrados es de 65 eventos, equivalentes al 61,9 % de todos los registros y estos se concentran en un 52,4 % de los 76,31 km de toda la vía.

Cabe destacar que los tramos con mayor cantidad de colisiones, también son los únicos que han registrado desde el 2014 a la fecha, datos de colisiones de forma continua, lo que evidencia una tendencia a valorar.

Tabla 1. Resumen de colisiones a sistemas de contención, Periodo 2014 - 2018

Estación		Cantidad de colisiones por año					Distribución por tramo (cantidad)	Distribución por tramo (%)
Inicio	Fin	2014	2015	2016	2017	2018		
0+000	10+000	0	2	3	1	3	9	8,6%
10+000	20+000	0	4	7	4	2	17	16,2%
20+000	30+000	0	2	5	3	6	16	15,2%
30+000	40+000	1	3	7	3	5	19	18,1%
40+000	50+000	3	5	0	4	1	13	12,4%
50+000	60+000	1	3	2	0	0	6	5,7%
60+000	70+000	0	0	2	4	0	6	5,7%
70+000	76+310	2	2	4	1	10	19	18,1%
Distribución anual (cantidad)		7	21	30	20	27	105	
Distribución anual (%)		6,7%	20,0%	28,6%	19,0%	25,7%		

Nota: Generado a partir de registros de la UGERVN.



El tramo entre la sección 30+000 y 40+000 se ubica entre el puente sobre el Río Grande y 2 km este de la Radial Escobal, tal y como se observa en la *Figura 2*. La sección en general consiste de una vía de velocidad reglamentaria de 80 km/h, con un carril por sentido en la mayoría de su extensión, con la excepción de los peajes y las radiales que dan acceso a Atenas y Balsa. A nivel geométrico, en general presenta pendientes bajas y un alineamiento rectilíneo, con excepción de algunas curvas con radios superiores a los 250 m.



Figura 2. Ruta Nacional 27, tramo entre estación 30+000 y 40+000

El tramo entre la sección 70+000 y 76+310 se ubica desde 450 m este del Servicentro 27 hasta la sección final de la Ruta Nacional 27, donde colinda con la Ruta Nacional 23, como se observa en la *Figura 3*. Al igual que el tramo anterior, la sección en general consiste en una vía de velocidad reglamentaria de 80 km/h, con un carril por sentido en la mayoría de su extensión, con la excepción de la sección que conecta con la Ruta Nacional 755 y la Ruta Nacional 23. A nivel geométrico, en general presenta pendientes bajas y un alineamiento rectilíneo, con excepción de algunas curvas con radios superiores a los 300 m.



Figura 3. Ruta Nacional 27, tramo entre estación 70+000 y 76+310

Al sumar los registros de colisiones de SCV y ajustarlos por tramos de un kilómetro, es posible evidenciar grupos de tramos continuos que presentan colisiones, así como identificar los tramos que históricamente han presentado la mayor cantidad de eventos.

Al analizar los registros de colisiones agregados para todos los años y segmentados por kilómetro, presente en la *Figura 4*, se evidencia en primera instancia que los kilómetros 71 y 76 presentan la mayor cantidad de colisiones históricas, con 10 y 8 colisiones, respectivamente.

Adicionalmente, de los 76,31 km de la vía, correspondientes a 77 tramos, se identificaron 40 tramos en los que al menos en una ocasión se han registrado colisiones, equivalente a un 52% de la vía. Al analizar por conglomerados de tramos que de forma consecutiva presentan colisiones, resaltan los tramos entre los kilómetros 7 y 13, así como 26 y 31.

En general los registros evidencian de forma recurrente la presencia de colisiones a los SCV de la vía, por lo que es necesario analizar de forma detallada las condiciones geométricas y operativas que propician estos eventos, ya que, aun cuando los SCV se diseñan para mitigar la severidad de posibles choques viales, resalta la gran cantidad de eventos registrados en más de la mitad de la Ruta Nacional 27.

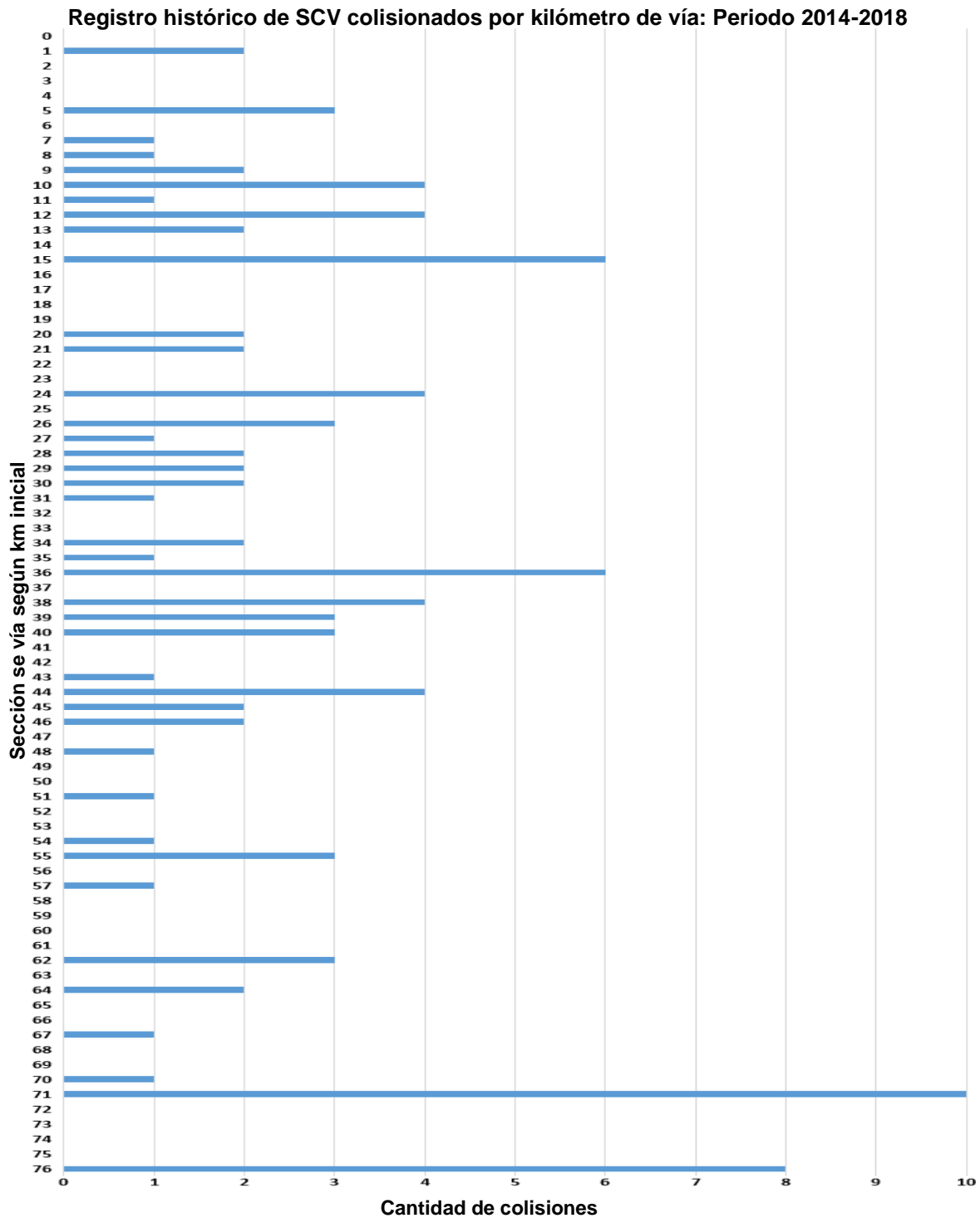


Figura 4. Registro histórico de SCV colisionados por kilómetro de vía: Periodo 2014-2018

Nota: Generado a partir de registros de la UGERVN.



2.2. Sitios con mayor frecuencia de colisión de sistemas de contención vehicular

Se procede a desglosar los resultados de la evaluación con el sistema de inventario móvil GEO-3D en los tramos identificados en la sección 2.1 Análisis de registro de sistemas de contención vehicular colisionados con mayor cantidad de colisiones. Cabe destacar que los resultados, a pesar de enfocarse en tramos específicos, son recurrentes en toda la vía, por lo que se recomienda su valoración de forma integral.

2.2.1. Tramo entre estación 30+000 y 40+000.

Al recorrer la vía se presentan de forma generalizada frentes de trabajo o zonas donde se evidencian barreras de concreto aisladas, como la presente en la *Figura 5*. En este caso no se presenta maquinaria ni personal de trabajo y la margen aladaña a la barrera de concreto se encuentra con vegetación, por lo que no se evidencia la función del dispositivo.

Adicionalmente, se evidencia en general cunetas reducidas sin protección en toda la vía, condición que propicia el volcamiento ante una salida de vía y limita el espacio ante la necesidad de salir de la vía ante desperfectos mecánicos.



Figura 5. Barrera de concreto aislada y cunetas, inmediación a la estación 30+500

Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

Ante la presencia de un riesgo en una margen, lo ideal es eliminar o modificar el riesgo, en caso posible alejarlo de la vía y, como cuarta alternativa, la colocación de un sistema de contención vehicular, ya que este, aun correctamente diseñado, representa un obstáculo en la vía que no evitará la colisión pero que reducirá la severidad del choque. De manera

Informe LM-PI-USVT-017-2019	diciembre , 2019	Página 13 de 38
-----------------------------	------------------	-----------------



que, debe limitarse el uso de sistemas de contención vehicular a únicamente las zonas donde amerite y en caso de control temporal de obras, removerlos tan pronto terminen su función.

Se recomienda valorar la función de los diversos sistemas de contención rígidos que se ubican de forma aislada a través de la vía, de forma que se considere su instalación como dispositivos permanentes o remover de forma oportuna los sistemas de contención vehicular que no sean necesarios. También se recomienda el uso de rejillas que limiten el riesgo de las cunetas cuya geometría sea insegura ante un evento de salida de vía.

En otras secciones de la vía, como las inmediaciones a la estación 38+500, se identifican barreras rígidas, sin anclaje entre sí, por lo que su comportamiento no es de un sistema de contención vehicular, sino de elemento rígido monolítico, equivalente a una roca en el camino.

En la *Figura 6* se evidencia que las barreras rígidas no se encuentran acopladas correctamente con un anclaje que las enlace entre sí, adicionalmente, se observan distintos tipos de barreras y daños en su estructura, por lo que no se cumple la función de proteger a los vehículos y/o a los operarios de la zona de trabajo ante una salida de vía.



Figura 6. Barrera de concreto dañadas y sin anclajes, inmediación a la estación 38+500
Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.



Dadas las deficiencias y riesgos evidenciados ante la presencia de SCV en algunas márgenes que aparentan ser zonas de trabajo, se recomienda valorar la temporalidad de las intervenciones, realizar diseños de sistemas de contención vehicular según el “Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial, vigente para Costa Rica” e instalar los sistemas de contención vehicular según las condiciones que certifiquen su correcto funcionamiento y seguir las recomendaciones del Manual técnico de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito.

En las aproximaciones a todas las radiales se evidencian secciones de sistemas de contención vehicular de concreto en la mediana, sin embargo, estas presentan un elemento de inicio y fin que, por sus características geométricas, puede aumentar la severidad de un posible choque vial, correspondiente a la terminal de concreto presente en la *Figura 7*.



Figura 7. Mediana de concreto en Radial Atenas, inmediatez a la estación 30+850
Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

Cabe destacar que el dispositivo para iniciar o terminar una mediana de concreto que se expone a altas velocidades y flujos vehiculares, a flujos bidireccionales y espaldones angostos, corresponde a un dispositivo que permita contener un vehículo ante una colisión frontal y redireccionar a un vehículo ante una colisión lateral. Sin embargo, el dispositivo tipo terminal de concreto presente en la *Figura 7*, no cuenta con capacidad de contener una colisión frontal, inclusive, operaría como rampa ante un posible evento de este tipo, así como ante una colisión lateral al iniciar el dispositivo.

Esta observación es recurrente con lo evidenciado en el informe LM-AT-181-10 (LanammeUCR, 2010), donde se indica la presencia de colisiones en los terminales de concreto, por lo que se recomendaba el diseño de amortiguadores de impacto.

Informe LM-PI-USVT-017-2019	diciembre , 2019	Página 15 de 38
-----------------------------	------------------	-----------------



Dado el riesgo que implica el uso de terminales de concreto en medianas, se recomienda el diseño de mejoras en el principio y final de las medianas, esto mediante un amortiguador de impacto, tomando en consideración el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial, vigente para Costa Rica.

En todas las secciones donde se presenta una barrera mediana se evidenciaron discontinuidades en el SCV, estas representan un riesgo a los vehículos que colisionen las barreras, ya que los elementos utilizados para proteger las discontinuidades en las barreras no son elementos ensayados y certificados para ser utilizados como sistemas de contención vehicular. Adicionalmente, las discontinuidades limitan el correcto funcionamiento de la barrera como un sistema, por lo que al no cumplir las condiciones en las cuales fue ensayado, no necesariamente podrá cumplir su función de contener y redireccionar de forma segura un vehículo.

En la *Figura 8-A* se evidencia el uso de placas para tapar la discontinuidad entre dos barreras, tanto por espaciamiento entre ellas (*Figura 8-B*) como por la presencia de luminarias (*Figura 8-C*).

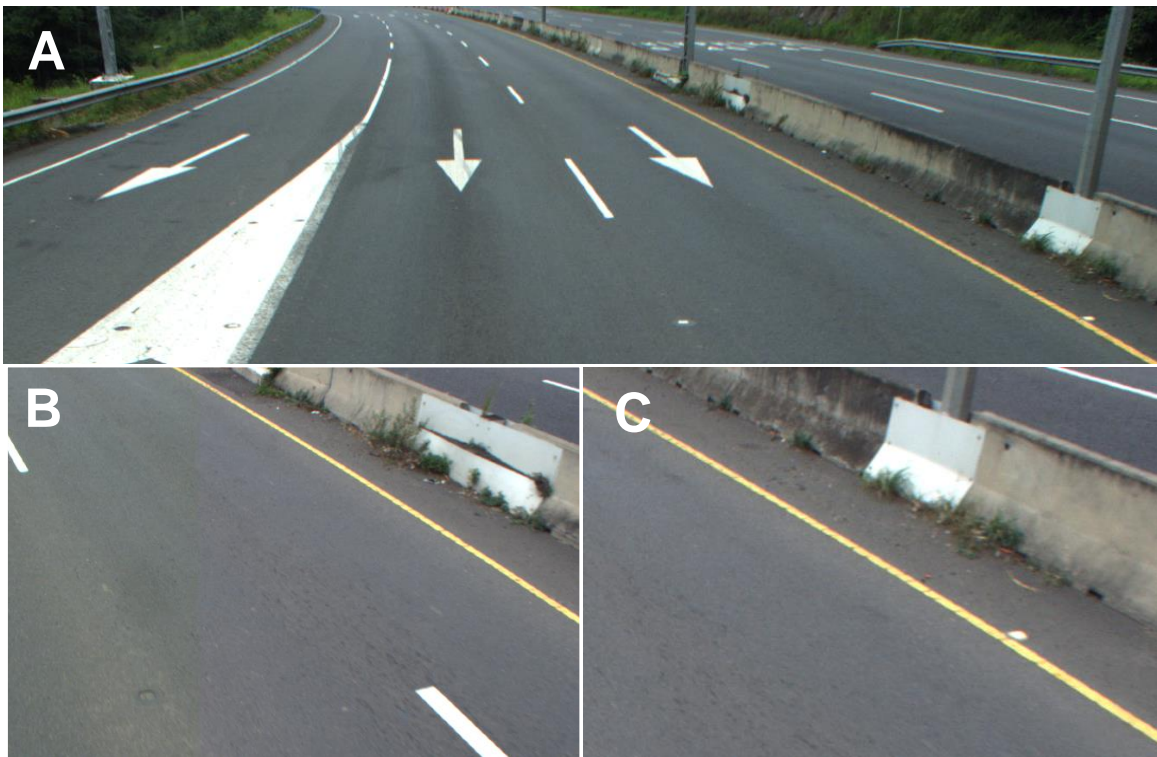


Figura 8. Mediana de concreto en Radial Atenas con discontinuidades longitudinales en su sección, inmediación a la estación 31+650

Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.



Esta deficiencia se ha identificado de forma recurrente en los proyectos Paso a desnivel San Sebastián, Paso Ancho, Garantías Sociales, La Bandera, Guadalupe y Circunvalación Norte, donde se ha identificado la ubicación de luminarias que interrumpen el sistema de contención vehicular colocado en la mediana, condición que afecta el correcto funcionamiento del sistema y lo convierte en un obstáculo de riesgo para los vehículos, como se observa en la Figura 9 para el caso del paso a desnivel en Paso Ancho.

Cabe destacar que los sistemas de contención vehicular rígidos deben anclarse a la vía y entre sí para reducir al máximo su ancho de trabajo y su deflexión dinámica, condición necesaria ante los espaldones reducidos de la vía. También se debe mantener la continuidad del sistema, esto con el fin de asegurar las condiciones bajo las cuales se diseñaron y ensayaron, adicionalmente, el espaldón debe ser suficiente para asegurar la zona libre necesaria para desarrollar la deflexión dinámica y ancho de trabajo de los SCV.

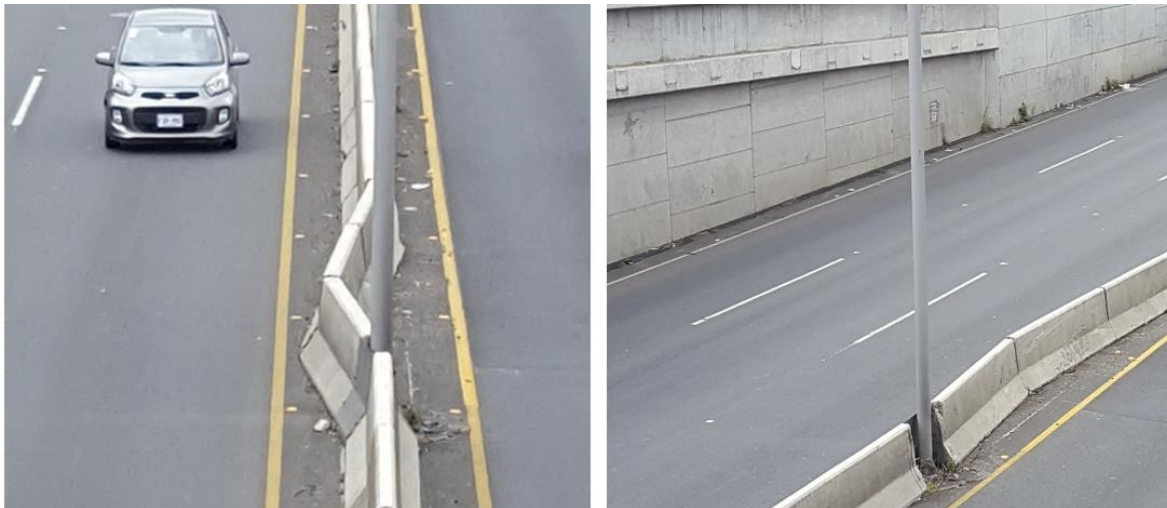


Figura 9. Discontinuidad de mediana por luminarias en Paso a desnivel Paso Ancho

Ante la evidencia del riesgo que las discontinuidades presentan en la mediana, se recomienda valorar dispositivos diseñados para incorporar las luminarias en la mediana, como se presenta a manera de ejemplo en la Figura 10 o valorar alternativas que eliminen la luminaria de la mediana, así como las diversas discontinuidades entre barreras.



Figura 10. Alternativas para luminarias en mediana o márgenes de carretera
Nota: Recuperado de <https://www.deltabloc.com/de/node/41>

Adicional a las discontinuidades presentes en la *Figura 8*, se identificaron mayores riesgos asociados a elementos que interrumpen la continuidad del sistema de contención vehicular tipo mediana, presentes en la *Figura 11*.



Figura 11. Discontinuidades en barreras medianas
Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

La *Figura 11* en la estación 34+800 presenta la base de una señal tipo overhead, esta con una placa de concreto en la parte inferior, por lo que no solo se interrumpe la continuidad

Informe LM-PI-USVT-017-2019	diciembre , 2019	Página 18 de 38
-----------------------------	------------------	-----------------



del SCV, también se reduce el escaso espacio del espaldón interno, por lo que la probabilidad de colisión aumenta al aproximarse el riesgo al carril de circulación.

En la estación 37+900 el efecto es similar, pero en este caso por la presencia de la pila de un paso a desnivel. Se evidencia un tramo pequeño de sistema de contención vehicular semirrígido, donde no se respeta su ancho de trabajo y deflexión máxima, por lo que, ante una posible colisión, la barrera no cumplirá su función.

Se recomienda analizar las distintas secciones con discontinuidades en los sistemas de contención vehicular y someterlos a un análisis de márgenes y diseño de sistema de contención vehicular según corresponda, así como colocar dispositivos que respondan a las condiciones geométricas, de velocidad y flujos existentes, basado en el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial.

En las aproximaciones a todos los peajes se identifican elementos de concreto que funcionan como protección para los operarios de las casetas de peajes, sin embargo, representa un riesgo potencial para los conductores, ya que son elementos masivos y rígidos, no diseñados como SCV, por lo que, ante un posible choque frontal, no protegerán a los conductores.

En la *Figura 12* se presenta el peaje aledaño a la Radial Atenas, este presenta en todos sus accesos el elemento de concreto como protección de las casetas, sin embargo, la misma configuración de infraestructura es recurrente en todos los peajes de la Ruta Nacional 27.



Figura 12. Peaje aledaño a Radial Atenas, inmediación a la estación 32+000

Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

Informe LM-PI-USVT-017-2019	diciembre , 2019	Página 19 de 38
-----------------------------	------------------	-----------------



Se recomienda el diseño de aproximaciones seguras para los peajes, tanto para los vehículos, como para los operarios, esto mediante el diseño de los sistemas de contención vehicular según el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial, vigente para Costa Rica.

En algunas de las márgenes donde se colocaron SCV semirrígidos, se evidenció la presencia de postes anclados en concreto, así como la presencia de bordillos previos al SCV. Estas condiciones no responden a las condiciones en las cuales los SCV fueron ensayados, ya que estos se certifican en condiciones de anclaje sobre suelo granular y sin obstáculos que propicien el volcamiento de los vehículos.

Las condiciones de los SCV presentes en la *Figura 13*, donde los postes de los sistemas semirrígidos presentan mayor rigidez al anclarse en concreto, generará que el sistema no funcione según su comportamiento esperado para contener y redireccionar los vehículos. Adicionalmente, al colocar un bordillo previo al SCV, se modifica el ángulo de aproximación o choque hacia la barrera, por lo que existe mayor riesgo de que el vehículo se desestabilice al aproximarse al SCV y esto aumente la severidad del choque.

Ante la presencia de SCV semirrígidos con postes anclados en concreto y la presencia de bordillos, se recomienda instalar los dispositivos según las recomendaciones del fabricante y de las fichas técnicas, donde se cumplan las condiciones en las cuales el dispositivo fue ensayado según el cumplimiento de las normas NCHRP Reporte 350, MASH o UNE EN 1317.



Figura 13. Sistema de contención semirrígido anclado en concreto y con bordillo, inmediatez a la estación 36+100

Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.



2.2.2. Tramo entre estación 70+000 y 76+310

A nivel del diseño de márgenes de carretera y en especial, al diseñar un sistema de contención vehicular, es importante conocer las características geométricas de la zona libre disponible, su extensión y pendiente, así como el tipo de vehículos que transitan por la zona.

En la *Figura 15* se observa la margen derecha de la sección aledaña a la estación 71+600, en esta se evidencia que posterior a la barrera semirrígida, se presenta una pendiente negativa, esta no permite el correcto comportamiento del sistema, ya que, para contener y redireccionar, requiere de una zona libre disponible (ZLD) de preferencia traspasable y recuperable y en este caso, se presenta una ZLD no traspasable ni recuperable, por lo que el sistema semirrígido no podrá desarrollar su deflexión máxima en una zona segura.



Figura 14. Sistema de contención semirrígido, aledaño a conexión con Ruta Nacional 755, inmediación a la estación 71+600

Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

Al visitar el sitio, se puede ampliar el panorama del riesgo en la estación 71+600, esto al observar en la *Figura 15* que la sección se ubica en curva, y aledaño a la conexión con la Ruta Nacional 755, por lo que la geometría aumenta a 2 carriles por sentido, condición que propicia el aumento de la velocidad de operación.



Figura 15. Sistema de contención semirrígido, aledaño a conexión con Ruta Nacional 755, inmediación a la estación 71+600

Nota: Visita de campo realizada el 28 de noviembre del 2019.

Esta sección, al ser identificada como el tramo con mayor cantidad de colisiones a los sistemas de contención vehicular, evidenciado en la *Figura 4* de la sección 2.1 Análisis de registro de sistemas de contención vehicular colisionados, fue visitada para identificar las condiciones que propician las colisiones. Esto llevó al registro de velocidades de operación, así como a identificar posibles conflictos y/o características en la vía que propicien riesgo a los distintos usuarios.

En la Tabla 2 se desglosa la información del registro de velocidades realizado en la zona, información que, aunque no sustituya un estudio de velocidades con un tamaño de muestra representativo para la cantidad de usuarios de la vía, permite identificar condiciones de riesgo de los distintos usuarios.

Se identificó una velocidad máxima de 114 km/h, así como un percentil 85% de 95 km/h para las condiciones globales. Esta información evidencia que, aun cuando la zona cuenta

Informe LM-PI-USVT-017-2019	diciembre , 2019	Página 22 de 38
-----------------------------	------------------	-----------------



con una velocidad reglamentaria de 80 km/h, las condiciones geométricas de la vía propician transitar a velocidades mayores, condición que no coincide con la presencia de paradas de autobús y el intercambio con la Ruta Nacional 755.

Tabla 2. Registro de velocidades en la sección entre las estaciones 71+000 y 72+000

Velocidad	Orotina - Caldera	Caldera - Orotina	Global
Máxima	98	114	114
Promedio	82	87	84
Mínima	71	69	69
Percentil 85%	89	97,5	95
Desviación estándar	6,9	10,9	9,3
Tamaño de muestra	37	31	68

Nota: Visita de campo realizada el 28 de noviembre del 2019, esta información no sustituye un estudio de velocidades, permite analizar la velocidad de operación en la zona durante condiciones típicas.

Se identificó que las características geométricas de la calzada con carriles que en promedio miden 3,7 m, espaldones reducidos de 0,50 m y márgenes con pendientes negativas no traspasables ni recuperables, así como velocidades de operación altas que exceden la velocidad reglamentaria, fomentan la ocurrencia de posibles choques viales y potencian la severidad de los posibles eventos.

Ante la evidencia de colisiones a sistemas de contención en la zona, las características de la vía y sus usuarios, se recomienda analizar el tipo de sistemas de contención vehicular utilizado en los márgenes de la sección entre la estación 71+000 y 72+000, y en caso necesario, rediseñar los márgenes para que respondan a las características de la geométricas y de operación, así como valorar aplicar medidas que propicien la reducción de la velocidad de operación cerca de curvas e intercambios.

Al igual que en los intercambios previos, la mediana inicia y termina con una terminal rígida, con forma de rampa, presente en la *Figura 16*, esta ante las altas velocidades de operación que alcanzaron los 114 km/h, representa un gran riesgo para todos los usuarios, sumado al efecto de aumentar la vía de 2 carriles por sentido a 4 carriles por sentido durante los días que se aplica el carril reversible.

De forma recurrente se evidencian discontinuidades en la mediana, como se presenta en la *Figura 17*, donde se utiliza una tapa metálica para tapar una discontinuidad, así como una sección de barrera semirrígida para proteger la base de concreto de la señal, sin embargo, estos elementos no responden a un certificado de operación ni diseño, por lo que aumentan la severidad y probabilidad de choque, en vez de reducir la severidad de los eventos.



Figura 16. Mediana de concreto aledaño a conexión con Ruta Nacional 755, inmediación a la estación 71+650

Nota: Visita de campo realizada el 28 de noviembre del 2019.



Figura 17. Mediana de concreto con discontinuidades aledaño a conexión con Ruta Nacional 755, inmediación a la estación 71+700

Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

Ante la evidencia recurrente de la ausencia de un diseño correcto del sistema de contención vehicular en la mediana, que considere las buenas prácticas internacionales, así como la normativa vigente para Costa Rica, y que propicie la seguridad de los usuarios, se recomienda rediseñar el sistema de contención vehicular en la mediana, de forma que responda a los requerimientos geométricos, que utilice dispositivos certificados bajo las normas NCHRP Reporte 350, MASH o UNE EN 1317 y no aumente la severidad de los posibles choques viales.

Informe LM-PI-USVT-017-2019	diciembre , 2019	Página 24 de 38
-----------------------------	------------------	-----------------



Durante la visita de campo al proyecto del día 28 de noviembre del 2019, se presentaron fuertes lluvias en la zona, condición que evidenció la acumulación de agua en la calzada y generó un evento de hidroplaneo al vehículo del LanammeUCR.

El hidroplaneo se genera por la acumulación de agua en la calzada, causada por el ahuellamiento en la vía como se especificó en el informe LM-AT-181-10 (LanammeUCR, 2010) y ante la obstrucción de drenajes. La *Figura 17* permite observar la presencia de vegetación en la parte inferior de las barreras de concreto en la mediana, condición que limita el drenaje y fomenta la acumulación de lluvia.

Se recomienda realizar mantenimiento preventivo a los drenajes, en especial a los tramos aledaños a radiales e intercambios, ya que los sistemas de contención vehicular rígidos limitan la escorrentía superficial y propician eventos de hidroplaneo.

Adicional a las deficiencias en el diseño de los SCV, se evidenció la ausencia de pernos en diversos sistemas semirrígidos, presente en la *Figura 18*. Ante un posible choque a dispositivos incompletos, el SCV no cumplirá su función de contener y redirigir, por lo que, en vez de ser un obstáculo diseñado para reducir la severidad, se convierte en un objeto de riesgo para los usuarios.



Figura 18. Sistema de contención semirrígido sin pernos aledaño a conexión con Ruta Nacional 755, inmediación a la estación 71+600

Nota: Visita de campo realizada el 28 de noviembre del 2019.

Se recomienda realizar mantenimiento preventivo y correctivo a los diversos sistemas de contención vehicular, donde se verifique la presencia de todos los elementos que lo componen, así como la revisión del torque de los pernos según la ficha técnica del fabricante.



En la sección 72+800 se identificó otra zona de trabajo con SCV rígidos y nuevamente se evidencia la presencia de barreras con diferentes características geométricas, tal y como se observa en la *Figura 19*.



Figura 19. Barreras de concreto en zona de trabajo, inmediación a la estación 72+800
Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

Es importante destacar que la presencia de objetos en la proximidad de la vía presenta un riesgo para los usuarios, por lo que se recomienda que en el caso de zonas de trabajo se utilice el señalamiento apropiado que informe a los usuarios acerca de los trabajos, así como dispositivos que propicien la reducción de la velocidad, esto según el Manual técnico de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito.

En el paso inferior del paso a desnivel con la Ruta Nacional 622, aledaño a la estación 74+100 se presenta otra evidencia de un riesgo causado por la discontinuidad de los sistemas de contención vehicular.

En la *Figura 20* se evidencia en la margen derecha la sección interna del paso inferior no presenta protección, ya que, a pesar de que en las aproximaciones se colocaron tramos reducidos de SCV semirrígidos, estos no cuentan con una zona libre disponible para



desarrollar todo su ancho de trabajo y deflexión dinámica, por lo que un vehículo al colisionar, corre el riesgo de chocar contra las aproximaciones o con la parte interna del paso a desnivel.



Figura 20. Base de paso a desnivel con Ruta Nacional 622, inmediación a la estación 74+100
Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

Dadas las deficiencias en la selección del dispositivo y ausencia de protección en la zona interna del paso inferior con la Ruta Nacional 662, se recomienda analizar y rediseñar los sistemas de contención vehicular, basado en el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial, vigente para Costa Rica.

En la *Figura 21* se evidencian accesos con presencia importante de vehículos de carga, en la estación 74+650 se ubica el acceso al Almacén Fiscal del Pacífico y en la estación 75+050 la Central Logística del Pacífico. Ambos accesos presentan las mismas deficiencias geométricas, ya que no presentan una correcta canalización de ingreso y salida, esto mediante carriles de desaceleración y aceleración que permitan un ingreso seguro, tanto a la vía como a la zona de almacenaje.

Las deficiencias geométricas y la velocidad reglamentaria no son consistentes, ya que, el diferencial de velocidad entre el flujo vehicular habitual y los vehículos pesados que ingresarán o saldrán de las zonas de almacenaje, representa un riesgo potencial de colisión.



Figura 21. Accesos a centros de carga sin carriles de aceleración y desaceleración
Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

Se recomienda realizar una canalización segura de los proyectos, tomando en consideración las necesidades geométricas de los vehículos que utilizan las zonas de almacenaje, así como los lineamientos indicados en el Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial de la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA).

Según la sección 2.1 Análisis de registro de sistemas de contención vehicular colisionados, el segundo tramo con mayor cantidad de registros de colisiones a los sistemas de contención vehicular corresponde al tramo final, comprendido entre la estación 76+000 y 76+310. Este comportamiento se ve asociado a las condiciones geométricas de la vía, donde se presenta una curva con carriles anchos de 3,65 m, 3 carriles en total sin separación física, pendiente negativa, paradas de autobús en ambas márgenes y velocidades de operación de hasta 93 km/h para el registro presente en la Tabla 3.

Tabla 3. Registro de velocidades en la sección entre las estaciones 76+000 y 76+310

Velocidad	Orotina - Caldera	Caldera - Orotina	Global
Máxima	93	79	93
Promedio	70	65	68
Mínima	53	51	51
Percentil 85%	77	74	76
Desviación estándar	7,9	8,0	8,3
Tamaño de muestra	34	34	68

Nota: Visita de campo realizada el 28 de noviembre del 2019, esta información no sustituye un estudio de velocidades, permite analizar la velocidad de operación en la zona durante condiciones típicas.



El registro de velocidades, a pesar de no contar con un tamaño de muestra representativo para la cantidad de vehículos de la vía, permite evidenciar que la velocidad reglamentaria de 60 km/h no es consistente con las características geométricas ni con la velocidad real de operación, cuyo percentil 85% ronda los 76 km/h a nivel global, alcanzando hasta 93 km/h para el muestreo realizado en condiciones típicas.

La *Figura 22* presenta una sección con una parada de autobús por sentido, pero no evidencia una zona de cruce segura para peatones, aceras que conecten las paradas de autobús, ni carriles de aceleración y desaceleración suficiente para que el autobús realice las maniobras de ingreso y salida a la parada, donde debe considerarse que el autobús pasará de 0 km/h en su condición estática hasta la velocidad de operación de la vía, que según se registró ronda los 76 km/h.



Figura 22. Paradas de autobús en ambas márgenes, inmediación a la estación 76+000
Nota: Generado a partir de levantamiento GEO-3D. UGERVN, 2018.

Dadas la inconsistencia de la geometría con las velocidades de operación, se recomienda valorar medidas de pacificación vial, tomando en consideración que en las aproximaciones de la Ruta Nacional 23 se presenta actividad turística y que permitan la operación segura del transporte público colectivo. Adicionalmente, analizar las trayectorias de los peatones que utilicen el servicio de autobús y proveerles una zona segura de tránsito y cruce.



3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

En términos generales se evidenciaron las mismas faltas que el informe LM-AT-181-10 (LanammeUCR, 2010) registró en el año 2010, donde se resaltaban deficiencias en las facilidades peatonales, terminales de sistemas de contención vehicular y los problemas de acumulación de lluvia que propician el hidroplaneo.

Al realizar un conglomerado de los registros de colisiones a sistemas de contención vehicular entre los años 2014 y 2018, se identificaron patrones que resaltan los problemas de los tramos entre las secciones 30+000 y 40+000, así como 70+000 y 76+310, y en el caso puntual los kilómetros 71 y 76.

Aun cuando los registros de colisiones a sistemas de contención vehicular no permiten reflejar un panorama más amplio de la accidentabilidad, como lo harían los registros históricos de choques viales, permitieron identificar que 40 tramos de 77 en los que se dividió la vía para el análisis, presentaron colisiones a los SCV, condición que evidencia deficiencias en la geometría de la vía.

Al revisar los tramos entre las secciones 30+000 y 40+000, así como 70+000 y 76+310, se evidenciaron deficiencias generales que se presentan a lo largo de toda la vía, como lo fueron:

- Presencia de barreras rígidas de concreto en las márgenes de la vía para delimitar zonas de trabajo o riesgos puntuales, en estado deficiente, aisladas, sin anclaje y alineadas con barreras de distintas características geométricas.
- Terminales en las barreras rígidas de las medianas que propician el volcamiento.
- Discontinuidades en los sistemas de contención vehicular rígidos de las medianas, generados por espaciamientos entre barreras, postes de luminarias, postes de señales y pilas de pasos a desnivel.
- Uso de dispositivos no certificados o ensayados para cumplir la función de un sistema de contención vehicular, donde se evidenció el uso de placas metálicas para tapar las discontinuidades entre sistemas y el uso de secciones de barreras semirrígidas en condiciones no aptas.
- Los peajes presentan elementos monolíticos y rígidos con la función de proteger al personal de las casetas, sin embargo, debe diseñarse un sistema de contención vehicular apropiado para dicha función.
- Algunos sistemas de contención vehicular semirrígidos se anclaron sobre concreto y se les agregó en frente un bordillo, por lo que no cumplen las condiciones en las cuales fueron ensayados y presentan un elemento que favorecerá el volcamiento



de los vehículos, esto implica que el SCV no cumplirá la función de contener y redireccionar, por lo que se convierte en un riesgo continuo en la vía.

- Algunos sistemas de contención vehicular semirrígidos se colocaron aledaños a laderas con pendientes negativas, por lo que, al ser colisionadas, el sistema no podrá cumplir con la función de contener y redireccionar de forma segura a los vehículos, ya que presentan una zona libre disponible reducida para el ancho de trabajo y deflexión dinámica del dispositivo.
- Se registraron velocidades de operación de hasta 114 km/h en el tramo de la estación 71+000, registrados en un día típico en horario de la mañana, por lo que la geometría propicia a los conductores a transitar a velocidades que exceden la velocidad reglamentaria, condición que potencia el riesgo ante las deficiencias a nivel de infraestructura.
- Se evidenciaron cunetas con geometría reducida, por lo que, aunado al estrecho ancho del espaldón, representan un riesgo en gran parte del proyecto.
- El mantenimiento de los sistemas de contención vehicular no es el óptimo, ya que se identificaron SCV semirrígidos sin el total de pernos o con pernos sin ajustar.
- Los problemas de hidroplaneo en las radiales se ven potenciados por la vegetación que crece alrededor de la barrera mediana, problema que se experimentó durante la visita al campo.
- Los accesos al Almacén Fiscal del Pacífico y la Central Logística del Pacífico no cuentan con carriles de aceleración y desaceleración, por lo que se propician colisiones por el diferencial de velocidad entre el flujo de la vía y los usuarios de las zonas de almacenaje.
- Se identificaron paradas de autobús en ambas márgenes de la vía, sin una zona de cruce segura o aceras que conecten con los centros atractores y generadores de viajes.

3.2. Recomendaciones

En cada apartado se detallan recomendaciones específicas para las deficiencias identificadas, sin embargo, en general responden a las siguientes oportunidades de mejora:

- Analizar las márgenes y rediseñar los sistemas de contención que correspondan, en especial todas las barreras medianas de concreto. Para esta labor se recomienda consultar de manera complementaria las siguientes fuentes bibliográficas:
 - Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial, Valverde, G., 2011.
 - Roadside Design Guide. American Association of State Highway and Transportation (AASHTO), 2011.



- H5-Roadside and Median Barrier Systems, Roadside Design Guide. Alberta Infrastructure and Transportation, 2007.
- De forma complementaria al análisis de las márgenes, se recomienda la revisión de la geometría de las cunetas, ya que presentan secciones reducidas con pendientes riesgosas, condición que, ante las altas velocidades de operación, propician condiciones de volcamiento. Según el informe LM-AT-181-10 (LanammeUCR, 2010) se recomienda el uso de rejillas o tapas de concreto ranuradas para reducir el riesgo de volcamiento en las cunetas y mantener sus características hidráulicas.
- De forma complementaria al rediseño de los sistemas de contención vehicular, se recomienda conocer con completa certeza las condiciones de operación del sistema de contención vehicular y que sean consistentes con la geometría existente en campo, así como verificar que todos los dispositivos utilizados cuenten con una certificación por alguna de las siguientes normas: NCHRP Reporte 350, MASH o UNE EN 1317.
- Mejorar las prácticas de señalamiento, operación y canalización en zonas de trabajo, así como retirar de forma oportuna las barreras que utilicen para separar las zonas de riesgo y los flujos vehiculares. Para esta labor se recomienda consultar de manera complementaria las siguientes fuentes bibliográficas:
 - Manual técnico de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito.
 - Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010) del Ministerio de Obras Públicas y Transportes.
 - Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2014.
 - Guide to Temporary Traffic Management. Austroads, 2019.
 - Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA), 2009.
- Mejorar prácticas de mantenimiento y limpieza de márgenes, ya que se detectó de forma recurrente vegetación en las medianas, condición que propicia la acumulación de lluvia sobre la vía y favorece el hidropneumático, así como pernos faltantes en los sistemas de contención semirrígidos.
- Mejorar las condiciones geométricas para los accesos al Almacén Fiscal del Pacífico y la Central Logística del Pacífico, así como las paradas de autobús que se ubican en ambas márgenes a través de toda la vía, aceras y cruces peatonales necesarios para conectar los centros atractores y generadores de viajes. Para esta labor se



recomienda consultar de manera complementaria las siguientes fuentes bibliográficas:

- Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial. Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), 2011.
- A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 7th Edition. American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2018.



UNIVERSIDAD DE
COSTA RICA



LABORATORIO NACIONAL
DE MATERIALES Y MODELOS ESTRUCTURALES

4. BIBLIOGRAFÍA

LanammeUCR, 2018. INF-PI-UGERVN-12-2018: Informe de evaluación del proyecto San José – Caldera Ruta Nacional 27, años 2017 – 2018. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

LanammeUCR, 2010. LM-AT-181-10: Informe de asesoría: Evaluación de seguridad vial Ruta Nacional N°27, Proyecto de concesión San José – Caldera: Facilidades peatonales, condiciones laterales de la vía y aspectos de la geometría de la carretera. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.



5. ANEXO

Tabla 4. Registro de colisiones a sistemas de contención por año, Tramo 0 – Tramo 26

Sección por km		Cantidad de colisiones por año					Total
Inicio	Fin	2014	2015	2016	2017	2018	
0	1	0	0	0	0	0	0
1	2	0	2	0	0	0	2
2	3	0	0	0	0	0	0
3	4	0	0	0	0	0	0
4	5	0	0	0	0	0	0
5	6	0	0	2	0	1	3
6	7	0	0	0	0	0	0
7	8	0	0	0	0	1	1
8	9	0	0	0	1	0	1
9	10	0	0	1	0	1	2
10	11	0	1	2	1	0	4
11	12	0	0	1	0	0	1
12	13	0	1	2	0	1	4
13	14	0	0	1	1	0	2
14	15	0	0	0	0	0	0
15	16	0	2	1	2	1	6
16	17	0	0	0	0	0	0
17	18	0	0	0	0	0	0
18	19	0	0	0	0	0	0
19	20	0	0	0	0	0	0
20	21	0	0	0	2	0	2
21	22	0	0	1	0	1	2
22	23	0	0	0	0	0	0
23	24	0	0	0	0	0	0
24	25	0	1	1	0	2	4
25	26	0	0	0	0	0	0

Nota: Generado a partir de registros de la UGERVN.



Tabla 5. Registro de colisiones a sistemas de contención por año, Tramo 26 – Tramo 51

Sección por km		Cantidad de colisiones por año					Total
Inicio	Fin	2014	2015	2016	2017	2018	
26	27	0	1	1	0	1	3
27	28	0	0	0	0	1	1
28	29	0	0	0	1	1	2
29	30	0	0	2	0	0	2
30	31	0	0	0	2	0	2
31	32	0	0	1	0	0	1
32	33	0	0	0	0	0	0
33	34	0	0	0	0	0	0
34	35	0	0	0	1	1	2
35	36	0	0	1	0	0	1
36	37	0	2	3	0	1	6
37	38	0	0	0	0	0	0
38	39	0	1	1	0	2	4
39	40	1	0	1	0	1	3
40	41	0	0	0	2	1	3
41	42	0	0	0	0	0	0
42	43	0	0	0	0	0	0
43	44	1	0	0	0	0	1
44	45	1	2	0	1	0	4
45	46	0	1	0	1	0	2
46	47	1	1	0	0	0	2
47	48	0	0	0	0	0	0
48	49	0	1	0	0	0	1
49	50	0	0	0	0	0	0
50	51	0	0	0	0	0	0
51	52	0	1	0	0	0	1

Nota: Generado a partir de registros de la UGERVN.



Tabla 6. Registro de colisiones a sistemas de contención por año, Tramo 51 – Tramo 77

Sección por km		Cantidad de colisiones por año					Total
Inicio	Fin	2014	2015	2016	2017	2018	
52	53	0	0	0	0	0	0
53	54	0	0	0	0	0	0
54	55	0	1	0	0	0	1
55	56	1	1	1	0	0	3
56	57	0	0	0	0	0	0
57	58	0	0	1	0	0	1
58	59	0	0	0	0	0	0
59	60	0	0	0	0	0	0
60	61	0	0	0	0	0	0
61	62	0	0	0	0	0	0
62	63	0	0	1	2	0	3
63	64	0	0	0	0	0	0
64	65	0	0	1	1	0	2
65	66	0	0	0	0	0	0
66	67	0	0	0	0	0	0
67	68	0	0	0	1	0	1
68	69	0	0	0	0	0	0
69	70	0	0	0	0	0	0
70	71	0	1	0	0	0	1
71	72	1	1	1	1	6	10
72	73	0	0	0	0	0	0
73	74	0	0	0	0	0	0
74	75	0	0	0	0	0	0
75	76	0	0	0	0	0	0
76	77	1	0	3	0	4	8

Nota: Generado a partir de registros de la UGERVN.



Tabla 7. Registro de velocidades por estación y sentido

Estación	71+000		76+000	
	Orotina - Caldera	Caldera - Orotina	Orotina - Caldera	Caldera - Orotina
1	80	80	66	76
2	76	79	69	79
3	85	95	82	71
4	71	97	66	77
5	86	69	70	66
6	77	74	66	64
7	76	87	76	56
8	89	103	71	64
9	74	90	66	63
10	76	77	79	69
11	76	87	76	66
12	84	76	74	72
13	95	85	93	68
14	80	90	53	76
15	84	91	64	72
16	84	92	66	74
17	79	98	69	69
18	98	74	66	55
19	74	85	61	74
20	89	82	61	58
21	79	101	69	77
22	85	84	77	71
23	79	97	72	53
24	82	80	63	56
25	74	92	63	69
26	79	114	69	55
27	77	108	66	61
28	95	72	71	64
29	82	80	82	51
30	74	82	76	60
31	80	77	66	64
32	76	-	64	58
33	79	-	74	56
34	85	-	85	58
35	79	-	-	-
36	97	-	-	-
37	89	-	-	-

Nota: Recopilados el 28/11/19.