



Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Proyecto: LM-PI-USVT-002-13

Informe

EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN

**Sistemas de contención vehicular del proyecto "Mejoramiento de
la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-Quebrada
Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-
000023-DI"**

Preparado por:

Unidad de Seguridad Vial y Transporte



San José, Costa Rica
Diciembre, 2013

Información técnica del documento

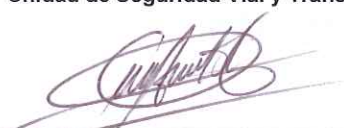

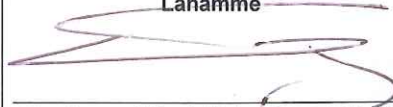
| | | |
|--|---|--|
| 1. Informe LM- PI-USVT-002-13 | | 2. Copia No. 1 |
| 3. Título y subtítulo: Sistemas de contención vehicular del proyecto "Mejoramiento de la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-Quebrada Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-000023-DI" | | 4. Fecha del Informe Diciembre, 2013 |
| 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: Informe solicitado por la Unidad de Auditoria Técnica del LanammeUCR. | | |
| 9. Resumen El objetivo de este informe es evaluar las condiciones de instalación de los sistemas de contención vehicular colocados en el tramo de carretera y su relación con el riesgo potencial de accidente asociado a los obstáculos existentes en los márgenes de la vía. del proyecto de mejoramiento de este tramo de carretera, mediante la Licitación Pública "Mejoramiento de la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-Quebrada Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-000023-DI". La evaluación de los sistemas de contención se realiza a la luz de los criterios establecidos en la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2011) y la Guía de Análisis y Diseño de Márgenes de Carreteras (Valverde, 2011); esta última utilizada como documento de referencia por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y sus consejos adscritos. En el proyecto evaluado se encuentran instalados sistemas de contención vehicular en casi todas las alcantarillas, las cuales se encuentran ubicadas tanto en tramos rectos como curvos de la vía. De la condición observada se infiere que las alcantarillas fueron valoradas como un riesgo potencial para los usuarios por parte de los encargados del proyecto. Las longitudes de barrera instaladas en el proyecto son insuficientes para cubrir las posibles trayectorias de salida de la vía que un vehículo fuera de control podría tomar. Esta condición permite afirmar que los sistemas de contención instalados bajo esta condición se podrían convertir en un obstáculo más dentro de los márgenes de la vía. | | |
| 10. Palabras clave: Seguridad vial, Ruta Nacional 21, Sistemas de contención vial. | 11. Nivel de seguridad: Confidencial | 12. Núm. de páginas 26 |
| 13. Preparado por: Ing. Erick Acosta Hernández Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 10 / diciembre / 2013 | | |
| 14. Revisado por: Ing. Javier Zamora Rojas Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 10 / diciembre / 2013 | Ing. Diana Jiménez Romero, MSc, MBA Coordinadora Unidad de Seguridad Vial y Transporte  Fecha: 10 / diciembre / 2013 | 15. Aprobado por: Ing. Guillermo Loría Salazar Coordinador General PITRA-Lanamme  Fecha: 10 / diciembre / 2013 |

TABLA DE CONTENIDO

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1. | INTRODUCCIÓN..... | 4 |
| 1.1 | OBJETIVO DEL INFORME | 4 |
| 1.2 | ALCANCE DEL INFORME..... | 4 |
| 1.3 | ANTECEDENTES..... | 5 |
| 1.4 | METODOLOGÍA | 5 |
| 1.5 | DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO..... | 6 |
| 2. | MARCO TEÓRICO | 7 |
| 3. | RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL..... | 15 |
| 4. | CONCLUSIONES..... | 22 |
| 5. | RECOMENDACIONES..... | 23 |
| 6. | REFERENCIAS | 24 |

INFORME DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE CONTENCIÓN
**"Mejoramiento de la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-
Quebrada Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-
000023-DI"**

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de una evaluación de seguridad vial es identificar vulnerabilidades o riesgos potenciales inherentes a la seguridad vial de todos los usuarios de un tramo de carretera existente, asociados a la condición actual de la infraestructura vial, con el fin de establecer un diagnóstico de su condición de riesgo potencial para los usuarios.

Las evaluaciones de seguridad vial también son una herramienta que ayuda a asegurar que los aspectos de seguridad vial estén considerados en todas las etapas de un proyecto vial.

Para el caso de carreteras en servicio, se realizan evaluaciones de seguridad vial de la vía en operación, de modo que se brinde a la Administración insumos para la mejora continua de la seguridad vial en las carreteras.

En las evaluaciones de seguridad vial que ejecuta el LanammeUCR, se comparan las prácticas que se realizan en Costa Rica con respecto a las mejores prácticas internacionales en el tema de seguridad vial y a la normativa existente, con el propósito de emitir recomendaciones para mejorar la Ingeniería de Transporte en Costa Rica en torno a la seguridad vial.

1.1 Objetivo del informe

Evaluar las condiciones de instalación de los sistemas de contención vehicular colocados en el tramo de carretera y su relación con el riesgo potencial de accidente asociado a los obstáculos existentes en los márgenes de la vía.

1.2 Alcance del informe

En el contenido del informe se analizan las condiciones de instalación de los sistemas de contención vehicular ubicados en los márgenes de la calzada, que fueron colocados durante

| | | |
|---------------------------|--|----------------|
| Informe LM-PI-USVT-002-13 | Fecha de emisión: 10 diciembre de 2013 | Página 4 de 24 |
|---------------------------|--|----------------|

la ejecución del proyecto de mejoramiento de este tramo de carretera, mediante la Licitación Pública "*Mejoramiento de la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-Quebrada Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-000023-DI*".

El alcance de este informe no considera una valoración de otras condiciones de riesgo para los usuarios de la vía, ubicados dentro de los márgenes de la vía, para proponer medidas de mitigación.

1.3 Antecedentes

El informe surge como respuesta a la solicitud (memorando LM-AT-40-2013) planteada por la Ing. Jenny Chaverri Jiménez, Coordinadora de la Unidad de Auditoría Técnica, que indica la necesidad de contar con el criterio técnico sobre las condiciones de colocación de las barreras de seguridad del proyecto "*Mejoramiento de la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-Quebrada Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-000023-DI*".

La Unidad de Auditoría Técnica aportó la siguiente información: los planos del proyecto, cartel de licitación, certificado de ensayo de choque a escala real de los sistemas de contención.

1.4 Metodología

La evaluación de los sistemas de contención se realiza a la luz de los criterios establecidos en la Guía de Diseño de Márgenes de Carreteras (AASHTO, 2011) y la Guía de Análisis y Diseño de Márgenes de Carreteras (Valverde, 2011); esta última utilizada como documento de referencia por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes y sus consejos adscritos.

El procedimiento de evaluación se divide en dos partes, la primera consiste en realizar una comparación entre las longitudes de barreras obtenidas a partir los valores recomendados por las guías de diseño de márgenes citadas anteriormente y las longitudes de barrera instaladas en sitio. La segunda consiste en realizar una valoración de la ubicación de la barrera en función de sus capacidades como sistema de contención y el obstáculo del cual se desea proteger al usuario.

| | | |
|---------------------------|--|----------------|
| Informe LM-PI-USVT-002-13 | Fecha de emisión: 10 diciembre de 2013 | Página 5 de 24 |
|---------------------------|--|----------------|

El proceso de evaluación se realizó a partir de un levantamiento de información básica aportado por la Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR y un levantamiento de campo realizado el día 22 de agosto de 2013, donde se realizó un muestreo aleatorio de los sistemas de contención instalados en el proyecto.

1.5 Descripción del proyecto

El proyecto analizado corresponde a un tramo de la Ruta Nacional No. 21, entre los poblados de Jicaral y Lepanto, pertenecientes a la provincia de Puntarenas. Este tramo de carretera fue intervenido en dos secciones, por medio de un proyecto de mejoramiento que incluyó la intervención de la calzada y la instalación de elementos de seguridad vial, tal como señalización vertical, demarcación vial horizontal y la colocación de sistemas de contención vehicular.

Las obras inician en la primera sección (Quebrada San Pedro-Quebrada Tronconal) en el Km 117+490 y se continua siempre por la Ruta Nacional No 21 por 3,1 (tres coma uno) km.

Los planos del proyecto y los documentos del cartel indican que la velocidad permitida en la vía es de 60 km/h. El ancho promedio de carril es de 3,0 metros, y el ancho de espaldón de 0,60 metros. El anuario de tránsito de la Dirección de Planificación Sectorial del MOPT indica que el tránsito promedio diario es de 870 vehículos por día proyectado al 2013. (MOPT, 2013)

Los tramos de carretera en estudio corresponden a secciones de topografía plana y tramos rectos (tangentes). En la Figura No. 1, se muestra una imagen extraída de la hoja cartográfica para ilustrar el trazado del proyecto.



Figura No 1. Ubicación del Proyecto
Fuente: Hoja Cartográfica Venado, 1:50.000

2. MARCO TEÓRICO

En esta sección se desarrollan los temas que dan fundamento a las observaciones planteadas en el apartado de Resultados de la Evaluación de Seguridad Vial. Los conceptos enunciados obedecen a las buenas prácticas de la ingeniería y de la seguridad vial recopilados a partir de la investigación realizada en estos campos en el mundo y al criterio técnico del equipo evaluador.

MÁRGENES DE LA VÍA

Obstáculos en la vía y Zona Libre

Las carreteras deberían estar diseñadas para que sus márgenes estén libres de obstáculos, de modo que si un vehículo pierde el control y sale de la carretera, no encuentre peligros en su entorno. La zona libre corresponde al espacio transversal comprendido entre el borde exterior de la vía y el obstáculo, desnivel u objeto vulnerable más próximo a ella (ver Figura N° 2). Es el área en la que, después de salirse de la vía, un conductor podría “reconducir o

detener su vehículo de manera segura, sin interferir con ningún peligro” (LanammeUCR, 2007).

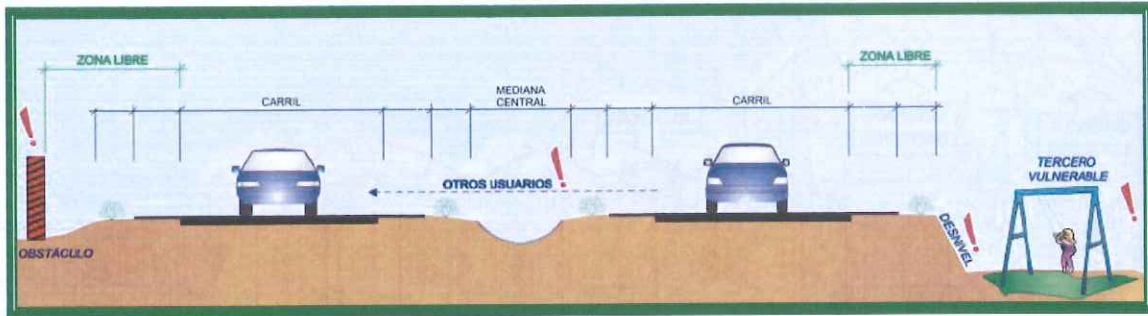


Figura N° 2. Disposición de peligros en un accidente con salida de vía.
Fuente: Curso de Diseño y Colocación de Sistemas de Contención Vial
(Curso HIASA, LanammeUCR 2007).

Por lo general existen obstáculos adyacentes a la carretera (árboles, postes de alumbrado, terraplenes, vías próximas, bifurcaciones, cunetas reducidas, entre otros) que obligan a tomar medidas para mejorar la seguridad vial.

Es importante identificar y eliminar aquellos obstáculos o situaciones riesgosas que pongan en peligro la seguridad de los usuarios de la vía. Ante la presencia de un peligro, se debe valorar las siguientes medidas:

- a) Eliminación, desplazamiento o modificación del peligro.
- b) Ampliación del ancho de la zona libre mediante el espaldón o explanación del terreno adyacente.
- c) Implantación de un sistema de contención vehicular para proteger del peligro o al peligro (en caso de ser un tercero vulnerable).

Seleccionar el nivel de contención, nivel de severidad y nivel de deformación en caso de colocar un sistema de contención, así como de la disposición transversal y longitudinal de En caso de que como resultado del análisis costo/beneficio, se determine que algunos obstáculos no puedan ser removidos y no se pueda ampliar la zona libre, se debe considerar el uso de sistemas de contención vehicular para minimizar la severidad ante un posible accidente. En el Manual SCV (Valverde, 2011) se detalla el procedimiento de análisis para

determinar bajo qué condiciones es necesaria la colocación de un sistema de contención vehicular. También se puede consultar el documento *Roadside Design Guide* (AASHTO, 2011).

Sistemas de contención vehicular

Los sistemas de contención vehicular se clasifican según su función y ubicación en:

1. Barreras de seguridad
2. Pretil de puente
3. Transición
4. Terminal de barrera
5. Atenuadores de impacto
6. Lechos de frenado, rampas de escape o rampas de frenado.

La función primordial de cualquier barrera de seguridad es contener y redireccionar un vehículo que, por cualquier razón, pierde el control y abandona la calzada. De esta manera se evitará que golpee un objeto fijo o que caiga por algún talud con pendiente tal que provoque su “vuelco”, disminuyendo con ello la gravedad del accidente. Una barrera no se instala para evitar un accidente, sino para disminuir sus consecuencias.

El uso de medianeras rígidas y barreras laterales, reduce aproximadamente el 40% de los accidentes fatales y un 20% de los accidentes con lesiones, de los accidentes por salida de la vía (TAC, 2004).

El tipo de barrera de seguridad a colocar: flexible, semi-rígido o rígido, depende del ancho de la zona libre. Para la implementación de una barrera de seguridad, debería existir un estudio específico del área en donde se pretende la colocación de una barrera, de tal forma que se justifique técnicamente dicha actuación.

En la Guía de Diseño de Márgenes de la Carretera (*Roadside Design Guide*, AASHTO 2011) se indica que las barreras de seguridad flexibles deben instalarse si existe al menos alguna de las siguientes condiciones:

- Cuando la relación pendiente-altura del talud lo requiera.
 - Cuando la “zona libre” sea inferior a las distancias recomendadas dependiendo de diversas variables como lo son la velocidad de diseño, el TPDA de diseño y la pendiente del talud.
 - Cuando en la zona libre exista alguno de los siguientes obstáculos: postes, cajas de registro, cunetas profundas (altura superior a 15cm y de diseño no traspasable), etc.
 - Cuando se requiera proteger a peatones y ciclistas en zonas calificadas de “alto riesgo”, tales como hospitales y clínicas, centros educativos y hogares de ancianos.
- En cada caso se valorarán las condiciones particulares del sitio y su entorno.

La tendencia de países vanguardistas en el tema de seguridad vial, es más bien la de evitar la instalación de las barreras de seguridad, procurando construir vías más seguras, sin obstáculos laterales a la superficie de rodamiento y con “franjas traspasables” por los vehículos en el caso de que perdieran el control, que se logran con pendientes transversales moderadas. Sin embargo, cuando no existe la posibilidad razonable de resolver situaciones de riesgo, se recomienda la instalación de sistemas de contención seguros y ensayados.

Para todo proyecto vial que necesite de barreras de seguridad, deberán mediar de previo a su colocación, tanto un estudio técnico como un diseño específico, tales que garanticen la necesidad, el tipo, la configuración y forma de emplazamiento del sistema de contención propuesto para que su funcionamiento sea el deseable, siempre en función de mejorar la seguridad vial.

La responsabilidad del fabricante del sistema de contención colocado, es fundamental en todo proyecto. El material del sistema de contención por colocar deberá estar certificado por la empresa que lo fabricó, así como la rigidez de los elementos, la separación de los postes, el tipo de viga y su altura. Todos estos aspectos deben ser establecidos de conformidad con pruebas típicamente de impacto real de vehículos (en inglés “*crash test*”), que consisten en pruebas estandarizadas a nivel internacional, con el fin de poder comparar entre diversos sistemas probados en condiciones similares.

En el marco de lo anteriormente descrito, existen pruebas de conformidad con la normativa norteamericana, tal como el llamado Reporte 350 de la NCHRP (1993) y la norma MASH. Pruebas equivalentes son establecidas en la normativa europea EN-1317. La Figura N° 3

| | | |
|---------------------------|--|-----------------|
| Informe LM-PI-USVT-002-13 | Fecha de emisión: 10 diciembre de 2013 | Página 10 de 24 |
|---------------------------|--|-----------------|

corresponde a un gráfico que muestra la equivalencia de las pruebas según el Reporte 350 NCHRP y la norma EN-1317.

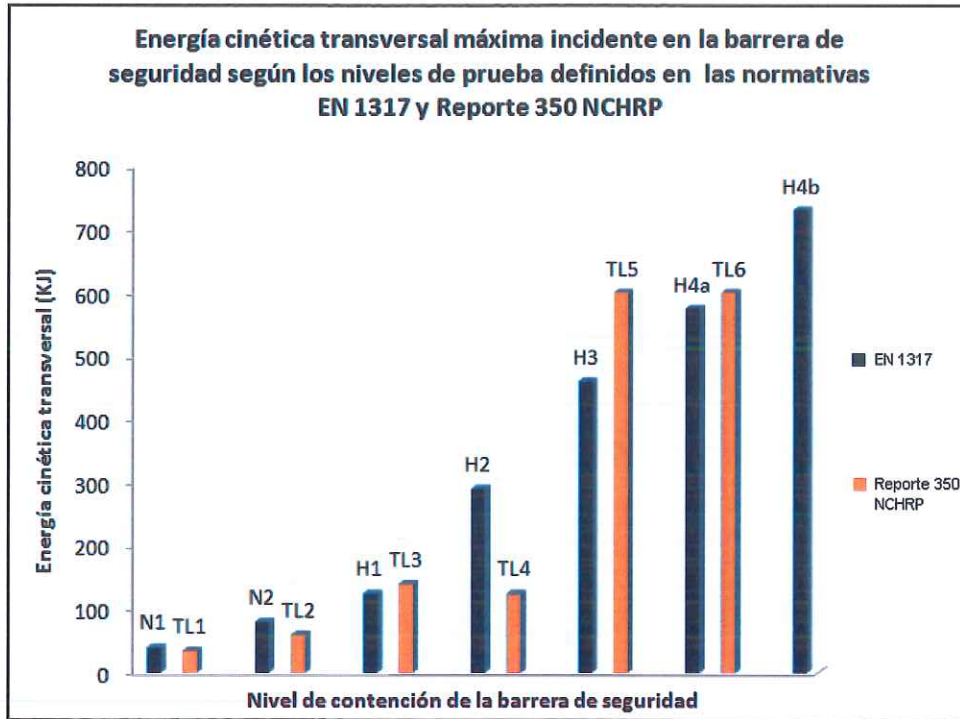


Figura N° 3. Equivalencia de las pruebas de la norma EN 1317 y el Reporte 350 NCHRP.
Fuente: Manual SCV (UCR, 2010).

Las pruebas de aceptación se realizan en laboratorios calificados y su costo es asumido de manera íntegra por el fabricante, el cual al vender el producto, brinda la certificación correspondiente. Es por esta razón que cualquier modificación al sistema de contención, tal y como el fabricante lo recomienda, deberá ser plenamente justificada, y por cuyo cambio, alguien deberá asumir la responsabilidad correspondiente.

Los elementos hasta aquí señalados hacen inaceptable la colocación, bajo ninguna circunstancia, de barreras de seguridad, sin el debido estudio de la zona de emplazamiento y posterior detallado de los elementos componentes de la barrera.

La función que cumple un sistema de estos es básica en la seguridad de la vía, y de ella dependen las vidas de todos aquellos usuarios que por diversos motivos, tuvieron que valerse de las barreras de contención para evitar accidentes trágicos.

Es importante mencionar que el diseño correcto de la terminal de barrera, cumpliendo los criterios de selección adecuados y aplicando las buenas prácticas de la ingeniería, permite que éste desempeñe su función de forma correcta y minimice la severidad de un posible accidente de tránsito.

Longitud necesaria del sistema de contención.

La longitud ("X") necesaria del sistema de contención se define como la longitud de barrera que se debe colocar para proteger efectivamente al usuario del obstáculo existente en el margen de la vía. Esta longitud depende de todas las posibles trayectorias de salida de la vía que pueda tener un vehículo y de la ubicación y dimensiones del obstáculo. En la Figura No. 4 se observa un esquema de todas las distancias involucradas en el cálculo de la longitud de barrera para el caso en que esta sea instalada de forma paralela el eje de la vía.

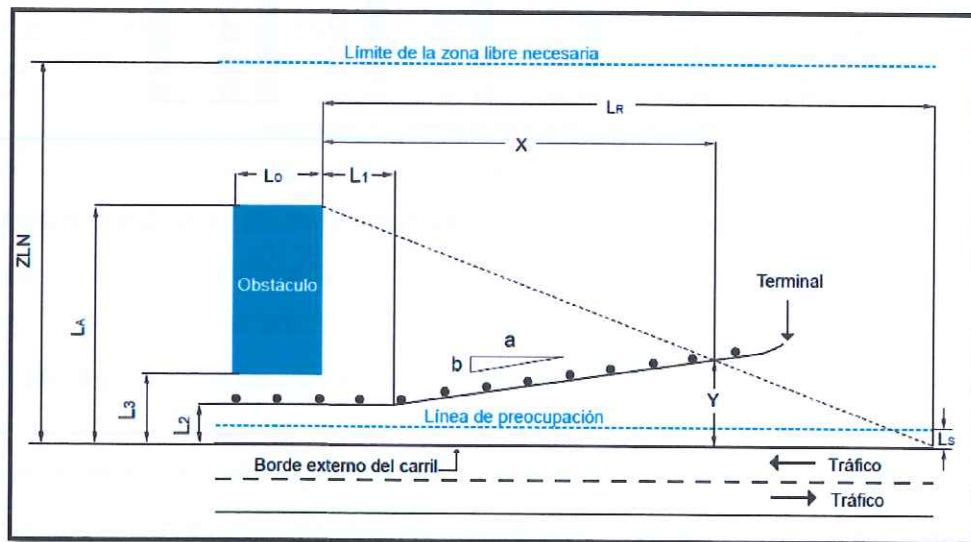


Figura 4 : Distancias para diseño de barreras paralelas al eje de la vía.

Fuente: Valverde, 2011.

La determinación de las posibles trayectorias de salida de la vía está contemplada en el concepto de distancia de salida (LR o "Runout length") cuya magnitud representa la distancia teórica, medida paralela al eje de la vía, que recorre un vehículo fuera de control que sale de la vía. Esta distancia se mide sobre la calzada, desde el obstáculo hasta un punto ubicado aguas arriba donde se asume que el vehículo podría abandonar la calzada. El valor de " LR "

depende la velocidad de la vía y varía según la metodología utilizada para el diseño del sistema de contención.

En las tablas 1 y 2 se muestran respectivamente los valores recomendados por la Guía de Diseño de Márgenes de los Estados Unidos (RSDG), edición 2011 y por la Guía para el Análisis y Diseño de Márgenes de Carreteras (Manual SCV), edición 2011.

Tabla 1: Distancia de salida (LR) según RSDG

| Velocidad de diseño (km/h) | LR (m) para cada rango TPD | | | |
|----------------------------|----------------------------|--------------|-------------|--------|
| | > 10000 | 5000 - 10000 | 1000 - 5000 | < 1000 |
| 50 | 34 | 27 | 24 | 21 |
| 60 | 49 | 40 | 34 | 30 |
| 80 | 70 | 58 | 49 | 46 |
| 100 | 91 | 76 | 64 | 61 |
| 110 | 110 | 101 | 88 | 76 |
| 130 | 143 | 131 | 116 | 101 |

Fuente: AASHTO, 2011.

Tabla 2: Distancia de salida (LR) según Manual SCV.

| Velocidad de la vía (km/h) | LR (m) para cada rango TPD | | | |
|----------------------------|----------------------------|-------------|------------|-------|
| | > 6000 | 2000 - 6000 | 800 - 2000 | < 800 |
| 50 | 50 | 50 | 45 | 40 |
| 60 | 70 | 60 | 55 | 50 |
| 70 | 80 | 75 | 65 | 60 |
| 80 | 100 | 90 | 80 | 75 |
| 90 | 110 | 105 | 95 | 85 |
| 100 | 130 | 120 | 105 | 100 |

Fuente: Valverde, 2011

Los sistemas de contención son fabricados para contener y redireccionar vehículos de forma eficiente cuando son impactados después del tercer poste, ubicado fuera del área de terminal de barrera (AASHTO, 2011), de ahí la importancia de diseñar la longitud del sistema a instalar en sitio.

El valor de "X" se define a partir de otros dos parámetros asociados con la ubicación del obstáculo y de la barrera con respecto al borde la vía en el sentido de avance de tránsito (ver ecuación 1):

$$X = \frac{L_A - L_2}{L_A / L_R} \quad (\text{ec. 1})$$

L_A : Es la distancia transversal desde el borde del carril hasta el extremo más alejado del obstáculo.

L_2 : Es la distancia transversal desde el borde la vía hasta el obstáculo o zona peligrosa.

La metodología de cálculo del RSDG y del Manual SCV coinciden en la definición de la expresión matemática del valor de "X". A este valor se le debe adicionar una longitud L_1 , asociada con la sección de barrera paralela a la vía antes del obstáculo. Para tales efectos el Manual SCV hace las siguiente recomendaciones:

$$L_1 = \begin{cases} 0 \text{ m si el obstáculo no sobresale del terreno} \\ 8 \text{ m si el obstáculo sobresale del terreno} \\ 5 \text{ m en pretilos de puentes} \end{cases}$$

El principio básico de diseño de márgenes de carreteras en tramos de curva es que la barrera debe cubrir todas las trayectorias posibles de salida del vehículo, por lo que se debe considerar como trayectoria inicial de salida la línea tangente a la curva, y a partir de esta definir la longitud necesaria de la barrera y su transición. Los sistemas de contención ubicados en secciones de curva horizontal deben ser diseñados a partir de un método gráfico y los sistemas esviados y colocados paralelos a la vía requieren de una modificación a la ecuación 1. (Valverde, 2011)

3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL

En esta sección se presentan los resultados obtenidos de la evaluación de los sistemas de contención vehicular instalados en el proyecto *"Mejoramiento de la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-Quebrada Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-000023-DI"*.

Condiciones de riesgo identificadas en los márgenes de la vía

En los márgenes de la vía se identificaron varios obstáculos que representan un riesgo potencial para el usuario al momento de ocurrir un accidente por salida de la vía. Dentro los obstáculos continuos y discontinuos ubicados dentro del derecho de vía y de la zona libre destacan los siguientes:

- Taludes en corte y relleno
- Alcantarillas
- Árboles de diámetro superior a 10 cm
- Rocas.
- Alcantarillas
- Entradas a fincas
- Puentes

Los valores de entrada para realizar el cálculo de la longitud mínima de barrera de contención colocada de forma paralela a la vía se observan en la Tabla 2. Las longitudes se calcularon considerando que la condición típica del proyecto en cuanto a la ubicación de sistemas de contención consiste en su utilización en los cabezales de alcantarillas.

El tamaño de alcantarilla del proyecto es variable, el rango de diámetros va de los 91 cm hasta los 213 cm. Las dimensiones de la estructura de toma y desfogue de aguas (por ejemplo aletones y cabezal) también varía en sus dimensiones, por lo que considerando las especificaciones del proyecto, el ancho de estas zonas varía entre 3,60 metros y los 7,08 metros, en promedio. La distancia L_A es un parámetro que varía en función de las condiciones del sitio.

| | | |
|---------------------------|--|-----------------|
| Informe LM-PI-USVT-002-13 | Fecha de emisión: 10 diciembre de 2013 | Página 15 de 24 |
|---------------------------|--|-----------------|

Tabla 3: Valores de entrada para el cálculo de la longitud mínima de barrera.

| Parámetro | | Valor (m) |
|--|-------|-----------|
| Extensión de la zona peligrosa. | L_A | 6 (*) |
| Distancia desde el borde de la vía hasta la sección de barrera de seguridad paralela a la vía. | L_2 | 0,6 (*) |
| Distancia teórica que recorre un vehículo que se sale de la vía fuera de control antes de detenerse. | L_R | 55 |
| Longitud de barrera anterior al obstáculo. | X | 52 |
| Longitud de la sección de barrera paralela a la vía. | L_1 | 8 |

(*) Valores promedio medidos en campo

Nota: Tomado de Valverde, 2011.

En la Tabla 5, se muestran los resultados del cálculo de la longitud de barrera necesarios para proteger al usuario de la vía por la presencia de la alcantarilla. Los valores indicados corresponden a los recomendados en el Manual SCV, el cual se toma como referencia para el cálculos de las longitudes. Es importante mencionar que la guía RSDG da como resultado menores longitudes de barrera; sin embargo para efectos comparativos, se utilizaron ambas metodologías para realizar el cálculo. Los cálculos mostrados en la Tabla 3 son una condición típica.

Tabla 4: Longitud mínima de barrera.

| Metodología | Longitud de barrera (m) |
|-------------|-------------------------|
| Manual SCV | 106 |
| RSDG | 61 |

Los resultados de la evaluación de los sistemas de contención colocados en los sistemas de alcantarilla se resumen en la Tabla 4, y dieron como resultado que la longitud de barrera instalada se encuentra por debajo del valor calculado a partir de ambas metodologías en todos los casos evaluados. Esta condición no permite que el sistema de contención proteja al usuario ante un accidente por salida de la vía.

En la Tabla No. 6 se muestran los resultados de la evaluación realizada a un sistema de contención instalado en un sección curva de la carretera. De la fotografía se observa la presencia de un talud profundo con una pendiente aproximada de 1H:1V , el orificio de la alcantarilla. También se puede apreciar como la longitud de la barrera no cubre toda la longitud de la curva, por lo que esta es insuficiente puesto que no cubre todas la posibles trayectorias de salida del vehículo.

Tabla 5: Resultado de la evaluación de los sistemas de contención.



| Identificación: Punto 2 | | |
|--|---|-----------------|
| Localización | 003 N9 56.840 W85 02.413 | |
| Longitud de la barrera (m) | 12,0 | 24,2 |
| Longitud de Abatimientos (m) | 4,3 | 4,0 |
| Longitud al obstáculo (m) | menor de 1,60 | menor de 1,60 |
| Observaciones | <ul style="list-style-type: none"> • Talud de pendiente importante • Barrera colocada e salida de alcantarilla. • No cumple con la longitud mínima de barrera | |
|  | | |
| Identificación: Punto 3 | | |
| Localización | 004 N9 57.007 W85 02.494 | |
| Longitud de la barrera (m) | 16,2 | 12,5 |
| Longitud de Abatimientos (m) | 4,7 | 4,6 |
| Longitud al obstáculo (m) | menor a 1,60 | menor a 1,60 |
| Observaciones | <ul style="list-style-type: none"> • Talud de pendiente importante • Barrera colocada e salida de alcantarilla. • No cumple con la longitud mínima de barrera. | |
|  | | |
| Informe LM-PI-USVT-002-13 | Fecha de emisión: 10 diciembre de 2013 | Página 17 de 24 |

Tabla 5: Resultado de la evaluación de los sistemas de contención.






| Identificación: Punto 4 | | |
|--|---|--------------|
| Localización | 005 N9 57.654 W85 03.118 | |
| Longitud de la barrera (m) | 8,2 | - |
| Longitud de Abatimientos (m) | 4,6 | - |
| Longitud al obstáculo (m) | menor a 1,60 | - |
| Observaciones | <ul style="list-style-type: none"> • Barrera colocada por un talud u otros. • No cumple con la longitud mínima de barrera. | |
|  | | |
| Identificación: Punto 5 | | |
| Localización | 006 N9 57.934 W85 03.778 | |
| Longitud de la barrera (m) | 28,7 | 16,3 |
| Longitud de Abatimientos (m) | 4,5 | 4,8 |
| Longitud al obstáculo (m) | menor a 1,60 | menor a 1,60 |
| Observaciones | <ul style="list-style-type: none"> • Barrera colocada por la salida de una alcantarilla • Terminal no está enterrada por completo • No cumple con la longitud mínima de barrera. | |
|  | | |
|  | | |
| Identificación: Punto 7 | | |
| Localización | 008 N9 57.648 W85 07.577 | |
| Longitud de la barrera (m) | 4.0 | 4.0 |
| Longitud de Abatimientos (m) | 4.0 | 4.5 |
| Longitud al obstáculo (m) | menor a 1.60 | menor a 1.60 |
|  | | |



Tabla 5: Resultado de la evaluación de los sistemas de contención.

| | | |
|-----------------------------|--|---|
| <p>Observaciones</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Barrera colocada por la salida de una alcantarilla • Barrera con poca longitud. • No cumple con la longitud mínima de barrera. |  |
|-----------------------------|--|---|

Nota: los valores indicados en como longitud de barrera corresponden a los instalados a ambos lados de la vía.




Tabla 6: Resultados de la evaluación realizada en tramos curvos.





| Identificación: Punto 6 | | |
|-------------------------------------|---|--------------|
| Localización | 007 N9 57.575 W85 05.031 | |
| Longitud de la barrera (m) | 530 | 446 |
| Longitud de Abatimientos (m) | 4.6 | 4.5 |
| Longitud al obstáculo (m) | menor a 1.60 | menor a 1.60 |
| Observaciones | -Barrera colocada por la salida de una alcantarilla en un punto intermedio. | |

Por otro lado, durante la visita de inspección al proyecto se observaron otros obstáculos ubicados en los márgenes de la vía los cuales también pueden ser considerados como riesgos potenciales para el usuario. En la Tabla 8, se muestran algunos de estos casos, dentro de los cuales se puede mencionar árboles de diámetro superior a los 10 cm ubicados en tramos de curva, taludes de pendientes no traspasables, e inclusive una alcantarilla sin sistema de contención.

Tabla 7: Condiciones de riesgo potencial observadas

| Localización | Observación | Foto |
|--------------------------------|--|--|
| 015 N9 58.568 W85 09.774 | Lado derecho Curva/Obstáculo importante Árbol con diámetro de 0.9m aproximadamente -Distancia al objeto 1.7m |  |
| 016 N9 58.573 W85 09.674 | Salida de alcantarilla sin protección. -Profundidad LD=2.0m -Profundidad LI=1.3m -Diámetro=1.4m - Distancia al objeto=2.30 |  |
| 022 N9 58.576 W85 09.097 | Curva con obstáculos cerca sin protección (árbol y un talud importante) -Diámetro=1.07m -Pendiente talud=3.0m -Distancia al objeto 2.30m -Lado Derecho |  |

| | | |
|---|---|--|
| <p>023 N9 58.573 W85 08.980</p> | <p>Hay una alcantarilla sin protección LI. -Talud sin protección -Profundidad 2.60m - Distancia al objeto 2.80m</p> |  |
| <p>024 N9 58.496 W85 08.867</p> | <p>En curva Talud peligroso y árbol de diámetro importante</p> |  |
| <p>025 N9 58.424 W85 08.801</p> | <p>Longitud de barrera incompleta</p> |  |
| <p>060 N9 57.024 W85 02.506</p> | <p>Curva sin barrera</p> |  |

4. CONCLUSIONES

De la evaluación de seguridad vial realizada en los "Mejoramiento de la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-Quebrada Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-000023-DI", se concluye lo siguiente:

1. En el proyecto evaluado se encuentran instalados sistemas de contención vehicular en casi todas las alcantarillas, las cuales se encuentran ubicadas tanto en tramos rectos como curvos de la vía. De la condición observada se infiere que las alcantarillas fueron valoradas como un riesgo potencial para los usuarios por parte de los encargados del proyecto.
2. Las longitudes de barrera instaladas son insuficientes para cubrir las posibles trayectorias de salida de la vía que un vehículo fuera de control podría tomar. Esta condición permite afirmar que los sistemas de contención instalados bajo esta condición se podrían convertir en un obstáculo más dentro del margen de la vía.
3. La práctica internacional del diseño de márgenes de carretera indica que antes de considerar la colocación de un sistema de contención se debe hacer una valoración de la posibilidad de modificar el obstáculo de forma tal que se reduzcan sus condiciones de riesgo. En el caso específico de los cabezales y aletones de alcantarilla, por ejemplo, se pudo haber diseñado una rejilla de forma tal que un vehículo no colisionara directamente con sus elementos de concreto y que tampoco facilitara la obstrucción de la alcantarilla por el paso de basura.
4. En el trazado del proyecto se detectaron otros puntos de riesgo potencial donde era factible la posibilidad de colocar un sistema de contención vehicular; sin embargo, no cuentan con este tipo de medidas de seguridad.

5. RECOMENDACIONES

De la evaluación de seguridad vial realizada en la intersección "Mejoramiento de la Ruta Nacional N°21. Secciones: Quebrada San Pedro-Quebrada Tronconal y Jicaral-Lepanto. Licitación Pública No. 2008LN-000023-DI", se recomienda lo siguiente:

En los proyectos de mejoramiento de la Red Vial Nacional se deben incluir los requisitos y normas de valoración para el diseño de los márgenes del proyecto. El objetivo de analizar los márgenes de la vía a mejorar es justamente el detectar los riesgos potenciales previo al inicio del proyecto para determinar la factibilidad de eliminarlos o mitigarlos por medio de su reubicación o modificación, o en último caso definir el diseño apropiado del sistema de contención a instalar.

6. REFERENCIAS

- [1] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), (2004). A Policy on Geometric Design of the Highways and Streets. Cuarta Edición. Washington, D.C.
- [2] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2011. Roadside Design Guide. Cuarta Edición. Washington, D.C.
- [3] Valverde G. (2011). Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carreteras. Recuperado de www.csv.go.cr.
- [4] Transportation Association of Canada (TAC), (2004). The Canadian Guide to In-service Road Safety Reviews.