

## Programa de Infraestructura del Transporte (PITRA)

Informe No. LM-PI-USVT-003-2021

# Revisión de aspectos de seguridad vial, movilidad y diseño geométrico del Anteproyecto para la ampliación de tramos específicos de la Carretera San José - Caldera

Preparado por:

Unidad de Seguridad Vial y Transporte

San José, Costa Rica  
Agosto, 2021





<b>1. Informe</b> LM-PI-USVT-003-2021		<b>2. Copia No.</b> 1
<b>3. Título y subtítulo:</b> Revisión de aspectos de seguridad vial, movilidad y diseño geométrico del Anteproyecto para la ampliación de tramos específicos de la Carretera San José - Caldera		<b>4. Fecha del Informe</b> 17/08/2021
<b>7. Organización y dirección</b> 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		
<b>8. Notas complementarias</b> En la elaboración del informe colaboró Daniela Alvarado Aglietti, asistente de la Unidad de Seguridad Vial y Transporte del PITRA-LanammeUCR, estudiante de ingeniería civil de la Universidad de Costa Rica.		
<b>9. Resumen</b> <i>El presente informe sintetiza las posibilidades de mejora y recomendaciones en materia de seguridad vial, movilidad y diseño geométrico realizadas al Anteproyecto para la ampliación de tramos específicos de la Carretera San José - Caldera.</i>		
<b>10. Palabras clave</b> Ruta Nacional 27, Seguridad vial, Movilidad, Diseño geométrico	<b>11. Nivel de seguridad:</b> N/A	<b>12. Núm. de páginas</b> 15
<b>13. Preparado por:</b> Ing. Stephan Rodríguez Shum, M.Sc. Unidad de Seguridad Vial y Transporte, PITRA-LanammeUCR	Ing. Javier Zamora Rojas, M.Sc.E. Coordinador Unidad de Seguridad Vial y Transporte, PITRA-LanammeUCR	-----  Fecha: / /
Fecha: 17/08/2021	Fecha: 17/08/2021	Fecha: / /
<b>14. Revisado por:</b> Ing. Ana Luisa Elizondo Salas, M.Sc. Coordinadora General, PITRA-LanammeUCR	-----  Fecha: / /	<b>15. Aprobado por:</b> Ing. Alejandro Navas Caro, M.Sc. Director General, LanammeUCR
Fecha: 17/08/2021	Fecha: / /	Fecha: 17/08/2021



## Índice de contenido

<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>4</b>
1.1	GENERALIDADES.....	4
1.2	OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.4	ALCANCES.....	4
1.5	LIMITACIONES.....	4
<b>2</b>	<b>OBSERVACIONES ASOCIADAS A LA SEGURIDAD VIAL, MOVILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1	GENERALIDADES.....	5
2.2	MOVILIDAD PEATONAL Y CICLISTA .....	5
2.3	ANÁLISIS DE ACCIDENTABILIDAD .....	7
2.4	MÁRGENES DE CARRETERA Y SISTEMAS DE CONTENCIÓN VEHICULAR .....	8
2.5	BAHÍAS DE AUTOBÚS.....	9
2.6	DISEÑO GEOMÉTRICO.....	10
<b>3</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>13</b>
3.1	CONCLUSIONES.....	13
3.2	RECOMENDACIONES .....	14
<b>4</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>15</b>

## Índice de tablas

Tabla 2-1.	<i>Longitud de carril de aceleración .....</i>	<i>9</i>
Tabla 2-2.	<i>Ejemplo de secciones con incumplimientos en transición y longitud de carriles de aceleración y desaceleración.....</i>	<i>11</i>
Tabla 2-3.	Anchos mínimos de espaldón (hombro) y aceras por tipo de carretera.....	12

## Índice de figuras

Figura 2-1.	Ausencia de conectividad peatonal entre bahías de autobús ubicadas en la vía principal.....	6
Figura 2-2.	Bahías de autobús, sector La Guácima (A) y Turrúcares (B).....	6
Figura 2-2.	Rotondas Intercambio Guachipelín.....	7
Figura 2-3.	Bahía de autobús km 3+200.....	10

## 1 INTRODUCCIÓN

### 1.1 Generalidades

El presente informe sintetiza las posibilidades de mejora identificadas en la información suministrada a nivel de anteproyecto para la ampliación de la Ruta Nacional 27, desde una óptica de seguridad vial, movilidad y diseño geométrico.

### 1.2 Objetivo general

Analizar el anteproyecto para la ampliación de la Carretera San José - Caldera desde una óptica de seguridad vial, movilidad y diseño geométrico.

### 1.3 Objetivos específicos

- Identificar las posibilidades de mejora en materia de seguridad vial, movilidad y diseño geométrico del proyecto.
- Proponer recomendaciones generales en materia de seguridad vial, movilidad y diseño geométrico del proyecto.

### 1.4 Alcances

- El presente informe plantea observaciones generales que se identificaron a lo largo del proyecto, por lo que no responde a un análisis exhaustivo para identificar todas las posibilidades de mejora del proyecto en cada sección.
- Las observaciones realizadas no se analizaron en todo el proyecto en aras de identificar la cantidad de ocasiones en las que se repite a lo largo del proyecto.
- El análisis se enfocó exclusivamente en las consideraciones asociadas a la seguridad vial, movilidad y diseño geométrico del anteproyecto para la ampliación de la Carretera San José – Caldera.

### 1.5 Limitaciones

- Toda afirmación se basó en los archivos suministrados por el Consejo Nacional de Concesiones (de ahora en adelante CNC), por lo que la ausencia de los mismos se asume como la ausencia del análisis, diseño o detalle.
- La revisión del diseño geométrico queda limitada a su representación visual en 2D en los planos, esto ante la ausencia de archivos que permitan su visualización en 3D.

## 2 OBSERVACIONES ASOCIADAS A LA SEGURIDAD VIAL, MOVILIDAD Y DISEÑO GEOMÉTRICO

### 2.1 Generalidades

A partir de la revisión de los planos e informes suministrados por el CNC, se procede a segmentar las observaciones según las siguientes áreas temáticas asociadas a la seguridad vial, movilidad y diseño geométrico:

- Movilidad peatonal y ciclista
- Análisis de accidentabilidad
- Márgenes de carretera y sistemas de contención vehicular
- Bahías de autobús
- Diseño geométrico

Se aclara que las observaciones son generales, por lo que la Administración deberá realizar una revisión integral y completa de toda la documentación e identificar las posibilidades de mejora de todo el proyecto.

### 2.2 Movilidad peatonal y ciclista

Dentro de la documentación facilitada por el CNC para el anteproyecto, no se incluyen estudios de movilidad de usuarios vulnerables o no motorizados, típicamente peatones y ciclistas. Estos estudios son fundamentales para poder:

- Analizar los patrones de movilidad de los usuarios no motorizados para la identificación de corredores que conecten los orígenes y destinos de los viajes, incluyendo los puntos de cruce en la troncal principal y en las radiales.
- Proponer la infraestructura segura e inclusiva adecuada que responda a las necesidades de los usuarios, articulada con el transporte público.
- Brindar seguridad a los usuarios vulnerables a lo largo de todo el proyecto.
- Democratizar el espacio vial y cumplir con los requerimientos de la Ley 9669 Movilidad y seguridad ciclística y la Ley 9976 Movilidad peatonal.

Ante esta carencia en la conceptualización del proyecto, se evidencia de forma recurrente en el proyecto la ausencia de conectividad entre la infraestructura para el transporte público y la infraestructura peatonal, como se observa en la Figura 21, donde además se observa que las bahías de autobús están ubicadas en la vía principal. Esta deficiencia incentivará la necesidad de cruzar la vía a nivel de la calzada, aun con la presencia de barrera física al centro, lo cual inevitablemente aumentará la exposición al riesgo para los peatones, aumentando así la probabilidad de atropellos, con impactos a altas velocidades.

En la Figura 2-2A y Figura 2-2B llama la atención que se presentan bahías de autobús sobre la autopista y sobre la rampa que conecta la troncal con la radial Turrúcares. En el primer caso (A) se mantiene la tendencia de ubicar la bahía de autobús sobre una vía de alta velocidad tipo autopista, y en el segundo caso (B) se ubicaron las bahías en tramos de baja velocidad, separados físicamente de la autopista. Esta aleatoriedad en el diseño evidencia la necesidad de un estudio de movilidad peatonal, ya que con este insumo se identificarán las necesidades

y patrones de los usuarios de las bahías de autobús, y así estas serán conceptualizadas para su usuario.

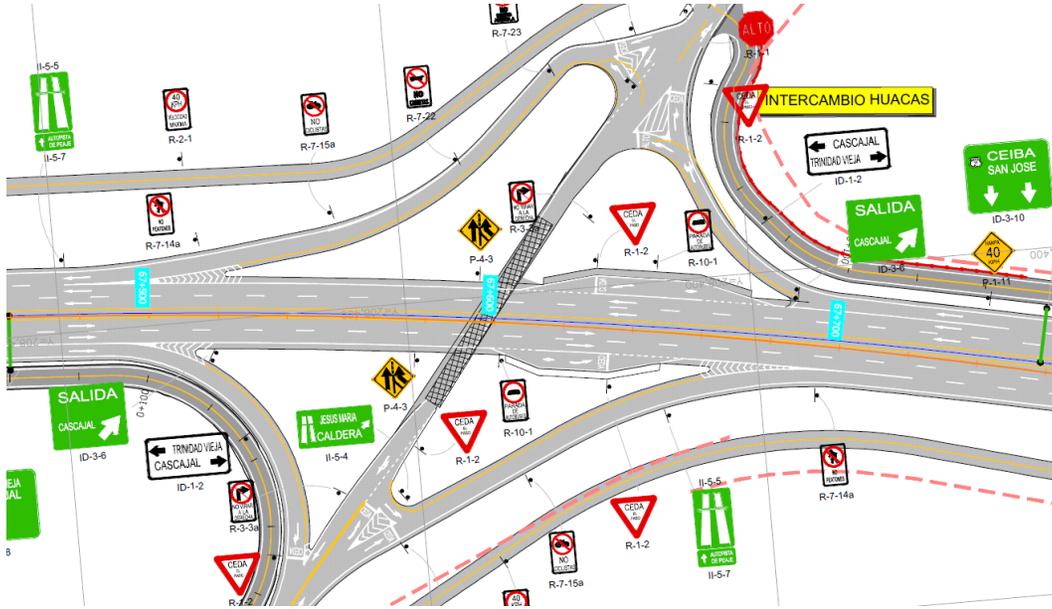


Figura 2-1. Ausencia de conectividad peatonal entre bahías de autobús ubicadas en la vía principal

Nota: Tomado de Planos Intercambio Orotina - Caldera Lámina 12, Sector III 52+950 – 76+650. INTRA, 2020.

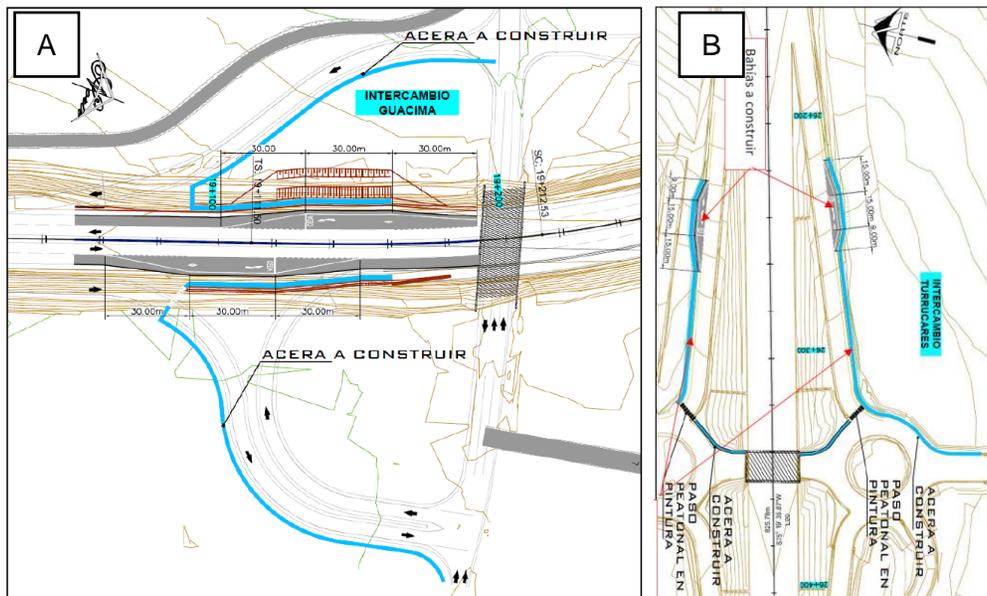


Figura 2-2. Bahías de autobús, sector La Guácima (A) y Turrúcares (B)

Nota: Tomado de Memoria descriptiva de diseño de bahías de bus y accesos peatonales. Globalvía-INTRA, 2021.





## 2.4 Márgenes de carretera y sistemas de contención vehicular

En el Análisis de incumplimientos a la normativa vigente y costos (Globalvía-INTRA, s.f.) se especifican los sitios donde se incumplen los criterios del Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011), que, al sumarlo a las observaciones identificadas en planos y en la Memoria descriptiva de diseño de barreras de contención (Globalvía-INTRA, 2021b), se enlistan las principales deficiencias y carencias identificadas:

- Longitud insuficiente de las barreras de contención vehicular.
- Ausencia de amortiguadores de impacto, terminales de impacto y transiciones en todo el anteproyecto.
- Se evidencia que las cunetas del proyecto presentan una sección triangular no traspasable (insegura), según se especifica por Globalvía-INTRA (2021b, p. 9).
- Se indica que es criterio del diseñador no colocar barreras de contención en taludes de corte que denomina críticos y cunetas triangulares (Globalvía-INTRA, s.f., pg. 26).
- A nivel de diseño existen inconsistencias e incertidumbre entre la ubicación de las barreras, cunetas, taludes y su relación con los parámetros de diseño como la línea de preocupación.
- Ante este error de criterio en cuanto a la ubicación de la barrera con respecto a la línea de preocupación, se selecciona un esviaje inapropiado para las condiciones constructivas, y tampoco se indica cómo proceder en los casos que no cuenten con el suficiente espacio para desarrollar la longitud de esviaje, condición que será recurrente ante el limitado derecho de vía (Globalvía-INTRA, 2021b, pg. 15).
- Se selecciona como terminal generalizado para el proyecto un terminal abatido y con esviaje, sin embargo, al contar con un derecho de vía reducido podría no respetarse el esviaje de diseño, en cuyo caso el terminal podría fungir como rampa dada su proximidad con el flujo de circulación vehicular.

Las deficiencias en el diseño y construcción de los sistemas de contención vehicular de la Ruta Nacional 27 han sido alertados de forma recurrente en los informes LM-PI-USVT-017-019 y INF-PI-UGERVN-12-2020, así como en el oficio LM-IC-D-0946-2020, condiciones que no mejoran en el presente anteproyecto. A manera de resumen, algunas de estas son:

- Barreras de contención con longitud mínima insuficiente.
- Terminales en concreto de la barrera en la mediana sin dispositivos adecuados (tal como amortiguadores de impacto).
- Placas metálicas para cubrir las discontinuidades en la barrera medianera, originadas por las luminarias diseñadas al centro de la vía.
- Elementos de concreto inadecuadamente utilizados como protección para casetas de peaje.
- Ausencia de transiciones entre sistemas de contención vehicular, o transiciones no adecuadas, no avaladas por ningún fabricante, ni aceptadas según normativa europea o estadounidense.
- Otras discontinuidades en la barrera en la mediana por presencia de postes, pilas y espacios vacíos, aparte de las luminarias.



## 2.5 Bahías de autobús

Para este tema se revisó el documento Memoria descriptiva de diseño de bahías de bus y accesos peatonales (Globalvía-INTRA, 2021), en el cual se detallan los criterios de diseño de las bahías, sin embargo, a pesar de aumentar la longitud de las transiciones de entrada y salida a valores superiores a los especificados en SIECA (2011), existe un error de concepción en la ubicación de las bahías, ya que estas no deben ubicarse sobre una vía de alta velocidad, como se implementaron en la Ruta Nacional 27 de forma recurrente.

Una bahía de autobús, al ubicarse en una vía tipo autopista, propicia la ocurrencia de las siguientes condiciones de riesgo para los usuarios:

- Cruce de peatones sobre la autopista, tal como se abordó en el apartado 2.2 Movilidad peatonal y ciclista).
- Conflictos entre el autobús y los vehículos en las maniobras de desaceleración y aceleración, hacia y desde la bahía.
- Basado en la Tabla 2-1, donde se estima la longitud mínima necesaria para el carril de aceleración según el manual de la SIECA (2011). Si se asume que el autobús parte de una velocidad en inicio del carril de 0 km/h y debe incorporarse a una vía con una velocidad de diseño de 100 km/h, necesitará una longitud de carril de aceleración de 345 m como mínimo para incorporarse de forma segura a la vía.

Tabla 2-1. Longitud de carril de aceleración

Longitud de Aceleración, $L_a$ , en metros Para la Velocidad de Diseño (km/h) de la Curva de Entrada									
Velocidad de Diseño de la Carretera, en km/h	Velocidad de Incorporación a la Carretera, en km/h $V_a$	0	20	30	40	50	60	70	80
		Velocidad en Inicio de Carril de Aceleración, $V_i$ a km/h							
		0	20	28	35	42	51	63	70
50	37	60	50	30	-	-	-	-	-
60	45	95	80	65	45	-	-	-	-
70	53	150	130	110	90	65	-	-	-
80	60	200	180	165	145	115	65	-	-
90	67	260	245	225	205	175	125	35	-
100	74	345	325	305	285	255	205	110	40
110	81	430	410	390	370	340	290	200	125

**NOTA: SE RECOMIENDA TRANSICIÓN UNIFORME DE 50:1 A 70:1 SI LA LONGITUD DE ACELERACIÓN EXCEDE 400 m**

Nota: Tomado de Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras (SIECA, 2011), basado en A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, AASHTO, 2004.

Basado en la Tabla 2-1, se evidencia que ante el criterio del diseñador del proyecto (Globalvía-INTRA, 2021) de ampliar los carriles de aceleración y desaceleración a 30 m, no resulta posible que el autobús desarrolle la velocidad necesaria en tan corta longitud para incorporarse de forma segura a la vía, por ello, las bahías de autobús deben ubicarse en rutas marginales de

baja velocidad, para evitar el efecto del diferencial de velocidad entre el autobús y los vehículos que circulan por la vía.

Sumado a las deficiencias geométricas, se presentan ubicaciones de las bahías que propiciarán conflictos entre los distintos usuarios, ya que como se observa en la *Figura 2-4*, ubicar una bahía en el centro de rampas de salida y entrada de la troncal, generará el traslape de maniobras entre el autobús y los usuarios de las rampas, limitando además la visibilidad en caso que un autobús se encuentre en la bahía y un vehículo esté ingresando a la troncal. Además, en los diseños no se observa una adecuada continuidad de la infraestructura peatonal para los usuarios de transporte público, ni la posibilidad de cruce seguro al extremo opuesto de la vía

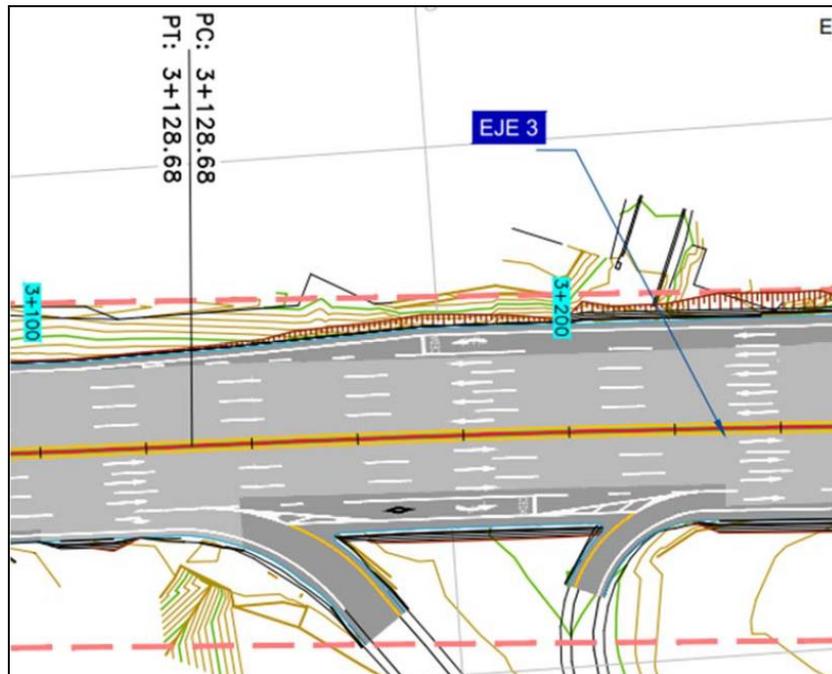


Figura 2-4. Bahía de autobús km 3+200

Nota: Tomado de Memoria descriptiva de diseño de bahías de bus y accesos peatonales. Globalvía-INTRA, 2021.

## 2.6 Diseño geométrico

En el Análisis de incumplimientos a la normativa vigente y costos (Globalvía-INTRA, s.f.) se especifican los sitios donde se incumple los criterios de diseño geométrico en materia de:

- Alineamiento horizontal
- Alineamiento vertical
- Anchos de espaldón
- Longitudes de carriles de aceleración y desaceleración

Por lo tanto, es de conocimiento del CNC la presencia de estas deficiencias en la propuesta de anteproyecto, lo cual se recomienda que se valore apropiadamente en función de la seguridad de todos los usuarios viales.

A manera de ejemplo se evidencia en la Tabla 2-2 algunos casos por estacionamiento en los que Globalvía-INTRA (s.f.) documentó los incumplimientos a las longitudes de cuñas de transición y longitudes de carriles de aceleración y desaceleración. Se resalta que los valores establecidos por norma distan en gran magnitud de los utilizados en el diseño, como sucede para el estacionamiento 13+500, en el que el manual de la SIECA (2011) especifica una longitud de carril de aceleración de 285 m, pero el diseño real considera 0 m.

Tabla 2-2. *Ejemplo de secciones con incumplimientos en transición y longitud de carriles de aceleración y desaceleración*

Estacionamiento	Cuña transición (m)		Criterio	Tipo de carril	Longitud carril (m)		Criterio
	SIECA (2011)	Diseño			SIECA (2011)	Diseño	
3+200	90	60	No cumple	Aceleración	170	90	No cumple
11+200	90	60	No cumple	Aceleración	285	50	No cumple
11+400	90	0	No cumple	Entrecruzamiento	285	110	No cumple
12+400	90	110	Cumple	Aceleración	285	50	No cumple
13+500	75	0	No cumple	Aceleración	285	0	No cumple

Nota: Elaboración propia a partir de Análisis de incumplimientos a la normativa vigente y costos. Globalvía-INTRA, s.f.

Dentro del mismo informe generado por Globalvía-INTRA (s.f.) se especifica el uso de espaldones internos con un ancho de 0,60 m y espaldones externos de 1,80 m, sin embargo, al verificar los valores mínimos especificados por SIECA (2011) para una ruta tipo autopista, se evidencia que los espaldones internos como mínimo deben medir entre 1,0 m – 1,5 m y el espaldón externo entre 2,5 m – 3,0 m, como se observa en la Tabla 2-3.



Tabla 2-3. Anchos mínimos de espaldón (hombro) y aceras por tipo de carretera

Tipo de Carretera		Acceso	Tipo de Superficie	Ancho de Hombros (m)		Ancho de Aceras (m)
				Internos	Externos	
AA	Autopista	Controlado	Alto	1.0 – 1.5	2.5 - 3.0	
AR	Arterial Rural	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AU	Arterial Urbana	Controlado	Alto	1.0 - 1.5	2.5 – 3.0	2.0
AMR	Arterial Menor Rural	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
AMU	Arterial Menor Urbana	-	Alto	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
CMR	Colector Mayor Rural	Controlado	Alto	1.0 -1.5	2.5 – 3.0	1.2 – 2.0
CMU	Colector Mayor Urbana	-	Alto	0.5 – 1.0*	1.2 - 1.8	1.2 – 1.5
CR	Colectoras Menor Rural	-	Intermedio	-	1.2 - 1.6	1.0 – 1.2
CS	Colectoras Menor Urbana	-	Intermedio	-	1.2 – 1.6	1.0 – 1.2
LR	Local Rural	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 – 1.2
LU	Local Urbano	-	Intermedio	-	0.75-1.6	1.0 – 1.2
R	Rural	-	Bajo	-	-	-

\* Solamente con mediana

**Cuadro 4.2. ANCHOS MÍNIMOS DE HOMBROS Y ACERAS**

Nota: Tomado de Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras. SIECA, 2011.

El espaldón con los anchos mínimos permite que un vehículo salga del flujo de circulación ante la presencia de un desperfecto mecánico, sin exponerse a riesgos de colisión, o bien, como zona libre ante un accidente con salida de la vía. Al presentarse espaldones con anchos menores a los mínimos, se generan las siguientes condiciones o efectos:

- Espaldón externo: Aumento en la exposición al riesgo al detener un vehículo en el espaldón externo, ya que parte del vehículo continuará invadiendo el carril externo de circulación.
- Espaldón interno: Proximidad a barrera en la mediana ante espaldón interno reducido, lo cual puede generar:
  - Cambios de carril por la proximidad entre la barrera y flujo de circulación.
  - Reducción en la velocidad de operación del carril interno.
  - Reducción en el confort para los usuarios que transitan en el carril interno
  - Aumento en la probabilidad de colisión contra la barrera medianera u elementos que se ubiquen en la mediana.

Cabe destacar que los valores especificados por el manual de la SIECA (2011) son valores mínimos, por lo que incumplir este manual expone a los usuarios a condiciones riesgosas, que se ven potenciadas por las altas velocidades de operación de la vía. Estas deficiencias que generalmente solo se analizan desde el punto de vista económico, por costos elevados de infraestructura y expropiaciones, repercuten en la seguridad de los usuarios, lo cual podría incluso culminar en demandas a la Administración ante estas deficiencias y omisiones.

### 3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 3.1 Conclusiones

Posterior a la revisión de la documentación, se evidenció la ausencia de estudios integrales de movilidad que permitan validar de forma técnica las necesidades de movilidad de los usuarios y ofrecerles infraestructura que responda a sus requerimientos. Esto se ejemplifica con la presencia de bahías de autobús sin conectividad entre ambos márgenes o generar conexiones peatonales en distancias que no son atractivas, lo que propicia que el peatón realice los cruces entre márgenes de forma insegura sobre la calzada vehicular.

También, la ausencia del componente de seguridad vial dentro de los estudios previos se evidenció al omitir por completo alguna metodología reactiva o proactiva que permita mejorar las condiciones de seguridad del proyecto existente y del anteproyecto, esto mediante análisis de accidentabilidad, auditorías y evaluaciones de seguridad vial o la implementación de análisis de conflictos.

A pesar de la presencia de un diseño general a nivel de sistemas de contención vehicular, se encontraron deficiencias en los criterios, se omite el uso de amortiguadores de impacto y se prioriza el uso de terminales abatidos y con esviaje, elemento que no ofrece un buen nivel de seguridad vial en vías de alta velocidad, como un terminal de impacto. Adicionalmente, Globalvía-INTRA documentaron los incumplimientos a la normativa asociada a los sistemas de contención vehicular, por lo que es de conocimiento de la CNC los sitios y condiciones que representan riesgos causados por la infraestructura propuesta.

A nivel geométrico, se repite la documentación de incumplimientos a la normativa de referencia (SIECA, 2011), esto enfocado en anchos de espaldón reducidos, longitudes de carriles de aceleración y desaceleración, alineamientos horizontales y verticales. Estas deficiencias que existen en la vía actual, se mantienen o amplían en el anteproyecto, por lo que el CNC deberá valorar las medidas correctivas para ofrecer una vía segura, donde se respeten las consideraciones geométricas mínimas que establece el manual de la SIECA (2011) y se eviten demandas a la Administración por construir carreteras con un estándar deficiente de seguridad vial y movilidad segura.

Las deficiencias en materia de bahías de autobús son recurrentes en el proyecto existente, donde estas se ubican sobre la autopista y no ofrecen longitudes suficientes para que los autobuses reduzcan sus velocidades de operación o se incorporen a la autopista de forma segura. Adicionalmente, la ausencia de conectividad entre bahías de autobús a ambos lados de la vía propicia que las personas crucen la vía sobre la calzada vehicular. Estas condiciones de diseño se repiten en el anteproyecto y evidencian una concepción de la vía enfocada en darle fluidez a los vehículos automotores.

### 3.2 Recomendaciones

El país tiene una deuda con los usuarios más vulnerables, esto al omitirlos casi por completo de los análisis viales, por lo que es necesario generar estudios de movilidad integral donde se considere los patrones de movilidad de todos los usuarios, en especial los peatones y ciclistas, de forma que la infraestructura realmente responda a sus necesidades. Aun si en gran parte de la vía no se justifique el diseño de aceras e infraestructura ciclista, por ser una vía de alta velocidad, el uso del suelo a lo largo de la troncal debe ser analizado como parte de los estudios integrales de movilidad, ya que esto genera, en muchos tramos, la necesidad de cruzar la vía. Esto es de especial atención al ubicar las bahías de autobús y la forma en la que estas se conectan entre sí y con los centros atractores y generadores de viajes.

En cuanto a los usuarios de vehículo automotor, se requiere aumentar el estándar de seguridad vial, el cual generalmente es muy bajo y deficiente en las carreteras del país, a partir de la conceptualización y diseño de un proyecto bajo el enfoque de carreteras que perdonan.

Para ello, se recomienda cumplir con la normativa, manuales, leyes y decretos vigentes en el país en materia de infraestructura vial, seguridad vial y movilidad segura. A manera de ejemplo, se presenta la siguiente lista, la cual no es exhaustiva:

- Manual centroamericano de normas para el diseño geométrico de carreteras con enfoque de gestión de riesgo y seguridad vial (SIECA, 2011).
- Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito (SIECA, 2014).
- Guía para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial (Valverde, 2010).
- Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011).
- Ley N° 9976 Movilidad peatonal.
- Ley N° 9660 Movilidad y seguridad ciclística.
- Decreto N° 38799-MOPT Reglamento de dispositivos de seguridad y control temporal de tránsito para la ejecución de trabajos en las vías.
- Decreto N° 37347-MOPT Manual para el desarrollo de proyectos de infraestructura desde la óptica de la seguridad vial, en la formulación y ejecución de las obras públicas pertinentes controladas por el MOPT y por el Estado costarricense, donde se incorpora el Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras (Valverde, 2011).
- Decreto N° 40632-MOPT donde se establece la incorporación obligatoria del componente de seguridad vial en todas las labores de planificación y construcción de obras viales y su eventual conservación, mejoramiento y/o rehabilitación.

De forma específica, cabe destacar que secciones de transición entre la autopista y un uso de suelo mixto, como lo son las rotondas del intercambio de Guachipelín presentes en la Figura 2-3, se recomienda valorar alternativas costo-efectivas para dar solución a la movilidad de usuarios vulnerables, tal como el diseño de cruces peatonales, a nivel de calzada o a nivel de acera según se requiera, con islas de refugio y la correcta señalización y demarcación vial, ya que no son entornos viales de alta velocidad donde se justifique un puente peatonal, que además es una medida de alto costo.

#### 4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Globalvía-INTRA. (s.f.). Análisis de incumplimientos a la normativa vigente y costos. Anteproyecto para la ampliación de tramos específicos de la carretera San José – Caldera. San José, Costa Rica.
- Globalvía-INTRA. (2021a). Memoria descriptiva de diseño de bahías de bus y accesos peatonales. Análisis de incumplimientos a la normativa vigente y costos. Anteproyecto para la ampliación de tramos específicos de la carretera San José – Caldera. San José, Costa Rica.
- Globalvía-INTRA. (2021b). Memoria descriptiva de diseño de barreras de contención. Análisis de incumplimientos a la normativa vigente y costos. Anteproyecto para la ampliación de tramos específicos de la carretera San José – Caldera. San José, Costa Rica.
- Moya, L., Agüero, J., Zamora, J. y Jiménez, D. (2019). *Análisis de choques en la Ruta 27 usando modelos multivariados* (Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica). San José, Costa Rica.
- LanammeUCR, (s.f.) *Informe de evaluación de la Ruta Nacional 27, año 2020-2021, PITRA*. San José, Costa Rica.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2014). *Manual centroamericano de dispositivos uniformes para el control del tránsito*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: SIECA.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2011). *Manual Centroamericano de Normas y Diseño Geométrico de Carreteras*. Ciudad de Guatemala, Guatemala: SIECA.
- Valverde, G. (2011). *Manual SCV: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras*. Vicerrectoría de Investigación. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.