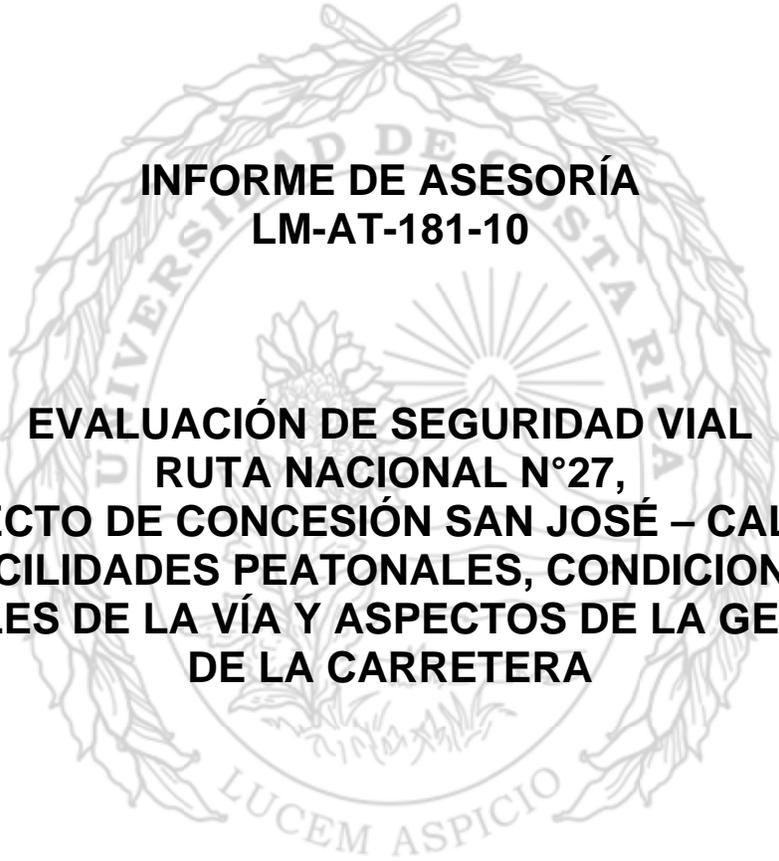




Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LM-AT-181-10



**INFORME DE ASESORÍA
LM-AT-181-10**

**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**

Diciembre 2010



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 POTESTADES	1
1.2 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE LA VÍA EN SERVICIO.....	1
1.3 OBJETIVOS DEL INFORME	1
1.4 ALCANCE DEL INFORME	2
1.5 LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	2
1.6 METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA	2
1.7 ANTECEDENTES	3
2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL.....	4
2.1 SOBRE PEATONES	4
2.1.1 AUSENCIA DE OBRAS NECESARIAS PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD VIAL DE LOS PEATONES EN ALGUNOS INTERCAMBIOS DE LA CARRETERA.....	4
2.2 SOBRE CONDICIONES LATERALES DE LA VÍA	22
2.2.1 SISTEMAS DE CONTENCIÓN CON DISEÑOS E INSTALACIONES INADECUADOS.....	22
2.2.2 CUNETAS REDUCIDAS SIN PROTECCIÓN	29
2.2.3 BORDILLOS PELIGROSOS EN ACERAS DE PUENTES	30
2.2.4 APOYOS INTERMEDIO DE PUENTES DESPROTEGIDOS.....	31
2.3 SOBRE ZONAS DE REDUCCIÓN DE LA CANTIDAD DE CARRILES	32
2.3.1 CONDICIONES DE RIESGO EN LAS ZONAS DONDE SE REDUCEN LA CANTIDAD DE CARRILES.....	32
2.4 SOBRE HIDROPLANEAMIENTO.....	34
4. CONCLUSIONES.....	36
5. RECOMENDACIONES.....	37
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38



RESUMEN EJECUTIVO

INFORME DE ASESORÍA LM-AT-181-10

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

Diciembre 2010



RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de la Evaluación de Seguridad Vial de la Ruta Nacional N° 27, San José–Caldera, es identificar los elementos más relevantes de la infraestructura que inciden en la ocurrencia y severidad de accidentes; específicamente, se determina si el tramo evaluado brinda seguridad para peatones y ciclistas, aspectos relevantes en los sistemas de contención con respecto a su instalación y ubicación, y si el diseño geométrico de los carriles de transición ofrece suficiente visibilidad a los usuarios.

La metodología utilizada para el estudio se basó en visitas al proyecto para evaluar la seguridad vial. Primero se realizaron recorridos a lo largo del tramo de la carretera evaluada, identificando los principales elementos que atentan contra la seguridad vial. Luego, se realizó una inspección detallada del sitio y se recopiló información de flujos peatonales y de vehículos; además, se hicieron mediciones de parámetros técnicos tales como dimensiones de guardavías, dimensiones de la sección transversal de la vía, velocidad del flujo vehicular, entre otros.

Con base en la Evaluación de Seguridad Vial, se emiten una serie de recomendaciones y soluciones típicas, con el fin de reducir el riesgo y la severidad de los accidentes para todos los usuarios de la vía.

Las principales observaciones se refieren a que existe ausencia de obras necesarias para garantizar la seguridad vial de los peatones en algunos intercambios de la carretera. También se encontró que las defensas laterales son insuficientes o están instaladas de manera inadecuada. Algunas barreras medianeras no están instaladas adecuadamente. Existen cunetas reducidas sin protección, bordillos peligrosos en aceras de puentes, apoyos intermedios de puentes desprotegidos, entre otros.

De acuerdo con las observaciones, se recomienda hacer un estudio del comportamiento peatonal en los tramos urbanos de la Ruta Nacional N°27, de modo que se diseñen y construyan facilidades peatonales de acuerdo con las necesidades de los usuarios. Como complemento, es necesario hacer un estudio de frecuencia de accidentes, de modo que con base en estadísticas de accidentes y flujos peatonales, se determine el riesgo de atropello y puedan tomarse las medidas de mitigación que correspondan.

Para mejorar los sistemas de contención en la carretera, es importante realizar un estudio técnico y un diseño específico, que garanticen la necesidad, el tipo, la configuración y forma de emplazamiento del sistema de contención; de modo que su funcionamiento sea el deseable.



Se recomienda además, evaluar los carriles de ascenso y transición, especialmente los ubicados en la sección II, para identificar aquellos que presentan insuficiencias en la visibilidad.

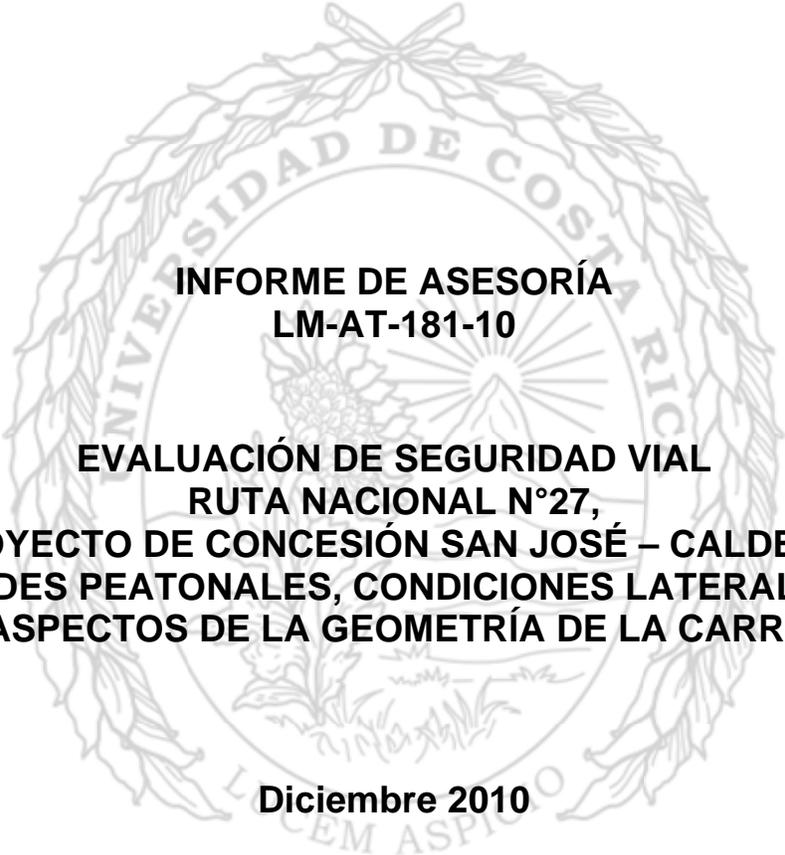
Las recomendaciones que se presentan en este informe son soluciones típicas a algunas de las observaciones realizadas, por tanto es necesario considerarlo como una guía mínima que se complementa con estudios más detallados. Es competencia del Concesionario realizar los estudios respectivos, que incluyan análisis beneficio – costo para encontrar la solución técnica más apropiada en beneficio de todos los usuarios: peatones, ciclistas, conductores de vehículos.





Laboratorio Nacional de
Materiales y Modelos Estructurales

LM-AT-181-10



**INFORME DE ASESORÍA
LM-AT-181-10**

**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**

Diciembre 2010

EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL RUTA NACIONAL N°27 SAN JOSÉ - CALDERA
Licitación Pública Internacional: N° 1-98

Departamento encargado del proyecto: Consejo Nacional de Concesiones (CNC).

Nombre del Proyecto: Concesión San José - Caldera

Gerencia de proyecto: Ing. Hadda Muñoz Sibaja

Monto original del contrato: U.S.\$ 265.860.060,08

Fecha de inicio de la obra: 09 de enero del 2008

Plazo de la Concesión: Veinticinco años y seis meses

Longitud del proyecto: 78,60 km

Coordinador de Programa de Infraestructura de Transporte , PITRA:

- Ing. Luis Guillermo Loría Salazar, MSc.

Coordinadora de Auditoría Técnica:

- Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc.Eng.

Auditores:

- Ing. Diana Jiménez Romero, MSc.,MBA.
- Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.

Asesor legal externo:

- Lic. Miguel Chacón Alvarado

Alcance del informe:

- La evaluación se centrará en el diseño geométrico de los carriles de transición, las facilidades para usuarios vulnerables y los elementos de seguridad (señalización y sistemas de contención).

Referencias:

- Fechas de visitas: 27 de octubre, 2 y 8 de noviembre del 2010.

Ubicación de la ruta auditada:



Figura N°1: Ubicación del proyecto San José – Caldera, Ruta Nacional N°27.



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

1. INTRODUCCIÓN

1.1 POTESTADES

Con base en la Ley N° 8114, en el artículo 6, inciso g), que le otorga al Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (LanammeUCR) de la Universidad de Costa Rica, la tarea de brindar asesoramiento técnico al jerarca superior de la Dirección de Vialidad del MOPT, así como al ministro y viceministro del sector. Cumpliendo con este mandato y con el propósito de contribuir al mejoramiento continuo de los procesos y gestiones de la Administración del Ministerio de Obras Públicas y Transportes y el Consejo Nacional de Vialidad, quien es el ente rector de la infraestructura vial de nuestro país, es que se rinde el presente informe de asesoría en materia de seguridad vial, de un proyecto en concesión.

1.2 OBJETIVOS DE LA EVALUACIÓN DE LA VÍA EN SERVICIO.

Desde una perspectiva de Ingeniería en Seguridad Vial, se ha realizado una evaluación de la Ruta Nacional N°27 San José – Caldera, identificando los elementos más relevantes de la infraestructura que inciden en la ocurrencia y severidad de accidentes; lo que permite emitir una serie de recomendaciones y soluciones típicas con el fin de reducir el riesgo y la severidad de los accidentes para todos los usuarios de la vía.

Las recomendaciones que se presentan en este informe son soluciones típicas a algunas de las observaciones realizadas, por lo tanto deben considerarse como una guía mínima que debe complementarse con estudios más detallados. Es competencia del Concesionario realizar los estudios respectivos, que incluyan análisis beneficio – costo para encontrar la solución técnica más apropiada en beneficio de todos los usuarios: peatones, ciclistas, conductores de vehículos.

1.3 OBJETIVOS DEL INFORME

Los objetivos específicos del presente informe son:

- Determinar si el tramo evaluado brinda seguridad para peatones y ciclistas.



- Determinar aspectos relevantes en los sistemas de contención con respecto a su instalación y ubicación.
- Evaluar si el diseño geométrico de los carriles de transición ofrece suficiente visibilidad a los usuarios.

1.4 ALCANCE DEL INFORME

La evaluación se centrará en el diseño geométrico de los carriles de transición, las facilidades para usuarios vulnerables (peatones y ciclistas) y los elementos de seguridad (señalización y sistemas de contención).

Existen más elementos de la infraestructura vial que se deben atender; pero en aras de cumplir con la fecha de entrega acordada por parte del LanammeUCR para la entrega de esta asesoría al Ministro de Obras Públicas y Transportes, la evaluación sólo se centró en los aspectos anteriormente indicados.

La Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR tiene contemplado dentro de su plan de trabajo, la ejecución de más evaluaciones de seguridad vial en esta ruta.

1.5 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Para poder identificar estos tramos de concentración de accidentes, es necesario contar con una base de datos. Esta base de datos, además de identificar la ubicación exacta de la ocurrencia del accidente, también debe de indicar una serie de detalles del mismo. Por ejemplo, si el choque ha sido frontal, por salida de vehículo de la vía, condiciones climáticas, condiciones del pavimento, etc. Todo ello con el propósito de identificar las causas y ejecutar una acción correctiva efectiva.

Para esta evaluación, las estadísticas de accidentes de tránsito no fueron suministradas de conformidad con la solicitud enviada por el LanammeUCR al Consejo Nacional de Concesiones en octubre del presente año mediante el oficio LM-IC-PI-SJC-1-2010. Por tanto, la evaluación presentada contiene limitaciones con respecto a este tipo de análisis.

1.6 METODOLOGÍA DE LA AUDITORÍA TÉCNICA

Se realizaron dos tipos de visita para evaluar la seguridad vial, tal y como se explica a continuación.

El primer tipo de visita de evaluación se realiza recorriendo a velocidad normal, en ambos sentidos de circulación; todo el tramo de la carretera evaluada, con el propósito de identificar los principales elementos que atentan contra la seguridad vial, a los cuales se les deberá poner más atención en la evaluación.



Un segundo tipo de recorrido se hace realizando una inspección detallada de todas las secciones en las que se dividió la vía para efectos de la evaluación, recopilando la información necesaria en los formularios diseñados para tal fin.

Con base en las observaciones realizadas, se definen aquellos elementos y secciones de carretera que requieren una inspección detallada. En esta visita de evaluación usualmente se realizan conteos peatonales y de vehículos, y mediciones de parámetros técnicos tales como dimensiones de guardavías, dimensiones de la sección transversal de la vía, mediciones de velocidad del flujo vehicular, entre otros.

Este informe resume los aspectos relacionados con las evaluaciones realizadas en la Ruta Nacional N° 27 San José – Caldera, en las cuales se efectúan recorridos a velocidad normal en ambos sentidos de circulación y a baja velocidad para observar algunos elementos de forma detallada, así como de otras visitas de auditoría en las que se realizaron mediciones de velocidad y conteos vehiculares y peatonales.

1.7 ANTECEDENTES

Las decisiones de los peatones se ven afectadas por la ubicación del origen y destino, la longitud y complejidad de la ruta, el propósito y horario del viaje. Según Sisiopiku y Akin (2003), la distancia a la que se encuentra el paso peatonal del lugar de destino es un factor muy importante en la decisión del sitio por dónde cruzar la calle. En el estudio de Seneviratne y Morrall (1985), más de 50% de los peatones entrevistados escogen la ruta por ser la más corta entre el par Origen/Destino respectivo y en más del 22% de los casos se escoge por costumbre. Los individuos privilegian llegar a su destino utilizando la ruta más corta, dado que la caminata requiere un esfuerzo físico.

Las características del flujo vehicular afectan el comportamiento de cruce de los peatones, en estudios como el de Chagas y Lindau (2009), se establece que la dificultad para cruzar una calle aumenta con la cantidad de vehículos y la velocidad de los mismos. Baltes y Chu (2002) establecen que el comportamiento de cruce de los peatones está determinado por las brechas disponibles que tengan para cruzar, el tiempo de cruce y el margen de seguridad (tiempo que transcurre desde que el peatón cruza, hasta el momento en que pasa un vehículo por el sitio de cruce).

La Unidad de Auditoría Técnica del LanammeUCR realizó en el año 2003, una auditoría en el tema de facilidades peatonales en carreteras primarias y secundarias del país, específicamente en la autopista General Cañas (Ruta Nacional N° 1), la autopista Florencio del Castillo (Ruta Nacional N° 2), Ruta Nacional N° 215 y la ruta sobre Circunvalación; bajo la designación LM-PI-PV-AT-150-03. Posteriormente, en el año 2009, se volvió a efectuar una evaluación de las facilidades peatonales en las Rutas Nacionales N°1 y N°2, bajo la designación LM-AT-55-09.

El tema de sistemas de contención vehicular se ha abarcado en varios informes de Auditoría Técnica del LanammeUCR, tanto en proyectos de obras de construcción de carreteras como en proyectos de conservación vial. Además, hay dos informes

específicos sobre el tema de sistemas de contención vehicular: LM-PI-PV-AT-29-05: “Análisis de la Seguridad Vial de los Guardavías en Carreteras Nacionales” (noviembre, 2005), LM-AT-34-07: “Análisis de las barreras de seguridad (guardavías colocados en abril 2007) en la Ruta 32” (abril, 2007) y LM-AT-116-08: “Normativas de Diseño de Sistemas de Contención Vehicular Proyecto de Mejoramiento de Las Rutas Nacionales No. 160, Sección: Puerto Carrillo – Estrada y No. 158, Sección: Estrada – Lajas” (diciembre, 2008).

Otro de los antecedentes de esta evaluación es el oficio FOE-OP-335 del día 16 de junio del 2006, emitido por el Ing. Álvaro Vargas Solís, Gerente de Área de la Contraloría General de la República, dirigido a la Lic. Karla González Carvajal, Ministra de Obras Públicas y Transportes (MOPT). Este oficio es un comunicado de los resultados de la investigación que llevó a cabo este ente fiscalizador, en torno a los procedimientos utilizados en el MOPT para el diseño y la contratación de guardavías en las carreteras nacionales. En el punto 3 de este documento se emitió la disposición de elaborar un documento oficial que sirva como guía del diseño y emplazamiento de los sistemas de contención vehicular en Costa Rica, incluyendo las normas y las especificaciones necesarias para asegurar la adecuada instalación de estos sistemas.

2. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE SEGURIDAD VIAL

Una Auditoría de Seguridad Vial es un examen formal de un proyecto vial, o de cualquier proyecto que tenga influencia sobre la vía, en donde un equipo de profesionales calificado e independiente informa sobre el riesgo de ocurrencia de accidentes o del comportamiento del proyecto desde la perspectiva de seguridad vial (Austroads,2002).

Este examen contiene aspectos que permiten evaluar la consistencia de la señalización, los dispositivos de seguridad y los riesgos existentes para todos los usuarios potenciales de la carretera. Las auditorías de seguridad vial permiten además, señalar oportunidades de mejora para que las carreteras funcionen en mejores condiciones operativas.

Una evaluación de seguridad vial es un proceso similar a una auditoría de seguridad vial sólo que generalmente es ejecutado en las vías ya construidas.

2.1 SOBRE PEATONES

2.1.1 Ausencia de obras necesarias para garantizar la seguridad vial de los peatones en algunos intercambios de la carretera.

Según las especificaciones técnicas del contrato de concesión para la Sección I: San José-Ciudad Colón, en el apartado **2.2.1.3 Intercambios**, se establece lo siguiente:

“El Concesionario deberá realizar los estudios de campo respectivos, de acuerdo con la metodología definida en la Sección 2.13. de las presentes Bases Técnicas, a efecto de establecer las obras necesarias para

garantizar la seguridad vial de los peatones en los intercambios, tales como: construcción de aceras para peatones, bahías para autobuses, puentes peatonales, entre otras. Estos elementos deben ser incluidos en los diseños definitivos y los planos constructivos que debe aportar el Concesionario.

El Concesionario podrá presentar diseños alternativos a los aportados por la Administración Concedente en la Licitación, siempre y cuando estén sustentados en diseños funcionales de ingeniería de tránsito, de conformidad con la metodología de análisis definida en la Cláusula 2.13 del presente contrato. Los estudios y análisis funcionales que realice el concesionario deberán ser aprobados por la Administración Concedente de previo a la presentación ante el CNC para la respectiva autorización¹.

Además, para todo el proyecto, en el apartado **2.13.3 Diseño Funcional**, se indica:

“El Concesionario deberá, con la aplicación de los métodos del Manual de Capacidad, realizar un diagnóstico general de la situación existente en cada tramo de la carretera y en todas sus intersecciones, en función de la relación volumen / capacidad y los niveles de servicio correspondientes, con el objeto de identificar las deficiencias actuales del proyecto y sus intercambios para así definir las mejoras operativas que sean necesarias. Este diagnóstico también abarcará lo relativo a flujos peatonales, paradas de autobuses y de seguridad vial en general a lo largo del proyecto. El análisis funcional que deberá realizar el Concesionario se hará de acuerdo con la siguiente metodología:

....

- c)** *En las secciones del proyecto ubicadas en zonas netamente urbanas, el Concesionario deberá tomar todas las provisiones propias del área urbana, tales como garantizar un flujo adecuado de los peatones por las aceras y cruces en el área de intersección; permitir los movimientos y paradas de las unidades de transporte público modalidad autobús; acceso adecuado a viviendas, industrias y comercios; el mantenimiento de otras actividades típicas de las zonas urbanas.”*

Tal como se establece en el informe de la Contraloría General de la República (DFOE-OP-IF-13-2010), se eliminaron algunos puentes peatonales, pero no se realizaron los estudios técnicos que justificaran su exclusión, ni se implementaron otras medidas para mitigar sus efectos. En las Figuras N°2 a la N°5 se pueden observar los puntos en los cuales no se construyeron los puentes peatonales.

A razón de la entrega del presente estudio, no se realizó un análisis exhaustivo de todos los sitios donde se eliminaron los puentes peatonales; por lo tanto se incluyeron dos de los sitios que presentaban las condiciones más riesgosas (Intercambio de Escazú e

¹ Contrato de Concesión de Obra Pública con Servicio Público “Proyecto Carretera San José - Caldera”

Intercambio de Guachipelín); adicionalmente se evaluaron dos sitios en Coyolar, donde se observaron condiciones inseguras para los peatones que cruzan la vía.

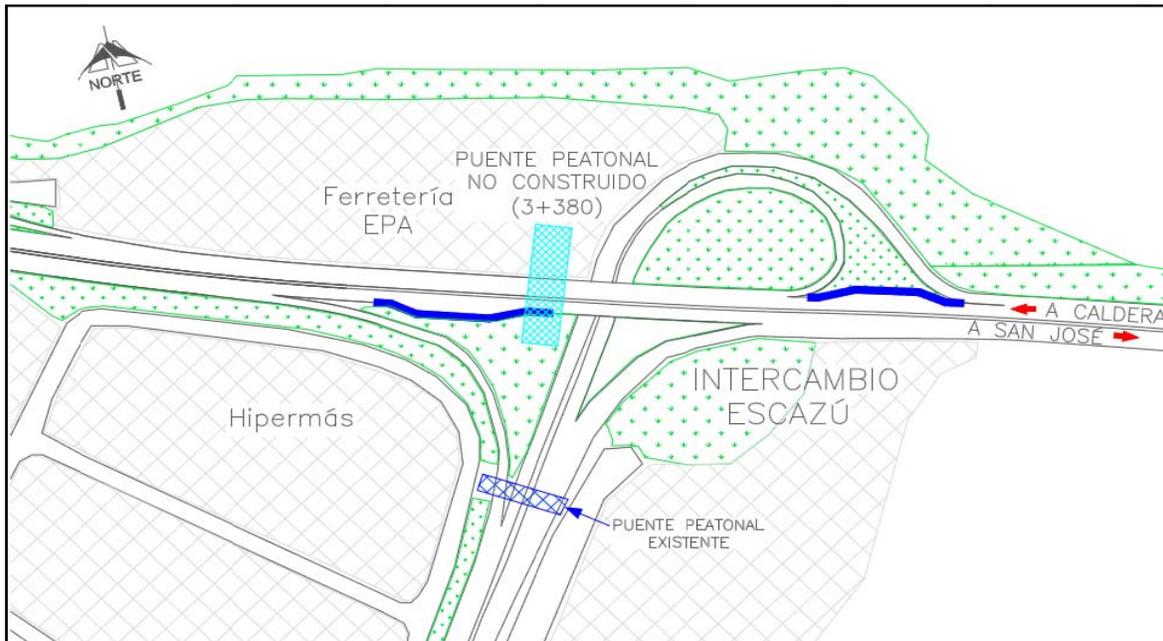


Figura Nº 2: Ubicación de pasarelas contempladas en el Contrato San José-Caldera que no se construyeron (Intercambio Est. 7+600).

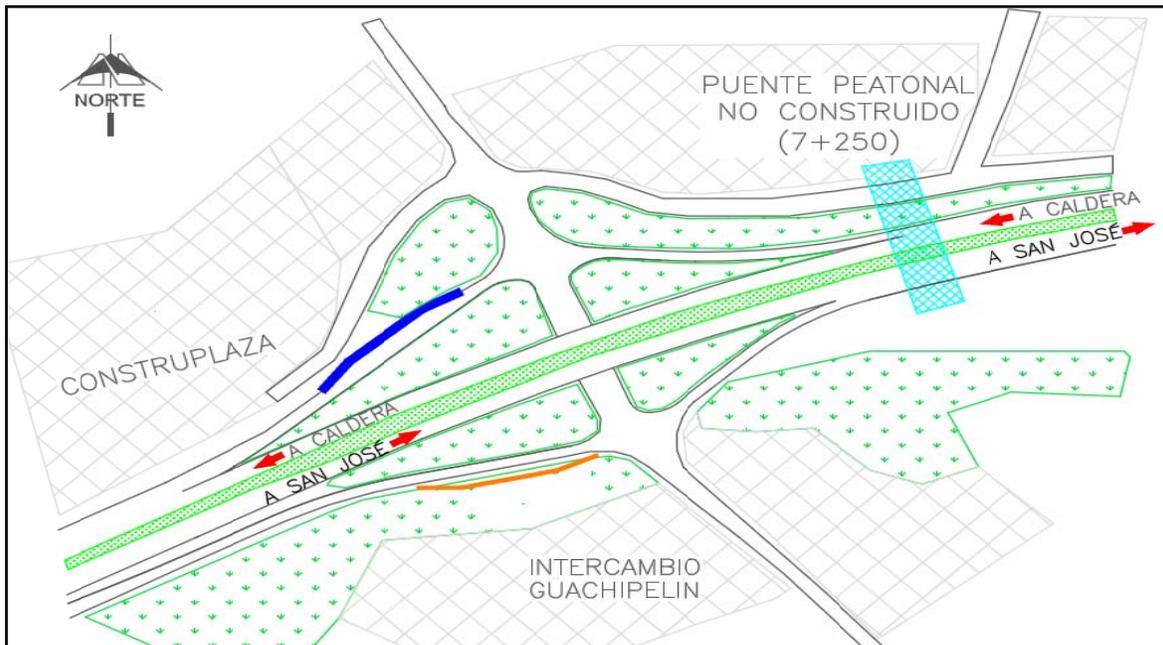


Figura Nº 3: Ubicación de pasarelas contempladas en el Contrato San José-Caldera que no se construyeron (Intercambio Est. 7+250).

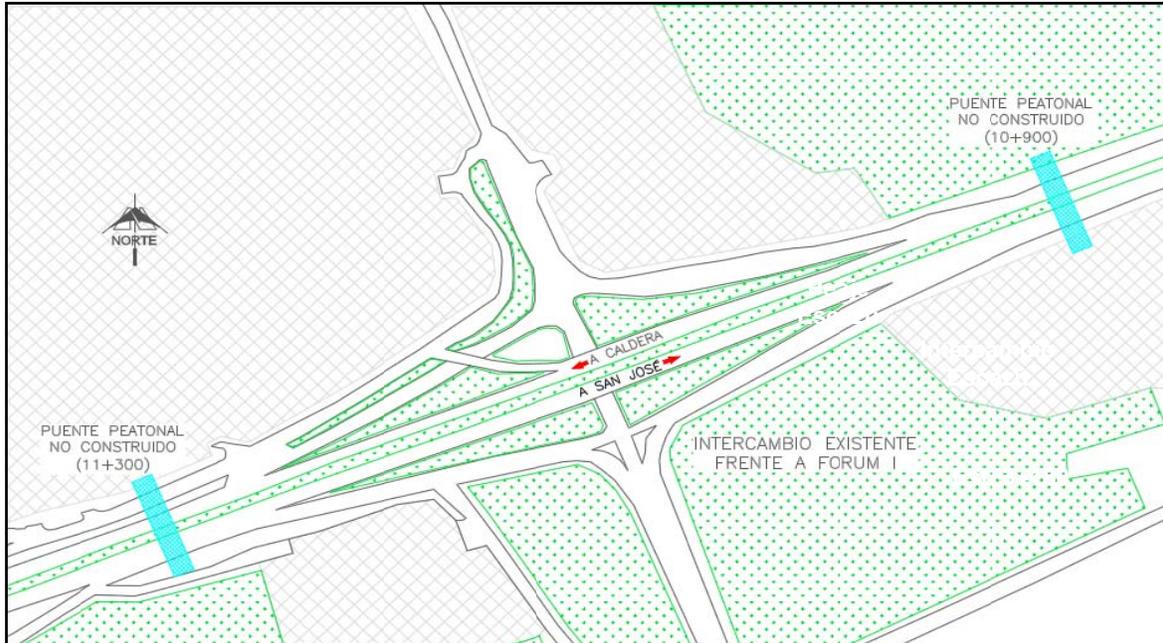


Figura Nº 4: Ubicación de pasarelas contempladas en el Contrato San José-Caldera que no se construyeron (Intercambio Est.11+100).

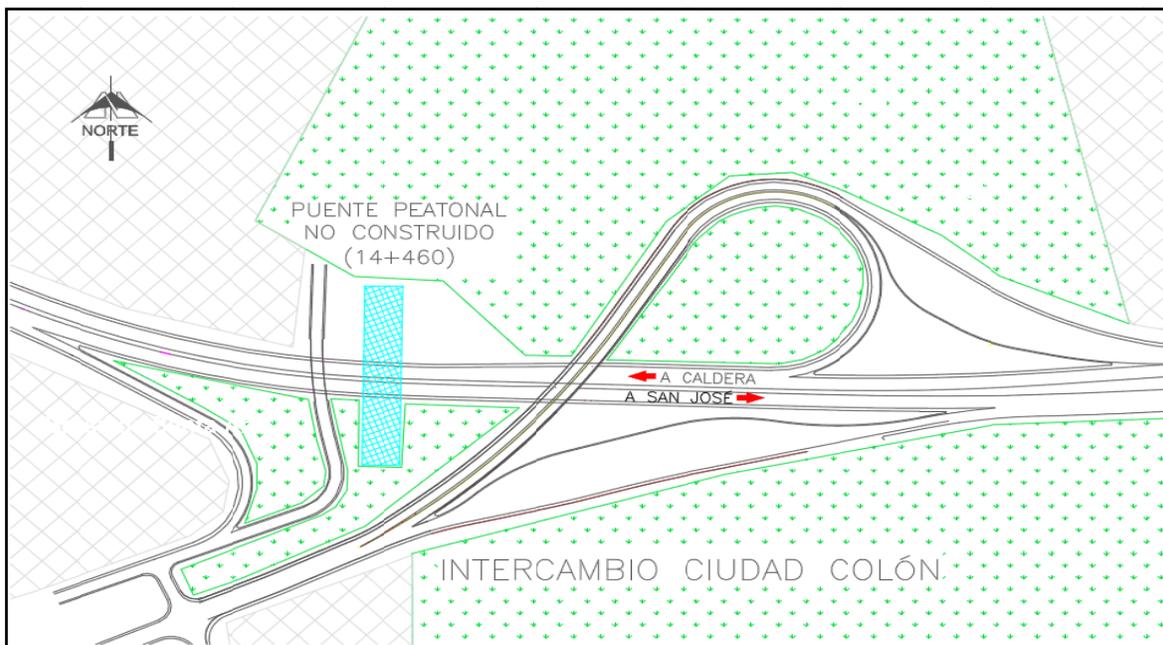


Figura Nº 5: Ubicación de pasarelas contempladas en el Contrato San José-Caldera que no se construyeron (Intercambio Est. 14+400).

Por ejemplo, se observó en los intercambios a Escazú (Est. 3+180) y a Guachipelín (Est. 7+480), que los peatones no cuentan con pasos peatonales para poder cruzar la Ruta N°27; por lo que los usuarios deben caminar sobre el espaldón o en las rampas de los intercambios para poder llegar desde o hacia las paradas de buses. Otros peatones prefieren caminar menos y cruzan la Ruta N°27 aprovechando las brechas entre los vehículos que circulan, que significa un riesgo mayor.

Intercambio a Escazú

En el caso del intercambio Escazú, el peatón que llega a la parada de bus ubicada en sentido San José-Caldera (Est. 3+180) o a la que se ubica en el sentido Caldera – San José (Est. 3+420), y tenga que cruzar la carretera, tiene al menos tres alternativas de cruce.

1. Caminar por la rampa del intercambio Escazú.
2. Caminar por el espaldón de la carretera hasta el paso a desnivel ubicado aproximadamente 600m al oeste.
3. Cruzar en dos tramos los carriles de la Ruta N°27, pues existe una barrera central del tipo *New Jersey*.

La alternativa que elige el peatón depende de su destino y de la aversión al riesgo que tenga cada persona.

En las Figuras N° 6, N° 7 y N° 8, se muestra en forma esquemática, las tres alternativas de cruce de la Ruta N°27 de los peatones que llegan a la parada de bus ubicada en sentido San José-Caldera (Est. 3+180).

Para el caso de la Alternativa 1, algunos de los peatones caminan por el espaldón en un tramo de la rampa del intercambio (Figura N°6.a).

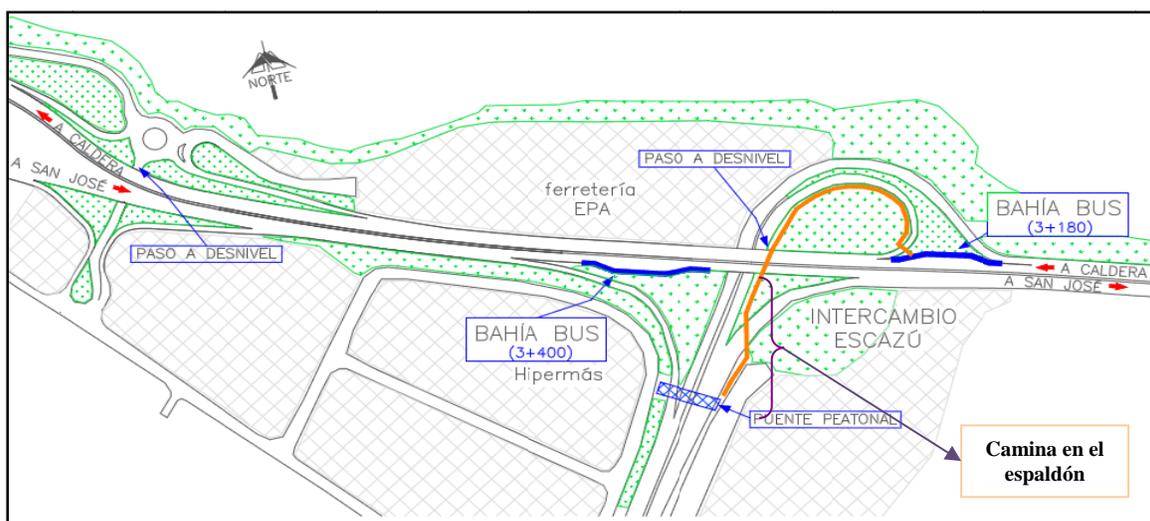


Figura N° 6.a: Primera alternativa de cruce para el peatón que llega a la parada de bus ubicada en sentido San José-Caldera (Est. 3+180).

La rampa del intercambio Escazú cuenta con una acera, tal como se muestra en las Fotografías N° 1 y N° 2, la cual continúa por debajo del paso a desnivel hasta llegar a la bahía de bus ubicada en el estacionamiento 3+420.



Fotografía N° 1



Fotografía N° 2

**Rampa del intercambio a Escazú,
(Est. 3+180)**

El recorrido que deben hacer los peatones para transitar por las aceras construidas en el intercambio, es el que se muestra en la Figura N° 6.b. Lo cual le significa mayor tiempo de caminata.

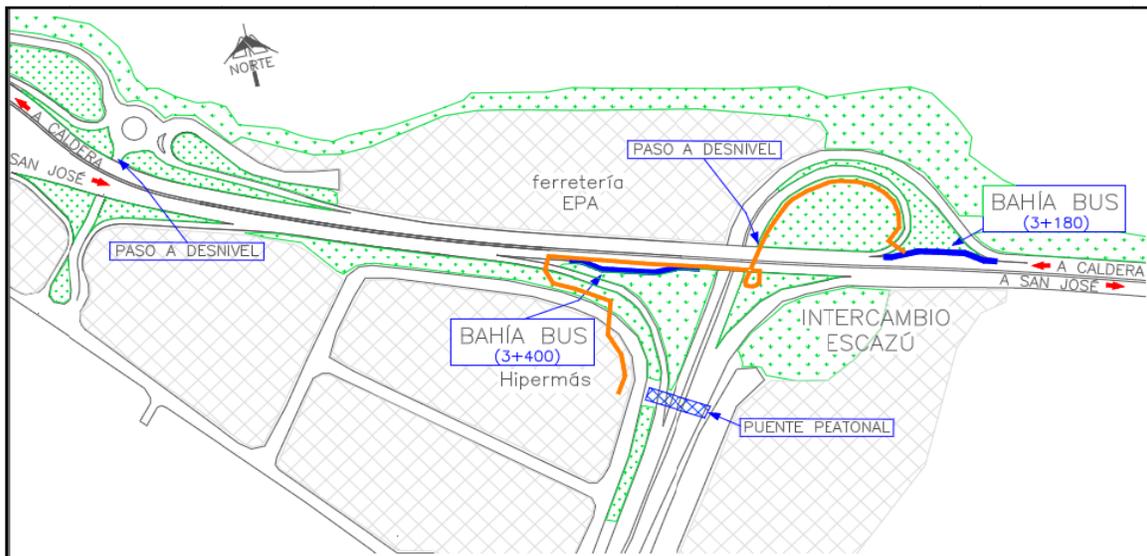


Figura N° 6.b: Alternativa de cruce haciendo uso de las aceras construidas en el intercambio.

Los peatones que eligen la segunda alternativa de cruce, caminan hasta el paso a desnivel ubicado al oeste de la parada de buses, por lo que deben transitar más de 500m sobre el espaldón o en la cuneta, dado que no existe acera.

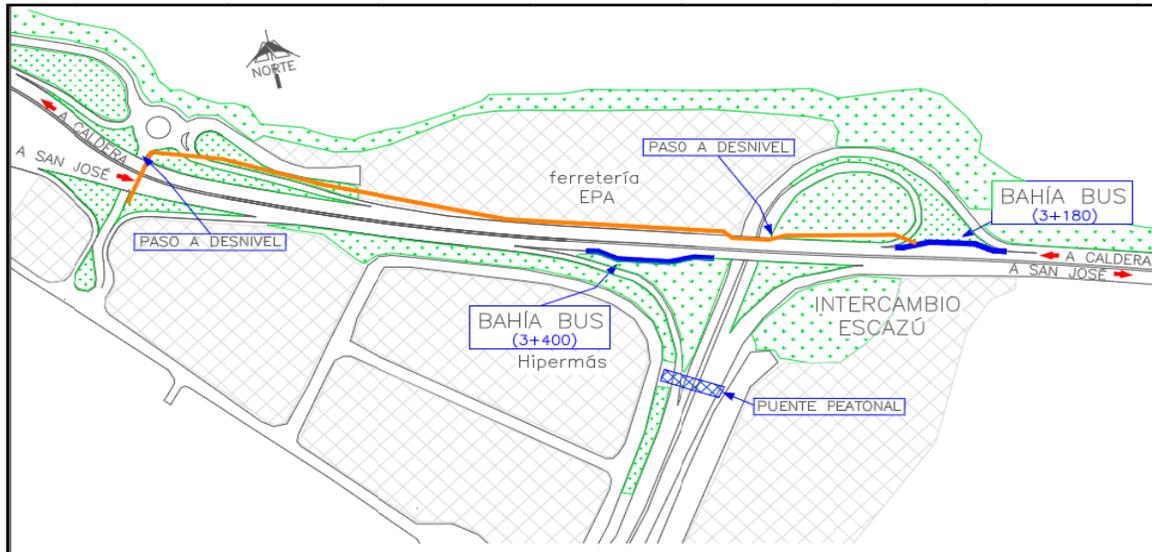


Figura N° 7: Segunda alternativa de cruce para el peatón que llega a la parada de bus ubicada en sentido San José-Caldera (Est. 3+180).

Según la alternativa 2, mostrada en la Figura N°7, a pesar de que existen señales de reglamentación que indican que no deben transitar peatones por la calzada, los peatones deben caminar en ciertos tramos para poder llegar hacia la parada de buses. En las Fotografías N° 3 y N° 4, se muestran ejemplos de los peatones caminando por el espaldón para poder llegar a la parada ubicada en el estacionamiento 3+180.



Fotografía N° 3
Peatones caminando en condiciones inseguras,
en las cercanías del intercambio a Escazú



Fotografía N° 4

El paso a desnivel cercano al intercambio Escazú sí cuenta con aceras, tal como se muestra en la Fotografía N° 5. Sin embargo, se pudo observar que no existe continuidad de las aceras que permita a los peatones un tránsito seguro para llegar al paso a desnivel (ver Fotografías N° 6 a la N° 8).



Fotografía N° 5



Fotografía N° 6



Fotografía N° 7



Fotografía N° 8

Carencia de facilidades peatonales para llegar al paso a desnivel en Escazú.

Algunos puntos ofrecen un riesgo adicional, pues además de que el tramo carece de aceras, existen obstáculos para el tránsito de los peatones, tal como se muestra en la Fotografías N° 9 y N° 10.



Fotografía N° 9



Fotografía N° 10

Obstáculos en las cercanías del intercambio a Escazú

En el caso de la Alternativa 3, los peatones también caminan un tramo sobre el espaldón y luego deben esperar en la barrera New Jersey para poder cruzar la calzada. Lo cual tiene asociado un mayor riesgo de atropello.

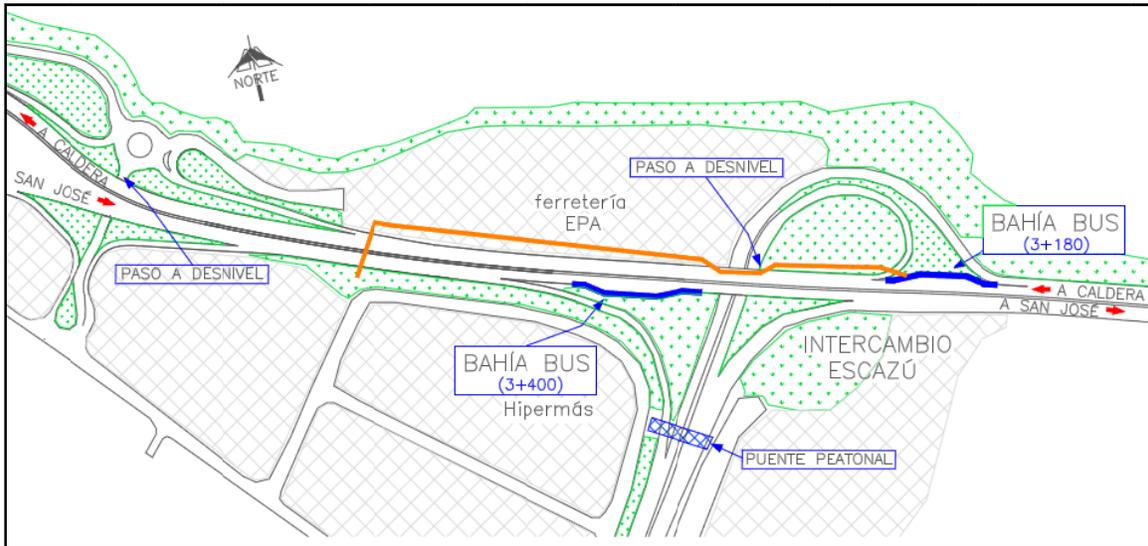


Figura N° 8: Tercera alternativa de cruce para el peatón que llega a la parada de bus ubicada en sentido San José-Caldera (Est. 3+180).

En las Fotografías N° 11 y N° 12, se muestra el cruce de los peatones refugiándose en la barrera tipo New Jersey.



Fotografía N° 11



Fotografía N° 12

**Peatones cruzando en condiciones inseguras,
en las cercanías del intercambio a Escazú**

El día 2 de noviembre de 2010, se realizó un conteo de los peatones cruzando según la Alternativa 3, entre las 16:30 y 17:30 Hrs. En la Tabla N° 1 se muestran los flujos peatonales cruzando la Ruta N°27.

Tabla N° 1: Flujos peatonales cruzando la Ruta Nacional N°27, Intercambio Escazú, frente a Hiper más (Est. 3+420).

Período	Fecha	Peatones hacia el norte	Peatones hacia el sur
16:30 a 17:30 Hrs.	02/11/2010	12	19

En el sentido Caldera - San José, se realizaron mediciones de velocidad del flujo vehicular simultáneamente con el conteo de peatones, con el fin de cuantificar el riesgo para los usuarios que cruzan esta vía. Los resultados de las mediciones de velocidad se muestran en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Mediciones de velocidad del flujo vehicular en Intercambio Escazú, frente a Hiper más (Est. 3+420).

Sentido de la Vía	Fecha	Hora	Ubicación	Velocidad percentil 85 (V_{85}) (km/h)	Usuarios velocidad de 80km/h o menor
Caldera - San José	02/11/2010	17 Hrs.	km 3+420	58	100,0%

El límite de velocidad máxima permitida en este tramo es de 80km/h y según se puede observar en la Tabla N° 1, para el estacionamiento 3+420 (sentido Caldera – San José) el percentil 85 (V_{85}) de la distribución de velocidades puntuales² indica que la velocidad de operación es de 58km/h, es decir que el 100% de los vehículos cumplen con el límite de velocidad establecida de forma reglamentaria. La condición lluviosa de ese día y la hora en que se tomaron las mediciones (17 Hrs.) pudo haber influido en la velocidad a la cual transitaba el flujo vehicular.

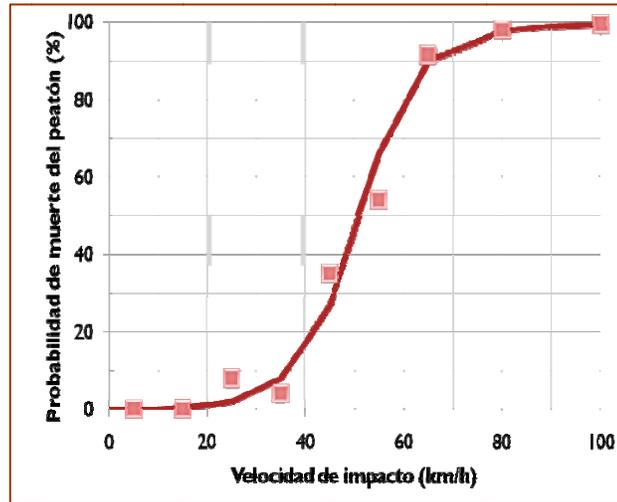
En el sentido San José – Caldera no se hicieron mediciones de velocidad debido a la dificultad de colocar el equipo respectivo en ese sitio. Se solicitó la información sobre el conteo vehicular que lleva el Concesionario en el peaje de Escazú durante el periodo de evaluación (de las 16:30 a las 17:30 Hrs. del día 02/11/10); sin embargo, hasta el momento de entrega de este informe, dicha información no ha sido suministrada.

Un estudio de seguridad vial realizado por Rosén y otros (Suecia, 1992), concluyó porcentajes de probabilidad de fallecer en un accidente de tránsito en función de la velocidad a la cual ocurre el atropello.

Tal como se indica en la Figura N° 9 hay una probabilidad mayor de 80% de que ocurra una fatalidad si el atropello se produce a una velocidad de 60 km/h, que corresponde a la velocidad del percentil 85 (V_{85}).

² La velocidad percentil 85 significa que el 85% de las velocidades medidas es igual o menor a este valor.

Figura N° 9: Probabilidad de muerte en función de la velocidad en un atropello.
Fuente: Erick Rosén, Suecia (1992).



En concordancia con el resultado obtenido de medición de velocidades realizado para este informe, existe probabilidad de sufrir una fatalidad en caso de que se produzca un atropello en este tramo de carretera evaluado. Además, un atropello puede ocasionar lesiones a la víctima, independientemente de la velocidad a la cual ocurre el percance.

En condiciones climáticas adversas, por ejemplo cuando llueve, la visibilidad se ve muy reducida, por lo que existe un peligro mayor para los peatones que caminan por la calzada. Ver Fotografías N° 13 y N° 14.



Fotografía N° 13



Fotografía N° 14

**Lluvia dificulta la visibilidad hacia los peatones,
intercambio a Escazú (Est. 3+180)**

En el contrato de concesión de este proyecto se establecía que en el Intercambio Escazú debía construirse un puente peatonal. Sin embargo, se eliminó esta obra en el Balance Económico de Obras N° 1, sin hacer los estudios técnicos que justificaran su eliminación (DFOE-OP-IF-13-2010). Si el criterio de la Administración es no construir el puente

peatonal, debería entonces construirse una serie de obras que garanticen la seguridad vial de los peatones al transitar por la Ruta N°27.

Indistintamente de los criterios de flujo de peatones (peatones por hora) y flujo vehicular (vehículos por hora) que utilicen en Costa Rica para justificar la construcción de un paso peatonal a desnivel, el Departamento de Transportes de Estados Unidos (FHWA, 2006) afirma claramente que, aún cuando los conteos de peatones son necesarios para definir puntos críticos y medidas correctivas, el hecho de contar con flujos bajos de peatones no justifica el no tomar ninguna acción al respecto. Si se determina que hay peatones que necesitan tener acceso hacia un determinado destino, pero que las condiciones de la vía o la carretera son tan peligrosas que únicamente pocas personas se arriesgan a cruzar, entonces debe darse una solución para brindar nuevas oportunidades a estos peatones.

Intercambio a Guachipelín

En el caso del intercambio a Guachipelín, sólo se construyó la bahía de buses del lado derecho (en sentido San José-Caldera, Est. 7+500), ubicada en la rampa de entrada hacia la Ruta N°27. En el sentido Caldera – San José, aún no se ha construido la bahía.

A pesar de la construcción de la bahía en la rampa de entrada a la carretera, los buses siguen parando sobre la vía principal y los peatones cruzan en forma directa la Ruta N°27. En la Figura N° 10 se muestra la ubicación de la bahía de buses construida y de los sitios donde paran los buses.

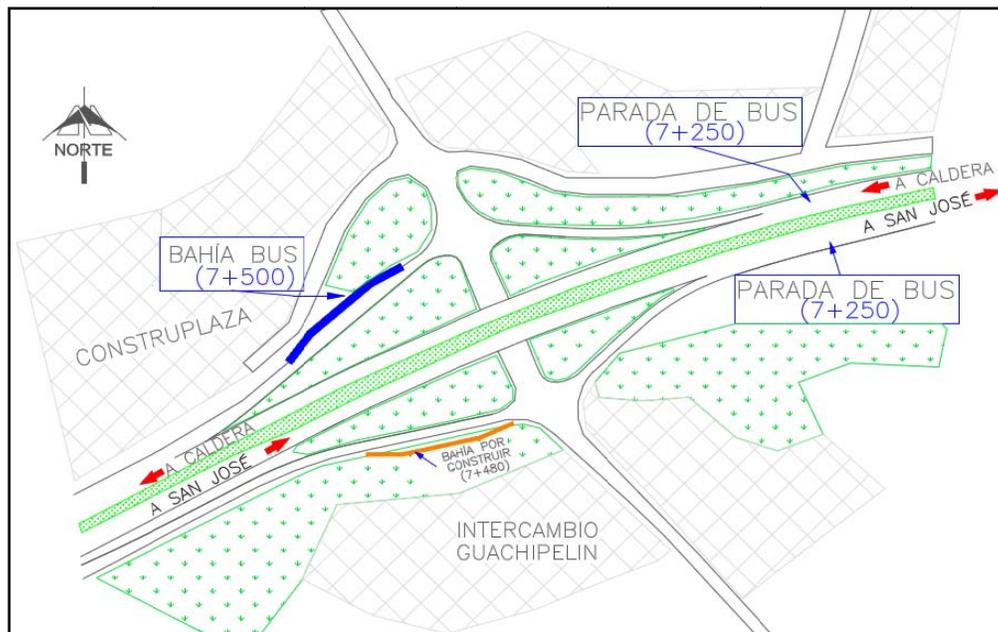


Figura N° 10: Ubicación de la bahía de bus construida y de las paradas de bus en el Intercambio a Guachipelín.

En la Tabla N° 3 se muestran los resultados del conteo peatonal realizado el día 02 de noviembre en el estacionamiento 7+200. Se muestra que hacia el Norte, en un período de una hora, se registró el cruce de 14 personas a medio día y otras 31 personas alrededor de las 17:00 horas. Hacia el Sur, cruzaron 8 peatones al medio día y 22 en el periodo de la tarde. En las Fotografías N° 15 a la N° 18 se puede observar el cruce de peatones en esta zona.



Fotografía N° 15



Fotografía N° 16



Fotografía N° 17



Fotografía N° 18

**Peatones cruzando en condiciones inseguras,
en las cercanías del intercambio a Guachipelín**

La Tabla N° 3 también muestra el flujo vehicular ante el cual tienen que cruzar los peatones en ese lugar. Se puede observar que la cantidad de vehículos se encuentra en un rango entre 1878 y 3250 veh/hora (flujo vehicular), lo cual es considerable.

Tabla N° 3: Flujos peatonales cruzando la Ruta N°27 y flujos vehiculares Intercambio Guachipelín (Estación 7+200)

Período	Peatones hacia el norte	Peatones hacia el sur	Cantidad vehículos San José-Caldera	Cantidad vehículos Caldera-San José
11:25 a 12:25 Hrs.	14	8	2375	1878
16:25 a 17:25 Hrs.	31	22	3250	2854

Se realizaron mediciones de velocidad simultáneamente con el conteo de peatones en ambos sentidos. Los resultados de las mediciones de velocidad del flujo vehicular se muestran en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4: Mediciones de velocidad del flujo vehicular en el intercambio Guachipelín (km 7+200)

Sentido de la Vía	Fecha	Hora	Velocidad percentil 85 (V_{85}) (km/h)	Usuarios con velocidad de 80 km/h o menor
San José - Caldera	02/11/2010	11:25 a 12:25	99	21%
		16:25 a 17:25	72	---
Caldera - San José	02/11/2010	11:25 a 12:25	103	11%
		16:25 a 17:25	87	---

Según se puede observar en la Tabla N° 4, para el estacionamiento 7+200 (sentido San José-Caldera) el percentil 85 (V_{85}) de la distribución de velocidades puntuales indica que la velocidad de operación fue de 99 km/h a medio día y 72 km/h en la tarde, con sólo un 21% de los vehículos transitando a la velocidad establecida de forma reglamentaria. En el caso del sentido Caldera - San José, la velocidad V_{85} fue igual a 103 km/h al medio día y de 87 km/h en la tarde, y sólo un 11% de los conductores registró velocidad de operación de 80 km/h o menos.

El alto flujo vehicular en el tramo, sumado al hecho que los vehículos transitan a una velocidad superior a los 90 km/h en promedio, hacen que el cruce de la vía en este punto sea de alto riesgo para los peatones. De acuerdo con los resultados mostrados en la Figura N° 9, existe una probabilidad cercana al 100% de que si una persona es atropellada a una velocidad de 90 km/h, muera.

Existe un paso a desnivel cercano a este punto que cuenta con aceras, como se puede observar en las Fotografía N° 19 y N° 20. Sin embargo, los peatones deben caminar por el espaldón para cruzar bajo el paso a desnivel, pues no hay aceras en las rampas en sentido hacia San José ni en el sentido contrario.



Fotografía N° 19



Fotografía N° 20

Carencia de facilidades peatonales para llegar al paso a desnivel en Guachipelín

En el contrato de concesión de este proyecto se establecía que en el Intercambio Guachipelín debía construirse un puente peatonal. Sin embargo, se eliminó esta obra en el Balance Económico de Obras N° 1. Se recomienda, igual que para el intercambio Escazú, que si el criterio de la Administración es no construir el puente peatonal, debería entonces construirse una serie de obras que garanticen la seguridad vial de los peatones.

La Administración debería procurar que se construya la bahía en el lado izquierdo de la carretera (Est. 7+500), tal como se muestra en la Figura N°10, y que los autobuses paren en las bahías, de modo que los peatones se bajen en las rampas y utilicen el paso a desnivel para cruzar.

Sección III de la Ruta Nacional N°27

Para el caso de la Sección III del proyecto, el contrato de concesión define en el apartado **2.2.3.6 Bahías para Autobuses**, que deben construirse por lo menos treinta y dos bahías para parada de autobuses. No se establece en el contrato, la construcción de puentes peatonales en esta sección o alguna otra alternativa que provea una infraestructura segura para el flujo peatonal.

Además, tal como se había indicado, en el apartado **2.13.3 Diseño Funcional**, se establece que el Concesionario debe realizar un diagnóstico general de la situación existente en cada tramo de la carretera con el objeto de identificar las deficiencias del proyecto y sus intercambios, para así definir las mejoras operativas que sean necesarias. El diagnóstico debe abarcar lo relativo a flujos peatonales, paradas de autobuses y de seguridad vial en general, a lo largo del proyecto.

De acuerdo con las visitas realizadas al proyecto, se identificaron algunos sitios en la Sección III donde los peatones cruzan en condiciones de riesgo de atropello. Así por ejemplo, en la localidad de Coyolar la carretera divide el pueblo, por lo que los peatones deben cruzar la Ruta N°27 para realizar las distintas actividades en la zona. A pesar de que existe un paso a desnivel, algunos peatones prefieren cruzar directamente,

resguardándose en la isla medianera. La geometría del tramo se muestra en la Figura N° 11.

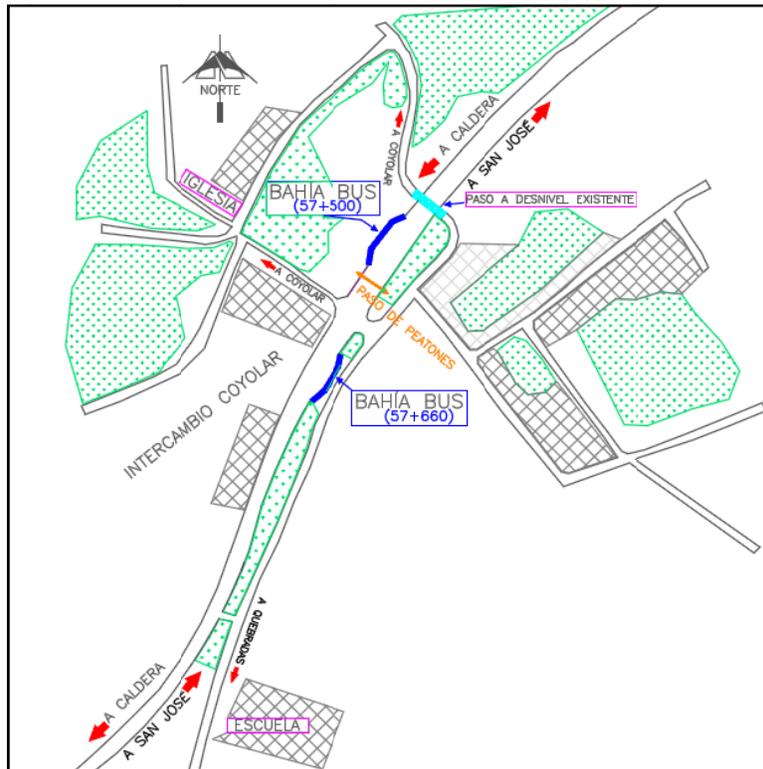


Figura N° 11: Intercambio a Coyolar. Las bahías de bus están ubicadas en los estacionamientos 57+500 y 57+660.

El recorrido adicional que deben hacer los peatones para cruzar en el paso a desnivel, es de aproximadamente 250 m.

Se realizaron observaciones en la zona de estudio los días 27 de octubre y 08 de noviembre de 2010. En la Tabla N° 5 se muestra la cantidad de peatones cruzando la Ruta N°27, el día 08 de noviembre, a las horas indicadas. El flujo de peatones se incrementa después de las 15:00 horas lo cual coincide con la hora de salida del Centro Educativo Arturo Quirós Carranza, ubicado cerca de este punto.

Tabla N° 5: Flujos peatonales cruzando la Ruta N°27 en los estacionamientos 57+660 y 58+000

Período	Peatones hacia el Norte	Peatones hacia el Sur	Cantidad vehículos SJ-Caldera	Cantidad vehículos Caldera-SJ
12:35 a 13:35 Hrs.	11	9	276	350
15:20 a 16:20 Hrs.	29	17	340	376
15:20 a 16:20 Hrs.	14	2	(Estación 58+000)	

En las Fotografías N° 21 a la N° 24 se muestra el cruce de peatones en esta zona.



Fotografía N° 21



Fotografía N° 22



Fotografía N° 23



Fotografía N° 24

Peatones cruzando en condiciones inseguras en las cercanías de Coyolar, km 57+660

Se realizaron mediciones de velocidad del flujo vehicular en ambos sentidos. Los resultados se muestran en la Tabla N° 6.

Tabla N° 6: Mediciones de velocidad del flujo vehicular en el estacionamiento 57+660

Sentido de la Vía	Fecha	Hora	Ubicación	Velocidad percentil 85 (V ₈₅) (km/h)	Usuarios con velocidad de 80 km/h o menor
San José - Caldera	08/11/2010	13:00	km 57+650	93	48,4%
Caldera - San José	08/11/2010	15:15	km 57+650	92	39,1%

En la Tabla N°6 se muestra que en el sentido San José-Caldera, la velocidad V_{85} es de 93km/h, un 48,4% transitan a la velocidad establecida de forma reglamentaria. En el sentido Caldera-San José, la velocidad V_{85} es de 92km/h y un 39,1% de los conductores respetan el límite de velocidad. Para estas velocidades, existe una probabilidad cercana al 100% de que ocurra una fatalidad si se produce un atropello (ver Figura N° 9).

Como se muestra en las Fotografías N°25 y N°26, en el sentido San José-Caldera, posterior al sitio donde usualmente los peatones cruzan la Ruta N°27, existen señales de Zona Escolar y de límites de velocidad. Primero se muestra una señal de “Zona Escolar a 100m”, posteriormente una señal de velocidad máxima de 40km/h e inmediatamente una de 25km/h. Sería recomendable que la restricción de velocidad se realice antes del sitio de cruce de los peatones.



Fotografía N° 25

Peatones cruzando en condiciones inseguras en las cercanías de Coyolar, km 57+660



Fotografía N° 26

Una vez que se pasa frente a la escuela, se colocó una señal de 60 km/h y luego la de fin de velocidad restringida de 25 km/h. Esto debe corregirse, pues debe ir primero la señal de fin de velocidad restringida y luego indicar cuál es la velocidad permitida a partir de ese punto.

Existen diversas técnicas para administrar la velocidad de los conductores, por lo que se recomienda que se estudien y se realice un diseño acorde a la condición específica.

El hecho de que haya pocos peatones cruzando, no justifica que no se brinde a los peatones facilidades adecuadas para el cruce de la carretera. Tal como se había mencionado en un apartado anterior, si existen peatones que necesitan tener acceso



hacia un determinado destino, pero que las condiciones de la vía o la carretera son tan peligrosas que únicamente pocas personas se arriesgan a cruzar, entonces debe darse una solución para brindar nuevas oportunidades a estos peatones (FHWA, 2006).

2.2 SOBRE CONDICIONES LATERALES DE LA VÍA

2.2.1 Sistemas de Contención con diseños e instalaciones inadecuados

La función primordial de cualquier barrera de seguridad es contener y redireccionar un vehículo que, por cualquier razón, pierde el control y abandone la calzada. De esta manera se evitará que golpee un objeto fijo o que caiga por algún talud con pendiente tal que provoque su “volcamiento”, disminuyendo con ello la gravedad del accidente.

Como corolario, no se instala una barrera para evitar un accidente sino para disminuir las consecuencias.

Para una mejor comprensión de los criterios expuestos en este apartado, es importante considerar que debido a la ausencia de normativas específicas relacionadas con el diseño e instalación de barreras de contención en nuestro país; es frecuente encontrar soluciones estándar, las cuales son aplicadas sin distinción de cada situación particular. Sin embargo, a nivel internacional, existe toda una teoría de diseño e instalación de las barreras de contención que puede ser aplicado en nuestro país.

Como punto de partida en el tema de barreras de contención, la tendencia de países vanguardistas en este campo, es más bien la de evitar su instalación, 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, lo que se logra con pendientes transversales moderadas. Sin embargo, cuando no existe la posibilidad razonable de resolver situaciones de riesgo que ameriten la instalación de barreras de seguridad y amortiguadores de impacto, se recomienda la instalación de elementos de contención seguros y ensayados.

En primera instancia, hay que establecer que para la recomendación e 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.

Como segundo punto y en caso de que se demuestre la necesidad de colocar una barrera de contención; el estudio detallado del área y las condiciones de operación de la vía (geometría, cantidad y tipo de tránsito, etc.) deberán establecer cuál es el tipo adecuado de sistema de contención, de entre tres posibles opciones a saber: flexible, semi-rígido y rígido. Para esta decisión es determinante el concepto de área o zona “despejada” (franja detrás de la barrera y libre de obstáculos), cuyo ancho orienta en cuanto al tipo de barrera por colocar.



El estudio continúa con la definición de la forma en que se debe colocar la barrera de contención, tanto longitudinal como lateral a los carriles de circulación del tránsito, ya que estos aspectos no obedecen a criterios estándar, sino que son el producto de un estudio técnico muy particular del área en donde se emplazará la barrera. Asimismo, y siempre de conformidad con los criterios del fabricante de los elementos de contención, se debe establecer la altura de la barrera, con el fin de brindar el máximo posible de seguridad para todos los usuarios de la vía.

En resumen, 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 producto colocado como barrera, 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 (National Cooperative Highway Research Program). Pruebas equivalentes son establecidas en la normativa europea EN-1317. Estas pruebas de aceptación se realizan en laboratorios calificados y el costo de la misma 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 contención, típicamente guardavías, sin el debido estudio de la zona de emplazamiento y posterior detallado de los elementos componentes del guardavía.

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, incluyendo sus vidas.

A lo largo del proyecto se observaron diseños y colocación inadecuados en los sistemas de contención lateral y en las barreras medianeras, tanto en su diseño como en su colocación. A continuación se detallan estas situaciones.

Según las especificaciones técnicas del contrato de concesión San José-Ciudad Colón, en el apartado **2.8 Vallas de Seguridad**, se establece lo siguiente:

“El Concesionario deberá instalar las defensas laterales que se requieran, por condiciones de seguridad, en las secciones existentes del proyecto, incluyendo además, la reposición, reparación y repintado si fuese necesario, de todas las defensas existentes. En la sección del proyecto a construir, también se requiere la instalación de estos dispositivos de seguridad en los sitios que por cuestiones de seguridad sean necesarios. En las secciones de relleno cuya altura mayor sea superior a los dos metros, deberán instalarse guarda caminos que cumplan con las especificaciones internacionales establecidas para la construcción de estos dispositivos.”

Según la evaluación realizada al proyecto, se pudo observar un inadecuado emplazamiento de las defensas laterales. En primer lugar, la sección terminal de la barrera debe proveer el anclaje necesario para asegurar la suficiencia estructural del resto de la barrera; lo cual se logra mediante abatimiento (enterradas en el suelo) y esviaje (retiradas gradualmente de la carretera).

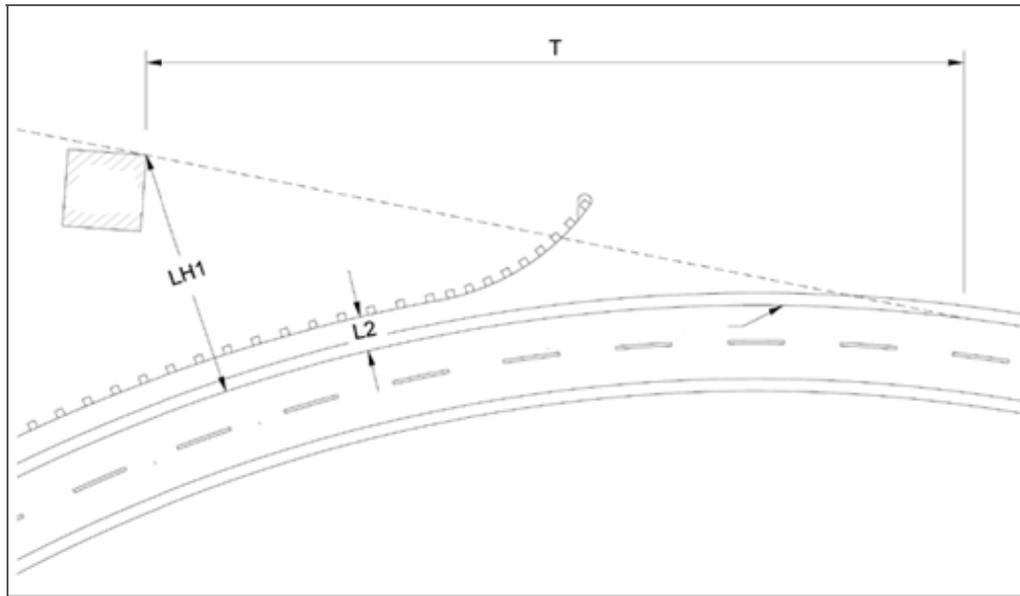
Los sistemas de contención lateral instalados en el proyecto (tipo flex beam), se encuentran abatidos, sin embargo, se abaten paralelos a la vía ó el esviaje que presentan no es el adecuado. Al no tener un esviaje adecuado, el elemento podría servir de rampa si el vehículo lo impacta. En las Fotografías N°27 y N° 28 se puede observar esta situación.



Fotografía N°27
Barreras flexibles con terminales abatidas sin correcto esviaje



En estos casos, se debe instalar el guardavía de manera que en planta presente un tramo en ángulo, de tal forma que el extremo enterrado del terminal se aleje del borde de la vía (efecto de esviaje), evitando el efecto de rampa (ver Figura N°12).



Fuente: www.wsdot.wa.gov

Figura N°12: Ejemplo de instalación de guardavía en curva horizontal

También existen otras soluciones como lo son los terminales empotrados en un talud, lo cual es una solución muy eficiente o terminales atenuadores de impacto, que constituyen el tipo óptimo de terminal (ver Fotografías N°29 y N°30).



Fotografía N° 29



Fotografía N° 30

Fuente: www.wsdot.wa.gov
Ejemplo de tipo de terminales

En segundo lugar, en las aproximaciones a los puentes, se encontraron transiciones con un diseño inadecuado (ver Fotografía N° 31). El diseño de una transición debe producir un incremento en la rigidez del sistema en forma gradual, para evitar que un vehículo se enganche o penetre en algún punto a lo largo de dicha transición (ver Fotografía N° 32 y N° 33). A pesar de ello, las transiciones observadas no cumplen con estas condiciones

mínimas para garantizar seguridad a los usuarios. Los guardavías así colocados, constituyen un obstáculo en lugar de cumplir su función de disminuir la severidad del accidente ante una posible colisión. En el caso mostrado en la Fotografía N° 31, la forma de la cuneta haría que se direcciona el vehículo al frente del guardavía, el cual no está diseñado para contener al vehículo.



Fotografía N° 31: Transición de sistema de contención en aproximaciones a puente sobre el río Virilla, km. 16+000.



Fuente: www.maps.google.es/Canadá

Fotografía N° 32



Fuente: www.maps.google.es/Canadá

Fotografía N° 33

Ejemplos de transiciones adecuadas en puentes

Adicionalmente, no se colocaron suficientes guardavías, especialmente en las curvas horizontales y para protección de obstáculos como lo son las cunetas triangulares (ver Fotografías N°34, N°35 y N°36).

En el caso de curvas horizontales que no cuentan con una zona libre adecuada al margen, lo correcto es que la barrera se extienda a la largo de toda la curva, e incluso, continúe por un tramo adicional más allá de la curva. En la Fotografía N°34 y en la Figura N°13 se muestra que el guardavía no se extiende a lo largo de toda la curva, lo cual pone en riesgo a los vehículos que se salgan de la vía en ese punto (A Policy of Geometric Design, AASHTO 2001).



Fotografía N° 34: Obstáculo expuesto sin protección de guardavías en curva horizontal, estacionamiento 15+320

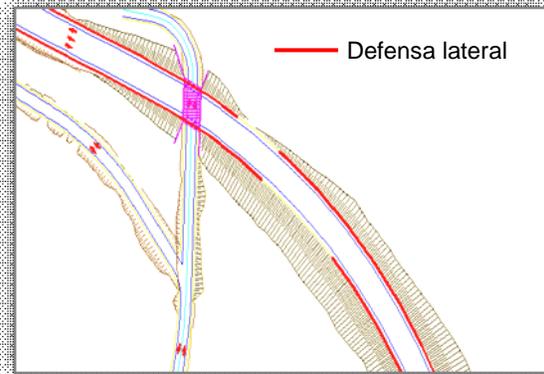
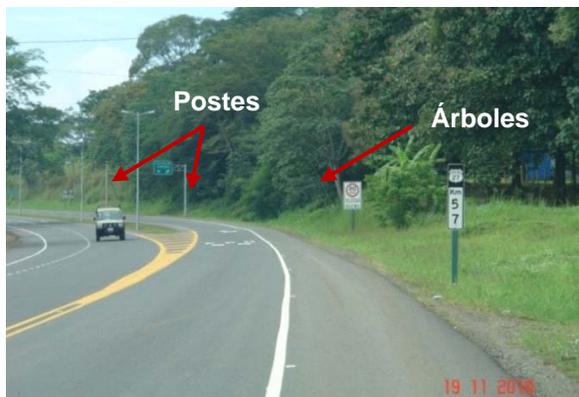


Figura N°13: Vista en planta de defensas laterales colocadas cerca del estacionamiento 15+320.



Fotografía N° 35: Curva horizontal sin guardavías y con obstáculos cercanos a la vía



Fotografía N° 36: Guardavías discontinuo dejando expuesta la cuneta triangular

En el caso de las barreras medianeras, es importante conocer que es un sistema longitudinal usado para minimizar la posibilidad de que un vehículo errante cruce la vía y viaje en dirección opuesta al tráfico. En el caso de la carretera San José – Caldera, se utilizaron medianeras de concreto tipo New Jersey.

Se observó que algunas de estas barreras han sido colisionadas (ver fotografías N°37 a la N°40). Esto puede indicar que las barreras en su condición actual se convierten en un obstáculo para el conductor ya que no poseen un diseño adecuado en términos de ubicación y longitud de la barrera y tampoco cuentan con atenuadores de impacto que permitan reducir la severidad del choque ante un posible accidente.



Fotografía N° 37: km 25+800



Fotografía N° 38: km 25+800



Fotografía N° 39: km 26+700



Fotografía N° 40: 61+125 km

Barreras medianeras tipo New Jersey impactadas

A modo de ejemplo, en la Figura N° 14 se puede observar la vista en planta del trazado geométrico de una sección de la carretera y la barrera medianera colocada a partir del kilómetro 25+800, la cual ha sido una de las que se encontró más colisionada. Se puede observar que la barrera medianera empieza justamente donde inicia el cambio de curvatura, dejando el terminal de la barrera en un punto donde fácilmente puede ser impactado. Lo recomendable en este caso es extender la barrera más allá del inicio de la curva horizontal para que el terminal no quede en un punto peligroso para los conductores.

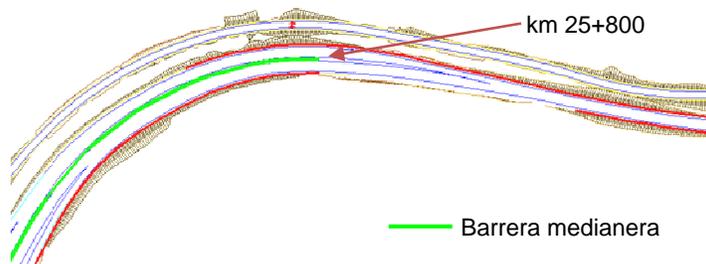


Figura N°14: Vista en planta de barrera medianera colocada en Est. 25+800 (Sentido San José-Caldera).

La extensión de la barrera medianera mejorará las condiciones de visibilidad para los conductores; pero adicionalmente, como posible medida de mitigación para reducir la severidad del accidente ante una colisión contra las barreras medianeras; es la colocación de amortiguadores de impacto que como su nombre lo indica, estos sistemas se comportan como atenuadores de impactos frontales. En la Fotografía N°41 se muestra un ejemplo de cómo debería protegerse un terminal de la barrera medianera.



Fotografía N° 41: Ejemplo de atenuador de impacto colocado en terminal de barrera tipo New Jersey

Fuente: www.maps.google.es/Federicton,Canadá

2.2.2 Cunetas reducidas sin protección

Siempre y cuando consideraciones económicas o de espacio no lo impidan; la inclinación de las paredes de las cunetas debe ser igual o inferior a 1V:6H y sus aristas redondeadas con un radio mínimo de 10 m (Fundación MAPFRE, 2009). Las cunetas que cumplen con estos criterios de diseño se denominan cunetas de seguridad.

Existen también las cunetas reducidas, las cuales sólo deben ser usadas cuando el terreno es accidentado y hay limitaciones de espacio, y deben cubrirse con una rejilla o tapa con ranuras, o ser protegidas por una barrera de seguridad.

En la ruta evaluada, se observó el uso de cunetas reducidas a lo largo de todo el proyecto, las cuales en muchos casos se encuentran sin barreras de seguridad ni rejillas que disminuyan el riesgo de accidente (ver Fotografías N°42 y N°43).

Como ejemplo, en la Fotografía N° 42 se muestra la ubicación ineficaz de la barrera de contención; ya que el vehículo que se salga de la vía, se volcará en la cuneta antes de

que impacte la barrera. Lo adecuado en este caso es colocar la barrera al margen del espaldón para proteger el vehículo de caer en la cuneta.



Fotografía N° 42: km 4+000



Fotografía N° 43: km 16+000

Cunetas reducidas sin protección

2.2.3 Bordillos peligrosos en aceras de puentes

Los bordillos se consideran peligrosos cuando la altura es superior a los 15 cm debido al riesgo de desestabilización y la pérdida de contacto con la superficie de rodadura que se le produce al vehículo ligero cuando impacta contra ellos (Fundación MAPFRE, 2009).

Con alturas superiores a los 15 cm sobre la superficie de rodadura, el bordillo puede llegar a producir el rebote del vehículo ligero o el vuelco de un vehículo pesado (Fundación MAPFRE, 2009).

En este caso, se encontraron bordillos con alturas entre 25 y 30 cm (ver Fotografía N°44 y N°45). Una forma adecuada y segura de colocar el pretil en un puente se puede observar en el estacionamiento 47+950 (ver Fotografía N° 46), en donde el sistema de contención permite un nivel de contención capaz de retener al vehículo de manera controlada, sin que éste atraviese el sistema ni se vuelque.



Fotografía N° 44: km 30+100



Fotografía N° 45: km 30+100

Bordillo peligroso en puente



Fotografía N° 46: km 47+950

Pretil de puente adecuado

2.2.4 Apoyos intermedios de puentes desprotegidos

Existen varias secciones del proyecto en donde se tiene isla central separadora de carriles, y ésta se utiliza para la construcción de apoyos intermedios de pasos elevados. Estos apoyos deben contar con protecciones especiales para los vehículos para evitar el choque frontal directo contra la estructura del puente. Sin embargo, se pudo observar que la protección con que cuentan consiste en un sistema de contención lateral que no posee la suficiente rigidez como para evitar que un vehículo colisione con el apoyo del puente en caso de que éste se salga de la vía (ver Fotografías N°47 y N° 48).



Fotografía N°47: km 75+000



Fotografía N°48: km 57+600

Apoyos de pasos a desnivel desprotegidos

Debido a que no existe suficiente longitud de trabajo entre el guardavía y el apoyo, deberían utilizarse barreras más rígidas y además se deben incorporar amortiguadores de impacto para mitigar la severidad de un accidente (ver Fotografía N°49).



Fotografía N° 49: Ejemplo de apoyo intermedio de paso a desnivel con protección.

Fuente: Carretera concesionada Moncton-Fredericton, TransCanada Highway.
www.maps.google.es

2.3 SOBRE ZONAS DE REDUCCIÓN DE LA CANTIDAD DE CARRILES

2.3.1 Condiciones de riesgo en las zonas donde se reducen la cantidad de carriles

En el caso de los carriles de ascenso, el diseño ideal es extender el carril hasta un punto más allá de la cresta de la curva vertical, donde el camión típico de diseño de la carretera puede acelerar a una velocidad similar a la velocidad de los otros vehículos, la cual debe ser de por lo menos 60 km/h (A Policy of Geometric Design, AASHTO 2001). Esto puede que no sea práctico en muchos casos por la considerable distancia que necesitan los camiones para acelerar a la velocidad deseada. En esas situaciones, un punto de vista razonable puede ser finalizar el carril de ascenso, donde los camiones pueden volver al carril principal, sin interferir con el resto del tráfico al realizar la maniobra de incorporación; y en particular, cuando la distancia de visibilidad llega a ser suficiente para permitir el

adelantamiento cuando no hay tráfico en sentido contrario o, preferiblemente, por lo menos 60 m después de ese punto.

En las Fotografías N°50 y N°51 se puede observar la limitada visibilidad que posee este carril de ascenso, ya que inicia en la cresta de la curva vertical, en lugar de iniciar en el descenso, que es donde el vehículo podría hacer la transición con más facilidad.



Fotografía N°50
Fin de carril de ascenso en estacionamiento 55+600



Fotografía N°51

En el caso de carriles de transición, la reducción no debe estar tan lejos que tome por sorpresa a los conductores que vienen acostumbrados a cierto número de carriles. Lo deseable es que el carril de transición debe estar localizado en el alineamiento tangencial horizontal y en la aproximación de la cresta en curvas verticales. También las curvas verticales hacia abajo son un buen lugar para ubicar una reducción porque provee una visibilidad adecuada.

En este proyecto de concesión de obra pública, existen numerosos carriles de transición que tienen estas características y toman por sorpresa al conductor. Se recomienda que a nivel de diseño se analice y se ejecuten las correcciones que sean factibles. De no poder efectuar alguna modificación mayor, se puede mitigar la situación incrementando la señalización para que el conductor conozca oportunamente que se avecina una reducción de carril.

Por ejemplo, en la Figura N° 15, se puede observar un ejemplo de un carril de transición que se ubica en el estacionamiento 19+400, en donde la transición no brinda la visibilidad adecuada al conductor para incorporarse con normalidad al carril. El ángulo de visibilidad que se produce al mirar por el espejo retrovisor es reducido y crea un punto ciego que imposibilita observar al vehículo que transita en el carril interno. La solución en este tipo de casos es iniciar la transición antes, es decir, en el alineamiento tangencial de la curva horizontal, para proveer mayor visibilidad a los conductores.

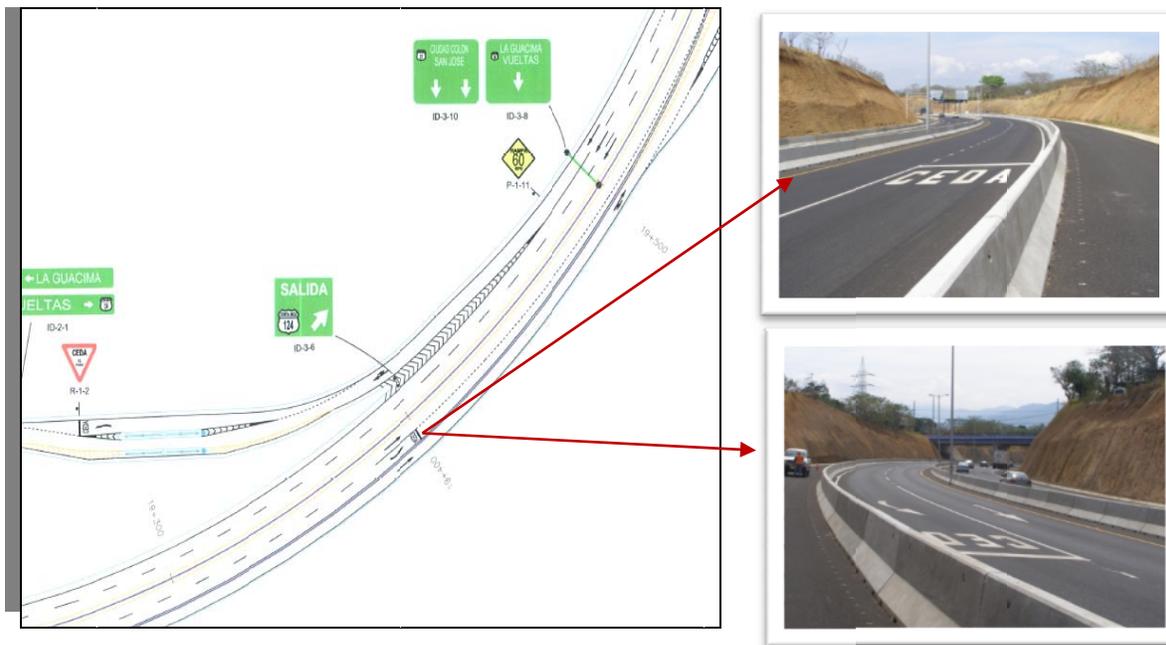


Figura N°15: Carril de transición. Est. 19+400.

2.4 SOBRE HIDROPLANEAO

El hidropilaneo se produce cuando los neumáticos de un vehículo pierden contacto con el pavimento por una película de agua y por consiguiente disminuye o se elimina el poder de adherencia de las ruedas.

Debe tenerse en cuenta que aún cuando los neumáticos se encuentren en perfecto estado, si la cantidad de agua acumulada excede la profundidad de sus surcos, se corre el riesgo de que aparezca el efecto de hidropilaneo.

Puede ocurrir que el conductor inexperto circule un tramo sin notar la falta de adherencia y que recién ante una maniobra imprevista se percate de que no tiene pleno dominio del vehículo, o bien que ante una frenada de emergencia descubra que la distancia de frenado sea inconvenientemente mayor.

En la Ruta Nacional N°27 se observaron varios sectores que presentan ahuellamientos moderados, en los cuales se produce acumulación de agua; aumentando el riesgo de que se produzca el hidropilaneo (ver Fotografía N°52).



Fotografía N°52:
Acumulación de agua
en los ahuellamientos.
Est. 34+000.

Con este tipo de deterioros, lo recomendable es realizar un perfilado y colocar una sobrecapa. En general, para disminuir el riesgo de hidropneumático, es necesario nivelar la superficie y contar con las condiciones óptimas de drenaje para evitar que se acumule agua en la superficie de ruedo.

4. CONCLUSIONES

Según las observaciones realizadas en la Ruta Nacional N°27, en el caso particular del intercambio a Escazú, del intercambio a Guachipelín y del intercambio a Coyolar, algunos peatones prefieren cruzar la carretera en forma directa, resguardándose en la barrera New Jersey o en la isla medianera, arriesgándose a ser atropellados.

A pesar de que cerca de los tres intercambios mencionados existen pasos a desnivel, donde los peatones pueden cruzar de forma más segura, algunos peatones prefieren cruzar directamente porque el hecho de caminar hasta el paso a desnivel implica un mayor tiempo de cruce.

El hecho de que en algunos tramos no existan aceras para que los peatones transiten desde su origen hasta el paso a desnivel, podría desincentivar el uso de esta infraestructura para el cruce de la carretera.

La ubicación de las paradas de buses incentiva que los peatones prefieran cruzar en forma directa la carretera y no caminen hasta el paso a desnivel. Se ha demostrado que el origen/destino del peatón condiciona la elección de cruce vial (Jiménez, 2010).

En otro tema, la función primordial de cualquier sistema de contención debe ser contener y redireccionar un vehículo que, por cualquier razón, pierde el control y abandone la calzada. Sin embargo, según la evaluación de la Ruta Nacional N°27, se logró determinar que las condiciones de la vía presentan un riesgo importante en múltiples secciones, ya que los sistemas de contención que han sido instalados no cumplen su principal función debido a una mala instalación y/o diseño. Algunas defensas laterales no se colocaron en todos los lugares donde eran requeridas ni se instalaron de manera adecuada. Situaciones como terminales con abatimientos sin esviaje o esviajes sin el ángulo requerido, colocación insuficiente de guardavías en varias secciones y longitudes de trabajo poco efectivas, ponen en riesgo la vida de los conductores que se salgan inesperadamente de la vía.

En el caso de las cunetas no traspasables localizadas muy cerca del carril externo de la carretera, se enfatiza que éstas se vuelven un potencial peligro para los conductores. Las cunetas deben ser diseñadas no sólo para cumplir con los requerimientos hidráulicos sino también se debe cumplir con los requisitos mínimos que garanticen la seguridad vial.

Con respecto a los bordillos encontrados en algunos de los puentes de la sección II de la carretera, se observó que estos elementos pueden producir problemas si son impactados; tanto para vehículos livianos como para vehículos pesados.

Los apoyos intermedios de los puentes que se encuentran sobre la ruta evaluada presentaron condiciones inseguras ya que no están provistos de ningún sistema de amortiguamiento que pueda proteger a un vehículo que impacte contra ellos.

Otra situación evidente en la carretera se refiere a los carriles de ascenso y transición. La evaluación mostró que existen problemas de diseño geométrico debido a que la transición no se hace siempre en puntos que cuentan con una visibilidad adecuada, que permita al

vehículo incorporarse a la vía normalmente. Esto se traduce que un riesgo potencial de accidentes que se repite en muchas secciones de la carretera.

Finalmente, el fenómeno de hidropilado observado en varios puntos de la carretera, aumenta la vulnerabilidad de la vía y expone a los conductores a condiciones de riesgo asociadas a la falta de adherencia entre el neumático y el pavimento.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer un estudio del comportamiento peatonal en los tramos urbanos de la Ruta N°27, para determinar el origen/destino de los peatones que se movilizan en transporte público, de modo que se construyan facilidades peatonales de acuerdo a las necesidades de los usuarios. Se ha demostrado que si los cruces peatonales no siguen el camino natural de los peatones, implicando mayores tiempos de caminata, entonces su utilización disminuye (Jiménez, 2010).

Si el criterio de la Administración es no construir puentes peatonales en ciertos sitios, debería entonces construirse una serie de obras que garanticen la seguridad vial de los peatones al transitar por la Ruta N°27, desde su origen/destino hacia las bahías de buses.

Se recomienda hacer un estudio de accidentalidad en la Ruta N°27, de modo que con base en estadísticas de accidentes y flujos peatonales, se determine el riesgo de atropello y se puedan tomar las medidas de mitigación que correspondan.

Debido al grado de inseguridad potencial, se recomienda corregir en este proyecto los sistemas de contención. Se debe tener en cuenta que previo a su colocación, es importante realizar 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. En el caso de la carretera San José-Caldera; es recomendable realizar una evaluación más detallada para determinar las soluciones específicas para cada caso.

Es recomendable cubrir con rejillas o al menos proteger con barreras de seguridad las cunetas reducidas que se encuentran cerca de la orilla de la carretera, para así mitigar el peligro potencial de que un vehículo caiga en ellas.

En los puentes se recomienda eliminar los bordillos y colocar pretiles rígidos que contengan y redireccionen a los vehículos de impacten frontalmente contra ellos.

Dada la importancia de la vía, se recomienda incorporar atenuadores de impacto donde sea necesario, ya que éstos se consideran una medida muy efectiva para disminuir la severidad de un accidente en caso de que un vehículo errante llegue a colisionar en ese punto.



Se recomienda evaluar los carriles de ascenso y transición, especialmente los ubicados en la sección II, para identificar aquellos que presentan insuficiencias en la visibilidad. Las soluciones pueden ser simples como ubicar el inicio de la transición antes o después de la cresta o de la curva, sin embargo; en algunos casos se necesitan soluciones más complejas como cambios en el diseño geométrico.

Se recomienda corregir los ahuellamientos encontrados a lo largo de la vía, evaluando las posibles opciones de rehabilitación, para disminuir el riesgo a que se exponen los conductores, especialmente cuando transitan por la carretera en condiciones lluviosas.

6. RERERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AASHTO, 2001. A Policy on Geometric Design of the Highways and Streets. Cuarta Edición. Washington, D.C.
- [2] AASHTO, 2006. Roadside Design Guide. Tercera Edición. Washington, D.C.
- [3] Austroads, 2002. Guide to Road Safety. <http://www.austroads.com.au>
- [4] Baltes, M., Chu, X., 2002. Pedestrian Level of Service for Midblock Street Crossings. *Transportation Research Record* 1818, Paper N° 02-2301.
- [5] Chagas, M., Lindau, L.A., 2009. Evaluating Pedestrian Safety at Midblock Crossings in Porto Alegre, Brazil. *TRB 2010 Annual Meeting CD-Room*.
- [6] Contraloría General de la República, 2010. Informe sobre el estudio efectuado en relación con el control ejercido por el Consejo Nacional de Concesiones sobre la entrada en operación de la carretera San José-caldera (DFOE-OP-if-13-2010).
- [7] Federal Highway Administration, 2006. How to Develop a Pedestrian Safety Action Plan. Disponible en
- [8] Holland, C., Hill, R., 2007. The effect of age, gender and driver status on pedestrians' intentions to cross the road in risky situations. *Accident Analysis and Prevention* 39, 224–237.
<http://katana.hsrc.unc.edu/cms/downloads/howtoguide2006.pdf>
- [9] Jiménez, R., Diana, 2010. Comportamiento Peatonal. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería mención Transporte. Universidad de Chile.
- [10] LanammeUCR, 2003. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-PI-PV-AT-150-03: Ausencia de facilidades peatonales en carreteras primarias y secundarias.

- [11] LanammeUCR, 2005. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-PI-PV-AT-29-05
Análisis de la seguridad vial de los guardavías en carreteras nacionales.
- [12] LanammeUCR, 2007. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-034-07:
Análisis de las barreras de seguridad Ruta 32.
- [13] LanammeUCR, 2008. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-116-08:
Normativas de Diseño de Sistemas de Contención Vehicular Proyecto de
Mejoramiento de Las Rutas Nacionales No. 160, Sección: Puerto Carrillo – Estrada
y No. 158, Sección: Estrada – Lajas.
- [14] LanammeUCR, 2009. Informe de Auditoría Técnica Externa LM-AT-55-09: Análisis
de facilidades peatonales en autopistas: Autopista General Cañas (Ruta Nacional
N° 1) y Autopista Florencio del Castillo (Ruta Nacional N° 2).
- [15] MAPFRE, 2009. Buenas Prácticas en los Márgenes de Carreteras.
- [16] Rosén, E. y Sander, U., 2009. Pedestrian fatality risk as a function of car impact
speed. Suecia.
- [17] Seneviratne, P.N., Morrall, J.F., 1985. Analysis of factors affecting the choice of
route of pedestrians. *Transportation Planning Technology* 10, 147-159.
- [18] Sisiopiku, V.P., Akin, D., 2003. Pedestrian behaviors at and perceptions towards
various pedestrian facilities: an examination based on observation and survey data.
Transportation Research Part F 6, 249–274.



Informe elaborado por:

Ing. Diana Jiménez Romero, MSc., M.B.A.
Unidad de Auditoría Técnica
Programa de Infraestructura del Transporte
LanammeUCR
Universidad de Costa Rica

Ing. Wendy Sequeira Rojas, MSc.
Unidad de Auditoría Técnica
Programa de Infraestructura del Transporte
LanammeUCR
Universidad de Costa Rica

Ing. Jenny Chaverri Jiménez, MSc.Eng.
Coordinadora Unidad de Auditoría Técnica
Programa de Infraestructura del Transporte
LanammeUCR
Universidad de Costa Rica

Informe revisado por:

Lic. Miguel Chacón Alvarado
Asesor Legal Externo
LanammeUCR
Universidad de Costa Rica

Informe aprobado por:

Ing. Luis Guillermo Loria Salazar, M.Sc.
Coordinador General
Programa de Infraestructura del Transporte
LanammeUCR
Universidad de Costa Rica