

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**Diseño de propuestas para solucionar los problemas de seguridad vial
existentes en la Ruta Nacional N° 39.**

Trabajo final de Graduación

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

Emilio Lapentti Muñoz

Director de Proyecto de Graduación:

Junior Araya Villalobos

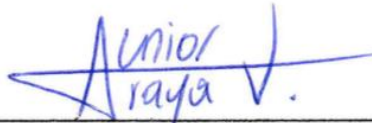
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Costa Rica

Julio, 2019

Hoja de aprobación

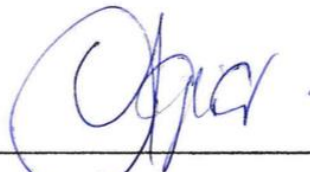
Miembros del comité asesor y Tribunal de Graduación



Director Ing. Junior Araya Villalobos



Estudiante Emilio Lapentti Muñoz



Asesor Ing. José Pablo Aguiar Moya



Asesora Ing. Diana Jiménez Romero, MSc, MBA

Derechos de autor

Fecha: 2019, abril, 24

El suscrito, Emilio Lapentti Muñoz, cédula 1-1588-0168, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné **B23593**, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación **Diseño de propuestas para solucionar los problemas de seguridad vial existentes en la Ruta Nacional N° 39**, bajo la dirección del **Ing. Junior Araya Villalobos**, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); "no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales". Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 14 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Dedicatoria

Este proyecto está dedicado especialmente a mi abuela, que en paz descanse, por haber sido el pilar de los valores instruidos a través de mi madre y haber generado la familia con la que me crié y me incentivó a ser quien soy. A mi padre por ser mi principal apoyo motivacional y mi definitivo ejemplo a seguir. A mi familia y a todos aquellos amigos que contribuyeron positivamente en esta etapa.

Reconocimientos

Agradecimientos especiales a todos los amigos que brindaron apoyo tanto en herramientas que formaron parte de este proyecto, como a nivel motivacional. De nuevo a mis padres, dado que a ellos atribuyo mucho de lo que soy.

Reconocimiento además para el comité del proyecto, al director Junior Araya Villalobos por la propuesta del tema y el aprendizaje inculcado, así como los asesores Diana Jiménez Romero y José Pablo Aguiar Moya por su adecuado trabajo de orientación en el proyecto.

Índice General

Resumen	1
1. Introducción	2
1.1. Justificación	2
1.1.1. Problema específico	2
1.1.2. Importancia	3
1.1.3. Antecedentes	4
1.2. Objetivos.....	6
1.1.1. Objetivo General	6
1.1.4. Objetivos Específicos	6
1.3. Marco teórico	6
1.3.1. Características principales de la ruta	6
1.3.2. Componentes de la carretera	7
1.3.2.1. Derecho de vía.....	8
1.3.2.2. Ancho de calzada	8
1.3.2.3. Espaldón	9
1.3.2.4. Aceras.....	10
1.3.2.5. Mediana	10
1.3.2.6. Bordillos	10
1.3.2.7. Bahías para autobuses.....	11
1.3.2.8. Calles marginales	11

1.3.2.9	Barreras de contención	12
1.3.2.10	Amortiguadores	13
1.3.3	Conceptos relativos a intersecciones viales.....	13
1.4	Delimitación del tema	15
1.4.1	Alcance	15
1.4.2	Limitaciones	17
1.5	Metodología.....	19
2.	Análisis y clasificación de los problemas de seguridad vial.....	22
3.	Modificaciones geométricas en los principales componentes de la vía.....	27
3.1	Cierres de accesos indebidos a la ruta.....	27
3.1.1	Cierre de tres accesos en tramo intersección Hatillo 4 - Paso desnivel San Sebastián.....	30
3.1.2	Cierre de intersección RN 39 – Calle 36 – Avenida 52A	30
3.1.3	Cierre de acceso intersección RN 39 – Calle 24 – marginal Avenida 52A	33
3.1.4	Cierre de acceso intersección RN 39 – calle 22 – marginal Avenida 52	35
3.1.5	Cierre de acceso intersección diagonal 30 – RN 39	38
3.2	Modificaciones a accesos indebidos en la ruta.....	40
3.2.1	Modificación acceso Rapolubs y Outlet Cars Hatillo 8	41
3.2.2	Propuesta de traslado intersección RN 39 – calle 24 – avenida 52 A.....	44
3.3	Cambios en la medianera.....	46
3.4	Ampliaciones específicas	47
4.	Diseño y ubicación de nuevas bahías de autobuses	48

4.1	Traslado de paradas de autobús a marginal	51
4.1.1	Traslado parada acceso calle 24 a marginal Avenida 52 A	52
4.2	Construcción de nuevas bahías de autobús	53
4.2.1	Bahía de autobús en parada intersección Avenida 52 A – calle 22 – RN 39	53
4.2.2	Bahía de autobús en parada frente a Outlet Totto San Sebastián.....	55
4.2.3	Propuesta de bahía puente peatonal San Sebastián	60
4.3	Reubicación de paradas.....	63
4.3.1	Reubicación de parada de autobús en cementerio San Pedro	66
4.3.2	Reubicación de parada de autobús del costado este de edificios del ICE en San Pedro	67
4.3.3	Reubicación de parada de autobús tramo San Sebastián – Paso Ancho	69
4.3.4	Reubicación parada Barrio Córdoba.....	71
5.	Obras de señalización y demarcación	73
5.1	Medidas de tráfico calmado.....	73
5.1.1	Demarcación de líneas alertadoras en intercambio RN 39 – RN 1.....	75
5.1.2	Demarcación de líneas alertadoras en acceso rotonda San Sebastián	77
5.1.3	Demarcación de rayas logarítmicas en semáforo peatonal facultad de Derecho, UCR.....	80
5.1.4	Demarcación de rayas logarítmicas en intersección RN 39 – avenida 12A ...	84
5.2	Señalización vertical	87
5.2.1	Señalización de prohibición de ciclistas	88

5.2.2	Señalización de prohibición de estacionamiento.....	89
5.2.3	Señalización de disminución de velocidad	90
5.2.4	Señalización de zona de seguridad y puentes peatonales	92
5.2.5	Señalización de proximidad de rampa de salida.....	93
5.3	Modificaciones a señalización horizontal	94
5.3.1	Mantenimiento de demarcación cercanía intersección Uruca.....	95
5.3.2	Modificación a isla canalizadora calle 53 a RN 39, San Pedro	96
5.4	Demarcación de elementos riesgosos.....	98
5.4.1	Demarcación retroreflectiva en bases del puente Boulevard de Rohrmoser 100	
5.4.2	Demarcación retroreflectiva en bases del puente RN 104	102
6.	Especificación y localización de barreras de contención y atenuadores de impacto 103	
6.1	Sistemas de contención en medianera	105
6.1.1	Sustitución de medianera por barrera rígida entre rotondas Paso Ancho y San Sebastián.....	108
6.1.2	Propuestas de sustitución de mediana en tramo entre pasos a desnivel de Alajuelita y San Sebastián	111
6.1.3	Sustitución de mediana en tramo Paso Ancho – I Griega.....	116
6.1.4	Propuestas para mediana en tramo entre semáforos Hatillo 4 y Hatillo 8..	118
6.1.5	Instalación de barrera semirrígida en mediana tramo I Griega – Garantías Sociales	122
6.1.6	Sustitución mediana tramo La Bandera – Santo Tomás.....	123

6.1.7	Sustitución mediana tramo Semáforo Hatillo 4 – paso elevado Alajuelita ..	123
6.1.8	Resumen de sistemas de contención rígidos a emplear	125
6.2	Barreras de contención en márgenes	125
6.2.1	Condiciones generales del sistema a emplear	129
6.2.2	Instalación de barrera semirrígida en tramo G-H	131
6.2.3	Instalación de barrera semirrígida en margen oeste del tramo H – I	133
6.2.4	Instalación y refuerzo de barrera semirrígida en margen suroeste tramo I-J 134	
6.2.5	Instalación y refuerzo de barrera semirrígida en margen noreste tramo I-J 137	
6.2.6	Instalación de barrera semirrígida en margen norte tramo J-K.....	139
6.2.7	Instalación de barrera semirrígida y rígida en margen tramo K-L	141
6.2.8	Instalación de barrera semirrígida en margen tramo M-Ñ.....	146
6.2.9	Instalación de barrera semirrígida y rígida en tramo Ñ – O.....	147
6.2.10	Instalación de barrera rígida y semirrígida en tramo S-T	149
6.2.11	Resumen de aspectos técnicos de los sistemas de contención a emplear ..	152
6.3	Instalación de atenuadores de impacto	154
6.3.1	Re-instalación de dos atenuadores de impacto en paso elevado de Rotonda Alajuelita	155
6.3.2	Instalación de dos atenuadores de impacto en paso elevado Rotonda I Griega	156
6.3.3	Instalación de atenuadores de impacto en rotonda San Sebastián	157

6.3.4	Instalación de atenuador de impacto en paso elevado de La Hispanidad ..	158
6.3.5	Instalación de atenuador de impacto para inciso 6.1.7.....	158
6.3.6	Resumen de amortiguadores de impacto requeridos.....	158
6.4	Refuerzos de contención en bases de puentes.....	159
6.4.1	Instalación de barreras rígidas en bases de puente peatonal Hatillo 6	160
6.4.2	Instalación de barreras rígidas en bases de puente peatonal Hatillo 4	160
6.4.3	Instalación de barrera rígida en bases del puente calle 11 (RN 175)	161
6.4.4	Instalación de barrera semirrígida reforzada en bases del puente RN 204.	163
7.	Obras adicionales.....	164
7.1	Instalación de mallas en medianera.....	164
7.2	Reconstrucción puente en Barrio 15 de Setiembre	166
7.3	Adecuación puente peatonal Hatillo 8	167
8.	Estimación de costos y conjunto de obras	168
9.	Conclusiones y recomendaciones.....	172
9.1	Conclusiones	172
9.2	Recomendaciones	173
	Fuentes de consulta	176
	Anexos.....	178

Índice de figuras

Figura 1. Alineamiento horizontal Ruta 39	7
Figura 2. Ejemplo de barrera semirrígida.....	12
Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología del proyecto	19
Figura 4. Algoritmo para solución de problemas en accesos autorizados	29
Figura 5. Intersección sin condiciones de seguridad	31
Figura 6. Rutas alternas para cierre del acceso avenida 52A - calle 36 – RN 39	32
Figura 7. Ruta alterna de ingreso a la RN 39.....	34
Figura 8. Ruta alterna de salida de la RN 39	35
Figura 9. Condiciones de la intersección actual	36
Figura 10. Rutas alternas para cierre acceso calle 22 - avenida 52.....	37
Figura 11. Intersección diagonal 30 - RN 39	38
Figura 12. Ruta alterna a intersección diagonal 30 - RN 39	40
Figura 13. Ubicación de negocio y su correspondiente acceso peligroso	42
Figura 14. Esquema de propuesta para acceso	43
Figura 15. Dimensionamiento de carriles de aceleración y desaceleración propuestos	43
Figura 16. Esquema y dimensionamiento de propuesta de carril de desaceleración	45
Figura 17. Algoritmo de soluciones para paradas de autobús oficiales.....	50
Figura 18. Ubicación de paradas de bus que cuentan con marginal atrás	51
Figura 19. Traslado de parada hacia marginal avenida 52 A.....	52

Figura 20. Esquema y dimensionamiento de bahía de bus propuesta	54
Figura 21. Dimensionamiento bahía nueva	54
Figura 22. Vista peatonal de parada frente a Outlet Totto San Sebastián	56
Figura 23. Parada de bus San Sebastián desde puente peatonal.....	57
Figura 24. Esquema de nueva bahía parada frente a Outlet Totto San Sebastián	58
Figura 25. Dimensionamiento bahía frente a Outlet Totto San Sebastián	58
Figura 26. Esquema y dimensionamiento de nueva bahía parada puente peatonal San Sebastián	61
Figura 27. Dimensionamiento bahía puente peatonal San Sebastián	61
Figura 28. Visualización de parada propuesta	62
Figura 29. Ubicación de paradas tramo Hispanidad-Zapote	65
Figura 30. Esquema de reubicación de parada de autobús en cementerio San Pedro.....	66
Figura 31. Esquema de reubicación de parada de autobús del costado este de edificios del ICE en San Pedro.....	68
Figura 32. Esquema de reubicación de parada de autobús tramo San Sebastián – Paso Ancho	70
Figura 33. Ubicación pasos peatonales rotonda Paso Ancho	70
Figura 34. Propuesta de reubicaciones posibles parada Barrio Córdoba.....	72
Figura 35. Obstáculo en carril para impedir paso.....	76
Figura 36. Propuesta de líneas alertadoras en intercambio RN 39 - RN 1.....	77
Figura 37. Ubicación sugerida de líneas alertadoras en tramo San Sebastián	79
Figura 38. Aspectos técnicos de líneas alertadoras en San Sebastián	79

Figura 39. Ubicación sugerida de rayas logarítmicas previo a paso peatonal San Pedro sector Sur.....	81
Figura 40. Ubicación rayas logarítmicas paso peatonal Facultad de Derecho sector Norte	82
Figura 41. Dimensionamiento de sistema de rayas logarítmicas paso peatonal UCR	83
Figura 42. Ubicación de rayas logarítmicas tramo Hispanidad – Garantías Sociales.....	85
Figura 43. Ubicación específica de rayas logarítmicas sentido sur - norte	86
Figura 44. Ubicación específica de rayas logarítmicas sentido norte - sur	87
Figura 45. Señal de prohibición de ciclistas R-7-15a	88
Figura 46. Ejemplo de estacionamiento en margen de la vía	89
Figura 47. Señales de estacionamiento aplicables	90
Figura 48. Señal R-2-8 a instalar	91
Figura 49. Señal R-11-6 para uso de puente peatonal	92
Figura 50. Señal P-2-4 para advertencia de proximidad de salida	94
Figura 51. Detalles de demarcación requerida intersección Uruca	96
Figura 52. Esquema de irrespeto a isla.....	97
Figura 53. Esquema procedimiento de análisis de seguridad vial para la presencia de obstáculos en márgenes	99
Figura 54. Ubicación de paso elevado boulevard Rohrmoser	101
Figura 55. Demarcación alertadora para pilares de puentes	101
Figura 56. Demarcación retroreflectiva propuesta boulevard Rohrmoser	102
Figura 57. Ubicación de bases paso elevado RN 104	103

Figura 58. Criterios para la disposición de barreras de seguridad en medianas.....	105
Figura 59. Ejemplo de sistema implementado en mediana actualmente	107
Figura 60. Ubicación de puntos conflictivos en tramo San Sebastián	108
Figura 61. Diagrama de propuesta vs condición actual tramo San Sebastián.....	110
Figura 62. Alineamiento propuesto de barrera rígida sobre mediana en tramo San Sebastián – Paso Ancho.....	111
Figura 63. Diagrama de geometría propuesta vs condición actual.....	113
Figura 64. Ejemplo de barrera rígida a una cara.....	114
Figura 65. Ejemplo doble barrera rígida con jardinera central.....	115
Figura 66. Alineamiento de barrera rígida propuesta en tramo I griega - Paso Ancho	117
Figura 67. Ubicación del segmento de análisis en tramo Hatillo 8 - Hatillo 6	119
Figura 68. Diagrama de geometría propuesta vs condición actual.....	120
Figura 69. Alineamiento de nueva barrera rígida en mediana	124
Figura 70. Algoritmo para diseño de barreras de seguridad.....	127
Figura 71. División de tramos para análisis de márgenes	128
Figura 72. Localización y especificación de barreras tramo G-H	133
Figura 73. Localización y especificación de barreras tramo H-I	134
Figura 74. Localización y especificación de barreras tramo I-J margen sur y norte	135
Figura 75. Localización y especificación de barreras tramo I-J margen oeste	136
Figura 76. Localización y especificación de barreras tramo I-J margen noreste	138
Figura 77. Localización y especificación de barreras sobre marginal tramo I-J.....	139

Figura 78. Localización y especificación de barreras tramo J-K	140
Figura 79. Condición margen sur tramo K-L.....	142
Figura 80. Localización y especificación de barreras tramo K-L margen sur Bambú Ecoplaza	142
Figura 81. Localización y especificación de barreras tramo K-L margen sur y norte sector este	143
Figura 82. Localización y especificación de barreras tramo K-L margen sur y norte sector oeste	144
Figura 83. Localización y especificación de barreras en marginal tramo K-L.....	146
Figura 84. Localización y especificación de barreras tramo M-Ñ.....	147
Figura 85. Localización y especificación de barreras tramo Ñ-O	149
Figura 86. Localización y especificación de barreras tramo S-T.....	151
Figura 87. Localización y especificación de barrera puente peatonal La Bandera	152
Figura 88. Estado amortiguador este paso elevado Alajuelita	155
Figura 89. Estado amortiguador oeste paso elevado Alajuelita	156
Figura 90. Estado "nariz" de barrera oeste paso elevado I Griega.....	157
Figura 91. Estado "nariz" de barrera este paso elevado I Griega.....	157
Figura 92. Bases de puente peatonal en mediana sin resguardar.....	160
Figura 93. Bases de puente peatonal en margen sin resguardar	161
Figura 94. Bases paso elevado RN 204.....	162
Figura 95. Ubicación de bases de puente RN 204.....	162
Figura 96. Bases paso elevado RN 204.....	163

Figura 97. Ejemplo sistema de contención en bases de paso elevado Florencio del Castillo	164
Figura 98. Cruce forzado debajo del puente peatonal Hatillo 8	167
Figura 99. Dimensionamiento recomendado de bahía de autobús.....	178
Figura 100. Resultados de cotización de bahía de autobús.....	184
Figura 101. Resultados de cotización para amortiguadores de impacto	185
Figura 102. Resultados de cotización para mallas en mediana	185
Figura 103. Resultados de cotización costos varios.....	186

Índice de cuadros

Cuadro 1. Definición de probabilidades de ocurrencia de accidentes	23
Cuadro 2. Grados de severidad de accidentes.....	24
Cuadro 3. Matriz de riesgo de problemas de seguridad vial	24
Cuadro 4. Categorización de los problemas de seguridad vial	25
Cuadro 5. Selección del nivel de contención a emplear	130
Cuadro 6. Resumen de longitudes requeridas de malla en mediana	165
Cuadro 7. Dimensiones típicas para una parada de autobús.....	178
Cuadro 8. Niveles de contención de amortiguadores de impacto.....	180
Cuadro 9. Criterios para seleccionar la clase de contención de amortiguador de impacto	180
Cuadro 10. Clasificación de la gravedad de los accidentes.....	181
Cuadro 11. Valores mínimos de camiones de más de 5 ejes y más requeridos para justificar una barrera de muy alta contención (NCC6).....	182
Cuadro 12. Valores mínimos de camiones de más de 2 ejes requeridos para justificar una barrera de alta contención (NCC5).....	182
Cuadro 13. Valores mínimos de camiones de 2 y más ejes requeridos para justificar una barrera de contención media alta (NCC4).....	182
Cuadro 14. Valores mínimos de buses y camiones de 2 y más ejes requeridos para justificar una barrera de contención media (NCC3).....	183

Lapentti Muñoz, Emilio

Diseño de propuestas para solucionar los problemas de seguridad vial existentes en la Ruta Nacional N°39.

Proyecto de Graduación – Ingeniería Civil – San José, C.R.:

E. Lapentti M., 2019

XIV, 171, [7]h; ils.col. – 19 refs.

Resumen

Los resultados de la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39 dieron como resultado la existencia de una gran cantidad de problemas de seguridad vial en dicha carretera. Debido a ello y ante la alta presencia de accidentes en esta vía, se desarrollan diferentes medidas aplicables a corto plazo, que pretendan eliminar o mitigar las consecuencias de dichos problemas de seguridad vial.

Para ello, se realizó previamente un estudio de los accidentes que se identifican en la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39, de modo que se establecen los parámetros de clasificación de los problemas y de las medidas aplicables, así como la recopilación de los fundamentos técnicos a tener como base técnica de las propuestas.

Para cada tipo de problema, se realizan algoritmos de solución que sigan un procedimiento objetivo. De esta manera, siguiendo los pasos del procedimiento definido, se definen cada una de las propuestas a implementar, cuyas características de diseño obedecen el fundamento teórico pertinente y previamente establecido. Finalmente, se determinan los precios estimados de las obras, lo cual será útil para orientar al Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) en la ejecución idónea de las medidas en términos técnicos y financieros.

La aplicación de dicho procedimiento da como resultado un listado de propuestas a aplicar, fundamentadas técnicamente y especificadas de acuerdo a los requerimientos generales a cumplir. Ofreciendo desde la descripción breve de los problemas de seguridad

vial presentes, hasta las medidas a implementar en temas de modificaciones geométricas, paradas de autobuses, señalización, sistemas de contención y algunas obras adicionales.

1. Introducción

1.1. Justificación

1.1.1. Problema específico

Según Rodríguez (2016), entre el año 2013 y el 2015, con base en cifras de la Caja Costarricense del Seguro Social, hubo un incremento de un 27% en la cantidad de accidentes de tránsito atendidos. De lo anterior, nace una inminente preocupación en materia de seguridad vial, donde si bien los accidentes pueden atribuirse en parte a la cultura de los conductores, también existen factores geométricos y constructivos propiamente de las vías.

Es por esto que el Ministerio de Obras Públicas y Transportes, a través de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito, empezó a realizar revisiones en materia de seguridad vial en diferentes proyectos. Esta tendencia dio origen a una serie de diagnósticos, particularmente en la Ruta Nacional N° 39 (RN 39), que empezaron desde el 2015 y fueron publicadas en una auditoría técnica de seguridad vial en abril del 2017.

Inicialmente, el alineamiento de la carretera estaba previsto para circunscribir la ciudad, sin embargo, dada la característica expansión horizontal poblacional en el valle central, rápidamente se fueron desarrollando núcleos urbanos habitacionales en los alrededores de la vía, mientras que la ciudad de San José seguía siendo la ciudad principal en cuanto a desarrollo y en consecuencia el centro generador de viajes. Esto implica un incremento de movimientos masivos que requerían atravesar dicha ruta, tanto de vehículos como por peatones. Además de lo anterior, la RN 39 es por sí misma una carretera con alta susceptibilidad a que se desarrollen problemas de seguridad vial debido a ser de alta velocidad en la zona central del Área Metropolitana.

A la fecha, los problemas generados debido a lo establecido en el párrafo anterior (entre otros factores) y señalados en la auditoría, siguen existiendo, y con lo único que se cuenta es con un informe de auditoría que puntualiza cada problema existente; es decir, no se ha desarrollado ninguna propuesta concreta para solucionar lo que se señaló en el documento. La presente investigación nace entonces a partir de la necesidad clara de establecer obras para eliminar algunos de los factores que inciden en la accidentabilidad de esta ruta y que representan una afectación a la seguridad de la misma, a raíz de la conceptualización que se realiza en la auditoría.

A grandes rasgos, este estudio busca definir las soluciones a los problemas señalados en la auditoría, estableciendo diseños y medidas para implementar dicha solución, así como la justificación de las obras y estimación de los costos asociados. La aplicación de los procedimientos y resultados estipulados en este documento dependerá intrínsecamente de la disposición que tenga el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI) para implementar dichas medidas.

1.1.2. Importancia

“El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) establece que, en Costa Rica, los accidentes de tránsito constituyen la tercera causa principal de muerte, únicamente superado por los infartos y tumores malignos estomacales” (Rodríguez, 2016). Esto implica que es la principal causa de muerte no natural. Lo anterior conlleva a que todos aquellos proyectos que se enfoquen en garantizar la seguridad vial pasen a ser de vital importancia.

Dado que para el 2015, el INEC registró 568 muertes por accidentes de tránsito, se vuelve absolutamente necesario tomar medidas para mejorar la seguridad vial. En particular, este proyecto toma una trascendencia clara debido a que, de todas las rutas del cantón central de San José, es la RN 39 la que cuenta con mayor cantidad de accidentes de tránsito (Rodríguez y Cubillo, 2017).

Sin embargo, los problemas de seguridad vial que se diagnostican en la ruta estudiada, en la mayoría de los casos representan también problemas a nivel de funcionamiento. Muchos de los inconvenientes provocan disminuciones en las velocidades de operación y entrecruzamientos indeseados que tienen repercusiones en el nivel de servicio de la carretera. Es por esto que la importancia, tanto del diseño como de la aplicación de los resultados que se pretenden obtener como insumo básico de esta investigación, trasciende el hecho de mitigar una causa explícita de muerte. En este caso se vuelve un aspecto fundamental para optimizar la funcionalidad de la carretera y mejorar su nivel de servicio.

En síntesis, la importancia de esta investigación comprende dos temas fundamentales, los cuales son la seguridad vial como un principio elemental para la reducción de la tasa de mortalidad y el funcionamiento vial como medida inmediata para reducir los problemas de congestión vehicular característicos de la Gran Área Metropolitana.

Con esta investigación se buscará además establecer un punto de partida para extrapolar este tipo de proyectos al resto de Rutas Nacionales en las cuales según Gómez y Castro (2012) se da el 60% de los accidentes del cantón de San José. A partir de un buen resultado obtenido a raíz de la aplicación de los diseños y recomendaciones técnicas aquí establecidas, el CONAVI podrá generar una herramienta y metodología que les permita resolver esta problemática de manera eficiente.

1.1.3. Antecedentes

El desarrollo de este tipo de proyectos no tiene muchos antecedentes, puesto a que forma parte de un plan piloto para determinar los resultados de la aplicación de dicha metodología. Sin embargo, existen resultados importantes en estudios de seguridad vial realizados para otras rutas, específicamente en la Ruta Nacional N°2, Carretera Florencio del Castillo.

Se estudiaron dos documentos: "Análisis de Seguridad Vial en los Márgenes de la Carretera Florencio del Castillo" (Valverde, 2009) y el "Informe de Auditoría Técnica de

Seguridad Vial Carretera Florencio del Castillo” (Valverde, 2008), ambos elaborados por el Ing. German Valverde González,. MBA.

El informe de “Auditoría Técnica de Seguridad Vial” (Rodríguez y Cubillo, 2017) corresponde a un documento similar a la Auditoría Técnica que funge como base de este proyecto. En esta investigación también se señala la presencia de diferentes problemas de seguridad vial, sin embargo, contiene un análisis de las consecuencias de cada uno. Adicionalmente, adjunta una serie de recomendaciones que pueden ser útiles de considerar a la hora de identificar las soluciones necesarias para este caso.

De esta manera, en esta carretera se han llevado a cabo obras de seguridad vial, por lo que como antecedente es un punto elemental al que se le puede sacar provecho mediante visitas de campo y consultas profesionales.

Asimismo, con respecto a la RN 39, se elaboró una tesis titulada “Metodología para evaluar la susceptibilidad de accidentes de tránsito considerando parámetros de seguridad vial de la infraestructura en vías urbanas” (Espinoza, 2014), en la cual se registra un análisis de seguridad vial de la carretera en estudio, determinando la susceptibilidad de toda la ruta a la ocurrencia de accidentes de tránsito mediante distintas metodologías. Este documento resulta útil para el registro de información estadística referente a la accidentabilidad de la vía, lo cual se relaciona con la presente investigación.

En particular, se implementará como fuente de información un proyecto de graduación titulado: “Análisis de sitios de concentración de choques en el anillo de Circunvalación” (Rojas, 2014). Esta fuente de información resulta directamente aplicable al presente estudio puesto que muestra la cuantificación de los choques y la segmentación de los puntos más críticos de la vía en este tema. Sin embargo, su utilidad específica reside en que, como parte de los anexos del documento, se señalan las posibles causas de los accidentes de tránsito identificados y algunas recomendaciones como medidas de mitigación que se considerarán para la propuesta de las medidas que se van a diseñar.

1.2 Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Determinar soluciones tangibles, a modo de proyectos de obra pública, para resolver los problemas de seguridad vial diagnosticados en la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39, elaborada por la Dirección General de Ingeniería de Tránsito.

1.1.4. Objetivos Específicos

- Establecer una clasificación de los problemas de seguridad vial de la ruta en términos del riesgo.
- Proponer modificaciones a la geometría de la ruta en tramos específicos para resolver problemas en anchos de calzada, espaldones, márgenes, aceras, medianeras, entre otros.
- Reubicar paradas de autobuses mediante un diseño geométrico de bahías que cumplan las especificaciones de seguridad vial.
- Determinar las obras necesarias para resolver los problemas asociados a la señalización y demarcación de la vía.
- Establecer soluciones adecuadas en los puntos en donde se encuentren problemas de interacción con otros medios de transporte y peatones.
- Diseñar y ubicar barreras de contención y atenuadores de impacto en donde sea necesario con base en lo determinado en la auditoría de seguridad vial de la RN 39.
- Estimar de manera aproximada los costos asociados a las obras propuestas.

1.3 Marco teórico

1.3.1 Características principales de la ruta

Como se menciona anteriormente, la idea inicial de la ruta reside en redireccionar los flujos viales de tal manera que se evite atravesar el centro de la ciudad. Adicionalmente, la vía es frecuentemente utilizada para viajes entre distritos de áreas importantes residenciales y entre los principales centros sub-urbanos. Es por esto que la ruta se puede

clasificar como de tipo Arterial Urbana, según lo establecido en el “Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de las Carreteras con enfoque de Gestión de Riesgo y Seguridad Vial” de la SIECA.

Se encuentra ubicada en la provincia de San José, actualmente va desde la intersección de Santo Tomás en Guadalupe hasta la intersección con la Ruta Nacional N° 108 en la Uruca. Su concepción inicial implicaba un anillo total, sin embargo a la fecha no se cuenta con un tramo en el sector norte. En la siguiente figura se muestra el alineamiento del anillo existente actualmente, indicando los principales puntos sobre la vía.



Figura 1. Alineamiento horizontal Ruta 39

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39, 2017

Modificado por: Lapentti, 2017

1.3.2 Componentes de la carretera

A continuación, se explicarán únicamente los elementos de una vía que se considerarán para el diseño de las mejoras y que se asocian a los problemas de seguridad vial encontrados. Las definiciones esbozadas se fundamentan en el contenido técnico del

Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras de la SIECA (SIECA, 2011).

1.3.2.1 Derecho de vía

Se le llama derecho de vía a una franja de terreno que adquiere en este caso el Estado costarricense, para la construcción de una carretera (SIECA, 2011). Para determinar el ancho de esta franja se requiere estimar el ancho óptimo de los componentes de la sección transversal de la vía.

Este es un tema particularmente sensible en la circunvalación debido a que es una vía que se encuentra inmersa en la ciudad, y este espacio es determinante para el desarrollo adecuado de las obras asociadas a ampliaciones por temas de seguridad y funcionamiento. Es recomendable, como factor de seguridad, contar con un derecho de vía amplio que prevea la posibilidad de que se generen desarrollos imprevistos.

En Costa Rica es usual que se dé un aprovechamiento ilegal del derecho de vía por parte de particulares, por lo que se debe tomar en cuenta este aspecto para que no genere inconvenientes en el desarrollo de las obras que se vayan a implementar en este sitio, además de contar con un plan con un fundamento legal adecuado para los casos en los que se necesite imponer el alojamiento de dicho espacio.

En otros países, es común dejar parte del espacio en el sector central de la vía como división de los sentidos de circulación. Por lo anterior, se puede considerar de previa el aprovechamiento de este espacio en caso de que exista.

1.3.2.2 Ancho de calzada

Representa el ancho de la superficie sobre la cual circula el tránsito vehicular, para este caso en particular correspondería a la suma de los anchos de cada carril. Esta

característica de la ruta es la que tiene mayor influencia en la seguridad y el confort de la conducción en conjunto con el estado de la superficie de rodamiento.

Según establece el Manual de la SIECA, el ancho recomendado para condiciones de confort y seguridad en vías tanto urbanas como rurales es de 3.6 m, por lo que siempre se buscará alcanzar esta medida en las soluciones propuestas. Un ancho de 3.0 m no puede permitirse en la ruta estudiada debido a sus condiciones de velocidad, volumen de tránsito y presencia de vehículos pesados; sin embargo, se permite el uso de carriles de 3.30 m en la parte interior de la misma. Típicamente, se busca que los carriles externos sean más anchos para comodidad de vehículos pesados.

1.3.2.3 Espaldón

Los espaldones son franjas laterales, adyacentes a los carriles externos de la vía, que cumplen diversas funciones. Principalmente, es un elemento clave para la seguridad de una vía debido a que puede utilizarse como un espacio de emergencia para el estacionamiento provisional de vehículos que hayan sufrido de algún desperfecto mecánico. De no existir espaldón, aumentaría la susceptibilidad de que los conductores que transiten por el carril en el cual se encuentra el vehículo estacionado se vean obligados a ejecutar maniobras indeseadas.

Este es uno de los aspectos más críticos en la ruta estudiada debido a que, si bien existen medianeras que no están siendo aprovechadas, la vía carece de espaldones. Esto muchas veces se atribuye a la ausencia de espacio disponible para la vía, cuando esté presente esta condición, deberá proveerse refugios para vehículos cada 400 metros a cada lado con secciones de transición para ingreso y salida a los mismos. De lo contrario, el manual de la SIECA recomienda como mínimo espaldones externos e internos de 2.5 m y 1.0 m de ancho respectivamente.

1.3.2.4 Aceras

En vías urbanas, particularmente aquellas que atraviesan centros de población como lo es la ruta en estudio, y que además tienen altas velocidades permitidas, es recomendable la construcción de aceras al lado de los carriles exteriores para la circulación peatonal.

En caso de ser construida al lado de un bordillo, el manual establece un ancho mínimo de 2.6 m, 60 centímetros que sustituyan la necesidad de una franja de separación de la vía con la acera y 2 m de dimensión mínima aceptable para carreteras de tipo Arterial Urbana (SIECA, 2011).

1.3.2.5 Mediana

La mediana, también llamada Faja Separadora Central, es una franja de terreno ubicada en el centro de la carretera cuya función intrínseca es la separación de los sentidos de circulación en vías con más de un carril por sentido. Este elemento también contribuye al drenaje longitudinal de la vía (SIECA, 2011).

En términos de seguridad vial, las medianas son elementos deseables en carreteras como la circunvalación debido a que puede ser un espacio utilizado para recuperación de vehículos que hayan perdido el control y paradas de emergencia, además de evitar en cierta medida el encandilamiento producido por los vehículos que viajan en sentido contrario. Pese a lo anterior es común ver autopistas que no cuentan con una mediana que tenga un ancho particular, si no con barreras de concreto.

De previa, puede establecerse que, en términos de funcionamiento y seguridad vial, resulta mucho más útil contar con un ancho disponible para la construcción de espaldones que mantenerlo en la medianera.

1.3.2.6 Bordillos

Los bordillos cuentan con múltiples usos, el más típico es para control de drenaje y delimitación de pavimento. En el caso de la RN 39, la mayoría se implementan como

divisiones, por lo que entran en la categoría de tipo bordillo de barrera. Sin embargo, no es recomendable la implementación de estos elementos en autopistas o carreteras de alta velocidad debido a que siempre existirá la susceptibilidad de colisionar con estos y pueden causar vuelcos.

1.3.2.7 Bahías para autobuses

En carreteras, particularmente en vías de alta velocidad, estos elementos son esenciales para el funcionamiento adecuado y seguro de la misma. La función de las bahías para autobuses reside en otorgarle un espacio de estacionamiento provisional a los autobuses u otros vehículos de transporte colectivo, de tal manera que no se detengan en un carril y provoquen interrupciones en el flujo vehicular.

Si se contempla una eventual reubicación de las paradas para la construcción de una bahía, se debe tomar en cuenta la proximidad de los focos de generación de la demanda del transporte y el menor impacto vial. Adicionalmente, se debe tomar en cuenta el impacto que puede tener la misma al situarse cercana una intersección. La reubicación en este caso debe contemplar la posibilidad de ubicar las paradas de autobuses sobre las marginales, para las cuales las bahías podrán requerir menos espacio y los movimientos serían más seguros.

En caso de que no existan marginales y las bahías se tengan que colocar imperativamente en los márgenes de la vía, es importante, a medida de lo posible, que las bahías cuenten con una longitud de desaceleración para que el autobús no se vea obligado a disminuir drásticamente la velocidad para realizar la maniobra de entrada. Asimismo, se debe garantizar también una longitud de aceleración, de modo que el vehículo se incorpore a la vía a una velocidad adecuada y pueda realizar la maniobra de manera más segura.

1.3.2.8 Calles marginales

Entendiendo que uno de los principales problemas que puede comprometer la funcionalidad y la seguridad vial en una carretera de alta velocidad de operación es la presencia de accesos perpendiculares y establecimientos privados a lo largo de la vía,

contar con una vía que pueda recibir todos estos movimientos y canalizarlos de manera segura y eficiente a la vía principal se vuelve fundamental. La SIECA (2011) establece que son precisamente las carreteras marginales, en sentido paralelo a la vía principal, las que se encargan de atender las funciones básicas de acceso a las propiedades colindantes, garantizando la fluidez en la ruta.

Es importante establecer que una propuesta de una calle marginal en muchos casos implicaría la expropiación de terrenos y trabajos más complejos que trascienden el alcance de la investigación, sin embargo se buscará proponer ajustes en tanto estas existan.

1.3.2.9 Barreras de contención

Son elementos laterales que se instalan con el propósito de amortiguar o recibir impactos laterales de los vehículos, protegiéndolos de colisionar con otro elemento y protegiendo también la integridad de la parte externa de la vía. Dependiendo de la respuesta de las barreras laterales ante el impacto, estas se pueden clasificar en rígidas, semirrígidas y flexibles.

Las barreras flexibles, tal y como se deduce de su nombre, soportan una deflexión dinámica importante, por lo que inducen una menor fuerza de impacto al vehículo. El funcionamiento mecánico de este sistema se atribuye a la fuerza de tensión que desarrolla el elemento.



Figura 2. Ejemplo de barrera semirrígida

Fuente: Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.

Una barrera rígida, por el contrario, no debería generar ninguna deflexión ante una colisión vehicular. La energía de la colisión es disipada por el movimiento del vehículo y la deformación de su carrocería. Por sus características, es común utilizar este tipo de barreras como división en la mediana en caso de no contar con un ancho disponible. Las barreras semirrígidas aportan una resistencia combinada de flexión y tensión.

1.3.2.10 Amortiguadores

“Un amortiguador de impacto es un dispositivo que bien puede detener a un vehículo a una razón de desaceleración segura para sus ocupantes o redireccionar el vehículo lejos de un objeto considerado como potencialmente peligroso” (Valverde, 2014).

El mismo autor establece en la “Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras de Costa Rica” que los amortiguadores pueden clasificarse en franqueables o infranqueables.

- Amortiguadores franqueables: Se diseñan para que el vehículo, una vez impacte el elemento, atraviese de forma segura la unidad y viaje detrás del amortiguador de impacto.
- Amortiguadores infranqueables: Se diseñan para detener de manera segura a la mayoría de vehículos que puedan colisionarlo frontalmente, sin embargo, no redirigen los vehículos que impacten cerca del costado.

1.3.3 Conceptos relativos a intersecciones viales

A nivel nacional, existen tres tipos fundamentales de intersecciones que resultan de la unión de dos o más rutas distintas:

- Intersecciones con ALTO / CEDA
- Rotondas
- Intersecciones controladas por semáforo

En la RN 39 se presentan los tres tipos de intersecciones. A continuación, se definen algunos conceptos básicos referentes a este tema que serán utilizados en el texto del presente documento:

- Volumen opuesto: Corresponde a todo vehículo que se encuentra en la trayectoria de colisión de otro que se encuentre realizando una maniobra en la intersección (Araya, 2017).
- Intervalo crítico: Intervalo medio de tiempo que los conductores encuentran aceptable para realizar una maniobra de incorporación en la intersección. (Araya, 2017).

Asimismo, las intersecciones como conjunto se pueden analizar como una red vial. Este fundamento se enfoca en la perspectiva de análisis de capacidad y nivel de servicio del sistema, sin embargo, aporta conceptos relacionados a la seguridad vial que también serán implementados en la investigación:

- Rebote de colas: Se refiere al impacto en congestión vehicular que recibe una intersección producto de la deficiencia en el nivel de servicio de otra que se ubique sobre la misma vía.

Por otro lado, dentro del funcionamiento de una intersección sobre una vía de alta velocidad, como lo es la ruta en estudio, existen conceptos básicos a nivel de diseño que se deben de conocer para caracterizar el riesgo en seguridad vial que constituye una intersección deficiente.

Fundamentalmente, el éxito para el funcionamiento seguro de un intercambio consiste en la provisión de los carriles apropiados para el cambio de velocidad asociado a la ejecución de las maniobras por parte de los vehículos (SIECA, 2011). Estos carriles se definen según su función en:

- Carril de aceleración: Carriles concebidos para que el vehículo desarrolle su velocidad de incorporación, paralelo a la vía, sin perturbar el flujo de la misma ni generar una brecha de velocidad en el momento de entrecruzamiento.
- Carril de desaceleración: Carriles de transición, concebidos para que el vehículo desacelere, entrando a los mismos sin disminuir considerablemente su velocidad de salida y no perturbar el flujo de la vía principal generando brechas de velocidad.

1.4 Delimitación del tema

1.4.1 Alcance

Como se menciona anteriormente, el presente estudio se enfoca en el diseño de propuestas que solventen los problemas de seguridad vial presentes en la Ruta Nacional N° 39, por lo que evidentemente, su limitación geográfica comprende la totalidad del tramo existente de la circunvalación, consecuentemente no se considerará ninguna otra ruta adyacente por parate ni el sector de circunvalación norte.

Todas las soluciones establecidas en el presente documento se enfocarán exclusivamente a los problemas señalados en la Auditoría de Seguridad Vial de la Ruta Nacional N° 39 del Ministerio de Obras Públicas y Transportes, por lo que no forma parte de la responsabilidad de la investigación el resolver otros problemas de seguridad vial que existan en la actualidad o que se desarrollen en el transcurso de la investigación y que no hayan sido notificados previamente por el Departamento de Estudios y Diseños de la Dirección General de Ingeniería de Tránsito del MOPT.

Entendiendo que la complejidad asociada a los procesos de expropiación puede generar demoras significativas en una obra, en conjunto con la urgencia con la que cuenta el país de poner en práctica las medidas que aquí se establecen, cada una de las obras se limitará al aprovechamiento del derecho de vía existente. Adicionalmente, dado que las obras

estarán diseñadas para la ejecución a corto plazo, se buscarán implementar medidas que que sean relativamente económicas y tangibles.

Si bien las obras propuestas comprenden un diseño geométrico y una estimación de los costos, queda fuera del alcance de la investigación la estimación detallada del presupuesto de cada obra.

Un detalle importante a considerar, es que algunas de las medidas propuestas serán aplicables en tanto existan condiciones aceptables del pavimento que garanticen la coherencia de la obra. El diseño específico de la preparación de la superficie de rodamiento o de la estructura de pavimento en general se excluye también del alcance del documento; sin embargo, se explicará de manera general, bajo qué condiciones mínimas puede ser aplicable un trabajo. A modo de ejemplo, una demarcación con pintura termoplástica y colocación de captaluces nuevos será aplicable en tanto el pavimento cuente con un estado óptimo y garantice la vida útil del trabajo, de lo contrario, se establecerá como recomendación obras de mantenimiento de la estructura de pavimento para que la labor sea coherente, mas no se entrará en detalles de diseño de la misma.

La responsabilidad y función del presente documento termina en el momento en el que se le propone al Consejo Nacional de Vialidad una serie de proyectos para realizar las obras propuestas acorde con la priorización y la disponibilidad de recursos. La aplicación, estimación detallada de costos y todos los detalles del proceso constructivo quedan fuera de la utilidad del presente documento.

Finalmente, también queda fuera del alcance la formulación de un plan de mantenimiento preciso para mantener en buen estado las obras realizadas; sin embargo, a modo de recomendación, se destacará lo imprescindible de un adecuado mantenimiento y se brindarán ciertas medidas a tomar en cuenta para la elaboración de un plan adecuado.

1.4.2 Limitaciones

Existen dos escenarios en los cuales pueden surgir limitaciones, ya que hay factores que repercuten en el desarrollo ideal de la investigación, así como otros elementos a considerar que pueden afectar la puesta en práctica de las medidas establecidas en los resultados finales del documento. Si bien se establece en el alcance de la investigación que ésta no comprende la construcción de las obras, las propuestas están elaboradas en función de la aplicabilidad de las mismas, por lo que, si se buscan proponer soluciones tangibles, resulta imperativo la consideración de las limitaciones que existen a la hora de llevar a cabo este tipo de proyectos.

En cuanto a la confección del trabajo propiamente, existe una clara limitación económica a considerar a la hora de establecer cada obra recomendada, por lo que cada diseño deberá evaluarse de la forma más económica posible.

Otro aspecto a considerar que puede repercutir a la hora de encontrar soluciones al problema, es el espacio disponible. Como se estableció previamente en el alcance de la investigación, solo se propondrán soluciones que puedan realizarse en el derecho de vía. En la mayoría de casos, las soluciones a problemas de seguridad vial no requieren mucho espacio, por lo que inicialmente puede ser una limitación relativamente despreciable. Sin embargo, existen problemas de seguridad que se atribuyen específicamente al diseño geométrico de intersecciones, por lo que es importante considerarla en este escenario en particular, entre otros.

Gran parte de las limitaciones están asociadas a la puesta en práctica de las obras. Es posible que algunos de los trabajos a realizar estén afectados por grupos de oposición, que finalmente constituyen uno de los principales detractores de cada proyecto. Es por esto que las obras serán diseñadas pensando en el beneficio de todos, de modo que se facilite un eventual proceso de negociación con los detractores.

Como se menciona en el alcance, las condiciones de la ruta y el espacio disponible pueden representar dificultades a tomar en cuenta a la hora de determinar la solución a

desarrollar. Las condiciones de la estructura de pavimento son un claro limitante de la vida útil de algunas obras, mientras que la ruta cuenta en tramos específicos con un espacio limitado para desarrollarlas.

1.5 Metodología

El esquema de la metodología a seguir para el desarrollo del proyecto de graduación se presenta a continuación:

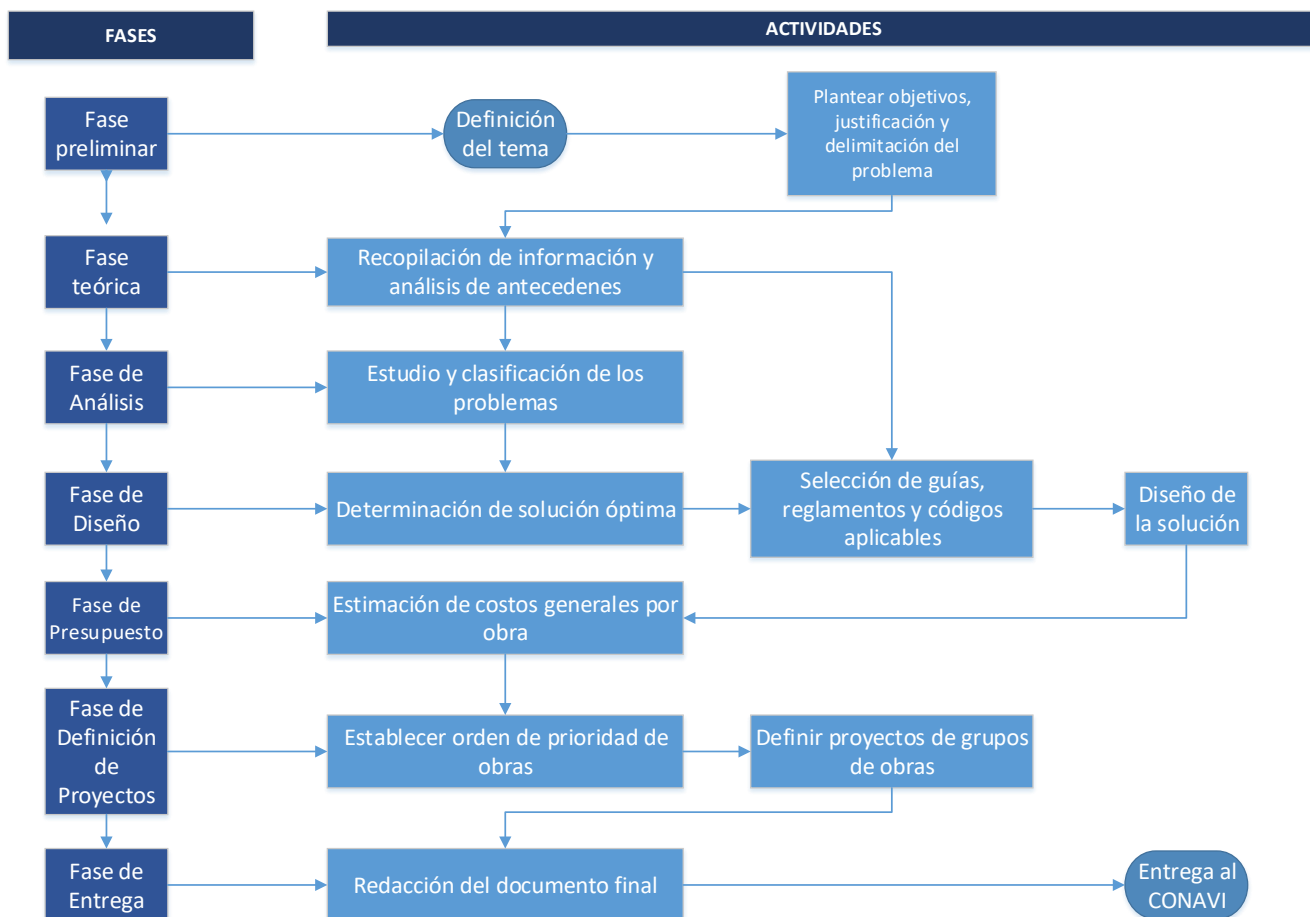


Figura 3. Diagrama de flujo de la metodología del proyecto

El desarrollo del proyecto, tal y como se ilustra en la figura 3, consiste en siete fases específicas. La primera fase corresponde al análisis previo, en el cual se define el tema del proyecto con el director de tesis. A partir de la delimitación del tema discutido, se procede a la redacción y planteamiento de los primeros componentes de la investigación, con la finalidad de contar con la orientación clara y sentar las bases del proyecto.

Entendiendo lo que engloba el tema y habiendo definido los objetivos en conjunto con el equipo asesor, se procede a la recopilación de la información que eventualmente podrá ser de utilidad para el desarrollo del proyecto. Estos documentos son proporcionados y/o recomendados por el equipo asesor, con base en la experiencia y en la visualización de lo que puede abarcar el proyecto.

Asimismo, la segunda etapa también involucra investigación y discusión de antecedentes tanto para la investigación como de la temática que circunscribe al proyecto en sí. Se analizan proyectos anteriores similares que proporcionen información de las medidas que se han aplicado, así como investigaciones que brinden sustento tanto al contenido de la información presentada en este documento, como a las decisiones de las soluciones a implementar.

La tercera fase comprende la lectura exhaustiva y análisis de la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39, ya que este es el documento que constituye el insumo básico de la investigación. A partir de esto, se genera un resumen con los problemas presentes, de tal manera que se puedan clasificar en grupos para los cuales una misma solución sea aplicable y de esta manera desarrollar el trabajo de una forma más eficiente. El análisis que conlleva esta etapa permite establecer de previa algunas posibles soluciones, con lo cual se aclara el panorama para tomar la decisión de lo que se sugiere hacer y mantiene la orientación y el avance del proyecto.

Habiendo determinado todos los aspectos que orientan la investigación, y después de analizar adecuadamente la problemática a resolver, con ayuda de recomendación profesional e implementando el criterio técnico se determina una solución definitiva como la óptima. De esta manera, con base en las guías, manuales y documentos pertinentes para el diseño de las soluciones típicas requeridas estudiadas en la fase teórica, se procede al diseño propio de la solución. El diseño involucrará en algunos casos la confección de planos que especifiquen el diseño geométrico, sin embargo, principalmente deberá acatar las normativas pertinentes, que también forman parte de la fase teórica del proyecto.

Hasta el momento, el proceso explicado se aplicará para cada grupo de problemas seleccionado. De esta manera, se obtienen diferentes soluciones a las cuales, en la etapa de presupuesto, se cuantifica a groso modo los costos asociados a la construcción de las obras diseñadas. De esta manera, concluyendo con dicha estimación económica se procede a la etapa en la cual se determinan los proyectos a recomendar.

La fase de determinación de proyectos involucra agrupar las obras recomendadas, de tal manera que se le provea al CONAVI una serie de proyectos que se pueden ir desarrollando, sin necesidad de implementar todas las obras y recomendaciones simultáneamente. En conjunto con el equipo asesor, se determinó que la manera más adecuada de proponer los proyectos sería categorizarlos por las obras más necesarias. Para ello se necesitará establecer un orden de prioridad de obras que dependerá fundamentalmente de dos factores relacionados al problema que se está atendiendo: cuán probable es que el problema genere una afectación en la seguridad de la vía, y cuán graves son las implicaciones de dicho problema; es decir, aquellos inconvenientes que muy difícilmente van a comprometer la seguridad de los conductores, y que de afectarlos no ocasionarían una repercusión significativa, estarán asociados a las obras menos prioritarias.

De esta manera, se concluye con los resultados que se esperan desarrollar en el proyecto. Finalmente, se plasmará todo lo descrito en la metodología en conjunto con recomendaciones técnicas a considerar para la construcción de las obras. Este documento se le entrega al CONAVI para que cuenten con un insumo completo que contenga toda la información requerida por la institución para poner en práctica los resultados de la investigación.

2. Análisis y clasificación de los problemas de seguridad vial

Previo al establecimiento de las soluciones definitivas a aplicar, es necesario realizar un análisis de las características de los problemas de seguridad vial presentes en la RN 39. Dadas las condiciones en términos de espacio disponible y de flujo vehicular, existen problemas que no cuentan con soluciones tangibles.

Si bien la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39 señala puntualmente cada problema encontrado en la ruta, esta información no está enteramente actualizada. Debido a esto, el paso inicial en el análisis de los problemas corresponde a la verificación de la existencia de cada uno de ellos mediante recorridos de inspección.

En la actualidad, algunos de ellos han sido intervenidos y otros de ellos simplemente no existen debido a que se trataban de peligros de obras que se estaban realizando en el momento específico del estudio. Por ejemplo, la construcción del paso a desnivel de la rotonda de Paso Ancho no había terminado para el momento de la realización de la auditoría, por lo que se señala en gran parte del documento inconvenientes que se generaron en cuanto a prevención de riesgos y manejo del flujo vehicular.

Ahora, la definición de proyectos de obra pública surge del hecho que es improbable que el Estado intervenga todos los problemas de manera simultánea. Por términos de factibilidad económica en función de los recursos disponibles y disminución de la inversión inicial, y por una mayor eficiencia en la logística del manejo del tránsito y de los proyectos en sí, se opta por establecer una serie de proyectos, que constituyan etapas que vayan resolviendo los problemas de seguridad vial.

Resulta necesario entonces establecer un criterio objetivo mediante el cual se define el esquema de trabajo. A grandes rasgos, lo que se debe priorizar es la urgencia de realizar los trabajos por encima de la conveniencia. Con la finalidad de continuar con la línea que se ha trabajado en este tipo de investigaciones, se optará por seguir el procedimiento establecido por Germán Valverde en el Informe de Auditoría Técnica de Seguridad Vial Carretera Florencio del Castillo.

Según Valverde (2003), se debe asignar un nivel de riesgo a cada problema de seguridad vial. Además, esta calificación se realiza con base en el criterio profesional para establecer la probabilidad y severidad de los accidentes que se producirían. Este criterio incorpora una leve subjetividad al procedimiento, por lo que se seguirá el mismo fundamento técnico para las clasificaciones de probabilidad de ocurrencia y severidad del accidente.

En resumen, lo que se pretende definir es cuán urgente resulta resolver un determinado problema de seguridad vial. Esta urgencia es precisamente el nivel de riesgo, el cual se obtiene de una matriz que asocia la severidad del accidente con la probabilidad de que suceda. Aunado a lo anterior, se detallará un poco más la urgencia con base en resultados de investigaciones que se han realizado de accidentes de tránsito.

Como se menciona anteriormente, el primer paso será el establecimiento de cuán probable es que un accidente suceda producto a dicho problema. Esto se realizará con base en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Definición de probabilidades de ocurrencia de accidentes

Probabilidad	Descripción
Frecuente	Sucede una o más veces al año
Ocasional	Sucede una vez cada 1-5 años
Poco probable	Improbable que suceda

Fuente: Informe de Auditoría Técnica de Seguridad Vial Carretera Florencio del Castillo, 2003

Seguidamente, se selecciona una categoría de severidad de accidente en una escala que se siguió para la elaboración del mismo informe.

Cuadro 2. Grados de severidad de accidentes

Grados de severidad
Fatal
Seria
Menor

Fuente: Informe de Auditoría Técnica de Seguridad Vial Carretera Florencio del Castillo, 2003

Habiendo establecido las escalas de probabilidad de ocurrencia y grado de severidad, a partir de la siguiente matriz se determina el nivel de riesgo que se busca.

Cuadro 3. Matriz de riesgo de problemas de seguridad vial

Severidad	Probabilidad		
	Frecuente	Ocasional	Poco probable
Fatal	Urgente	Urgente	Alto
Seria	Urgente	Alto	Medio
Menor	Alto	Medio	Bajo

Fuente: Informe de Auditoría Técnica de Seguridad Vial Carretera Florencio del Castillo, 2003

El análisis restante consiste entonces en identificar cada tipo de problema de seguridad vial sobre la ruta analizada y asociarlo a un nivel de riesgo. El resultado se traducirá entonces en diferentes conjuntos de problemas de seguridad vial, los cuales estarán clasificados en su respectiva urgencia y consecuentemente se tiene el insumo básico para el establecimiento de la secuencia idónea de proyectos de obra pública. Dicha información se muestra a continuación:

Cuadro 4. Categorización de los problemas de seguridad vial

Problema	Probabilidad	Severidad	Nivel de Riesgo
Exceso velocidad	Frecuente	Fatal	Urgente
Peatones y ciclistas en la vía	Frecuente	Fatal	Urgente
Ausencia de barreras de contención y atenuadores de impacto en buen estado	Ocasional	Fatal	Urgente
Obstáculos en las márgenes	Ocasional	Seria	Alto
Accesos indebidos	Frecuente	Seria	Urgente
Ausencia de captaluces	Ocasional	Menor	Medio
Señalamiento horizontal	Frecuente	Menor	Alto
Señalamiento vertical	Ocasional	Menor	Medio
Diseño de intersecciones	Frecuente	Menor	Alto
Ausencia de bahías de autobus	Frecuente	Menor	Alto

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39 (2017). Modificado por Lapentti, 2018.

Para la elaboración del cuadro anterior, se toma como base el formato esbozado en la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39. Sin embargo, la categorización de nivel de riesgo fue a criterio profesional personal, fundamentado en análisis de algunos estudios y en resultados tomados en visitas de campo.

Las principales modificaciones fueron para la categorización del diseño de intersecciones. Se establece en la auditoría mencionada que la probabilidad de ocurrencia del accidente producto a dicho inconveniente es ocasional. Sin embargo, recuentos en cantidades de accidentes y observaciones de vecinos de algunos puntos de la vía indican que, para algunas intersecciones con problemas de visibilidad, se generan varios accidentes al año.

Habiendo establecido la clasificación en términos de prioridad técnica de los problemas de seguridad vial, el restante desarrollo de los resultados del proyecto se enfoca en el establecimiento de las soluciones en el orden establecido en los objetivos específicos, comenzando a continuación por las modificaciones geométricas.

3. Modificaciones geométricas en los principales componentes de la vía

Inicialmente, la RN 39 se construyó en su totalidad con cuatro carriles. Conforme transcurrió el tiempo, se volvió necesaria la intervención sobre esta vía para aumentar su nivel de servicio. A raíz de esto, se han realizado importantes obras como intersecciones a desnivel y ampliación de algunos tramos que pasaron a ser de cuatro carriles a seis carriles.

Las intervenciones realizadas en la vía no han sido simultáneas y debido a la falta de planificación urbana existen tramos que cuentan con accesos directos a negocios privados y otro tipo de obstáculos que impiden el funcionamiento seguro de la ruta. Debido a este conjunto de factores y a la necesidad de priorizar el aumento de la capacidad de la vía, existen diferentes problemas geométricos que se traducen en una disminución significativa del confort y seguridad para los usuarios.

3.1 Cierres de accesos indebidos a la ruta

La expansión imprevista de la ciudad y la falta de control de las construcciones en los márgenes de la carretera, ha provocado que se generen diferentes accesos a la RN 39, tanto de vía pública como de propiedades privadas.

Entre los problemas que señala la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional 39, uno de los más recurrentes es la presencia de accesos a la vía que no cuentan con las características de diseño apropiadas.

En cuanto a las rampas de acceso, estas "deben ser provistas de transiciones apropiadas y de carriles de cambio de velocidad, en un todo congruentes con el diseño de las carreteras involucradas" (SIECA 2011). Por lo tanto, cuando las rampas de acceso sean hacia una carretera de altas velocidades de operación, deben contar; en caso de incorporación a la misma, con longitudes de aceleración de tal forma que el vehículo pueda ingresar adecuadamente al flujo y no represente un problema de seguridad su incorporación.

En el caso de la RN 39, la mayoría de problemas no contarán con soluciones tangibles puesto que los criterios de seguridad establecen normas estrictas para la velocidad de diseño y longitud de dichas rampas. Realizar estas modificaciones conlleva, en la mayoría de casos, expropiaciones y proyectos a gran escala que salen del alcance del tipo de medidas aquí sugeridas. Ante esto, se deben estudiar todos los accesos indebidos señalados por la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39 y determinar primero si existe una medida aplicable.

En términos generales, el diseño para el adecuado funcionamiento de una autopista en secciones periféricas de área metropolitana se fundamenta en que la carretera cuente con la mínima cantidad de accesos. Para ello, se construyen carreteras marginales que canalicen el acceso a propiedades y desarrollos urbanos colindantes. Estas marginales se incorporan típicamente a la carretera mediante intersección a desnivel con rampas de entrada y de salida que cuenten con carriles de aceleración y desaceleración respectivamente. Bajo este concepto, deberá cerrarse por términos de funcionalidad y seguridad vial, todos aquellos accesos que comuniquen redundantemente las marginales a la autopista.

Para determinar cuáles accesos deberán ser cerrados y a cuáles se les deberá de considerar otro tipo de propuestas, se plantea un esquema del procedimiento de análisis con el fin de estructurar el proceso. El algoritmo se muestra a continuación:

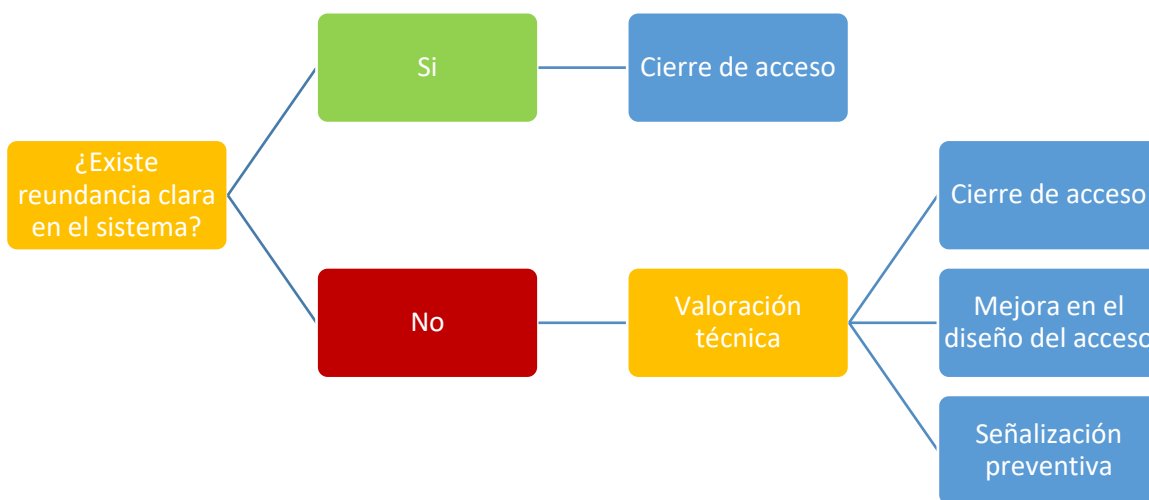


Figura 4. Algoritmo para solución de problemas en accesos autorizados

La redundancia en el sistema se refiere a las opciones que tiene el conductor para llegar a su destino sin tener que hacer uso del acceso en cuestión. En tanto estas alternativas no constituyan en promedio diferencias significativas en los recorridos, el acceso se vuelve innecesario y por ende se opta por un cierre justificado por las otras opciones disponibles en la red vial.

Cabe destacar, que la RN 39 cuenta con una gran cantidad de intersecciones que se encuentran relativamente cercanas. Por lo que, en la mayoría de los casos, la redundancia en el sistema, producto a la existencia de tantas intersecciones a desnivel y semáforos en la vía, casi siempre existirá.

Ante esto surge una primera solución, que consiste en el cierre de accesos prohibidos en tanto sea posible y exista una justificación técnica de respaldo. A continuación, se detallan algunos cierres necesarios.

3.1.1 Cierre de tres accesos en tramo intersección Hatillo 4 - Paso desnivel San Sebastián

En el tramo que comprende específicamente desde el paso a desnivel en la rotonda de Alajuelita hasta la rotonda del paso a desnivel en San Sebastián, hay señalados en total cuatro accesos a las marginales, de los cuales 3 son altamente riesgosos. La longitud de este trayecto es de 1.5 km, por lo que la distancia mayor posible de un acceso a las intersecciones a desnivel en las cuales pueden realizar cualquier movimiento posible debido al mecanismo de función de la rotonda, será de 750 m aproximadamente.

Dichos accesos no cuentan con longitudes de aceleración y desaceleración, e incluso son perpendiculares a la RN 39, lo que obliga a que el vehículo que ingrese a la autopista lo haga a una velocidad nula teniendo que realizar un giro como maniobra de entrada, y que aquel que decida salirse de carretera por uno de ellos, tendrá que detenerse completamente para realizar el movimiento. Esto claramente incide en problemas de seguridad vial, obligando a los otros conductores a frenar o invadir carriles por los cambios abruptos de velocidad que pueda hacer el conductor que va adelante.

A continuación, se puntualizan los tres accesos a cerrar, sus características y la justificación de la propuesta:

3.1.2 Cierre de intersección RN 39 – Calle 36 – Avenida 52A

La intersección se encuentra ubicada específicamente 200 m al oeste del eco-residencial Bambú. Desde otra referencia, se localiza a menos de 100 m del carril de aceleración que incorpora a los vehículos que vienen desde la rotonda Rancho de Guanacaste, hacia la RN 39 en sentido desde Alajuelita hacia San Sebastián. A continuación, se muestra una imagen de dicho acceso:



Figura 5. Intersección sin condiciones de seguridad

Es claro que el acceso carece de longitudes de aceleración y desaceleración. Además, es perpendicular a la vía, por lo que requiere maniobras a velocidad mínima para salir o entrar a la misma. En la imagen se evidencia también la maniobra que debe realizar el vehículo, lo que muchas veces se traduce en una obstrucción de carril, aumentando las probabilidades de accidente.

La justificación del cierre de este acceso se puntualiza de la siguiente manera:

- ✓ Eliminación de riesgo: Se elimina el entrecruzamiento entre los vehículos que se incorporan desde la rotonda y los que entran y salen de dicho acceso, eliminando un claro punto de conflicto.
- ✓ Disminución insignificante de tiempos: Realizando el recorrido 3 veces en distintos días se comprobó que, bajo las condiciones normales de flujo, el aumento de tiempo para llegar al eco-residencial Bambú con y sin acceso es menos de un minuto.
- ✓ Las condiciones de niveles y de espacio hacen que en ese punto no sea tangible realizar una salida de la RN 39 con las condiciones de seguridad requeridas, como si la hay 400 m antes.
- ✓ Mejora de nivel de servicio en RN 39: Al eliminar la intersección, se genera una disminución del volumen que ingresa a la vía en condiciones ineficientes de

funcionalidad y seguridad, que constituye una brecha de velocidad en la carretera, afectando su flujo y en consecuencia su nivel de servicio. Se debe considerar este argumento para lidiar con grupos detractores. Adicionalmente, se deberá analizar si dicha medida afecta considerablemente el funcionamiento de la rotonda. En caso de ser así, se debe valorar alguna solución para ayudar a mejorar el nivel de servicio de la misma.

- ✓ Hay redundancia en el sistema: El acceso se encuentra a 350 m de la rotonda Rancho de Guanacaste, y dicha rotonda tiene conexión con la marginal (avenida 52 A) que se comunica en ese punto con la RN 39. Tanto la avenida 52 A, como la avenida 54, tienen comunicación con la calle 36, que corresponde al acceso cerrado. Ambas avenidas tienen acceso desde la rotonda, directamente en el caso de la avenida 52 A e indirectamente a través de la ruta 110, 100 m hacia el sur de la rotonda Rancho de Guanacaste. En la figura 4 se detallan estos recorridos:



Figura 6. Rutas alternas para cierre del acceso avenida 52A - calle 36 – RN 39

El recorrido en rojo corresponde al que realizan los usuarios que aprovechan el acceso marcado con una equis roja. Las líneas verdes corresponden a las opciones con las que cuentan los usuarios para llegar a la misma zona, una vez el acceso deje de existir.

3.1.3 Cierre de acceso intersección RN 39 – Calle 24 – marginal Avenida 52A

El acceso se ubica 400 m al oeste de la rotonda a desnivel de San Sebastián, sobre el sentido oeste – este o desde Alajuelita hacia San Sebastián.

La intersección cuenta con una ubicación menos compleja que el anterior, debido a que su cercanía es un carril de desaceleración, lo cual disminuye un poco la brecha de velocidad. Sin embargo, no deja de ser crítico por ser perpendicular a la vía. Adicionalmente, al estar contiguo al puente peatonal, no cuenta con espacio del todo para hacer un carril de aceleración en dicho punto.

Así como en el caso anterior, el vehículo ingresa a la autopista a una velocidad nula realizando una maniobra riesgosa de incorporación. El vehículo que ingresa difícilmente puede percibir la distancia de frenado del vehículo que transita por el carril en el que se pretende incorporar.

Similarmente, se plantea una justificación en términos de los beneficios que se pueden enlistar de la siguiente manera:

- ✓ Eliminación de riesgo: Se elimina la incorporación y salida de vehículos que generan brechas drásticas de velocidad.
- ✓ Hay redundancia en el sistema: El acceso se encuentra a menos de 200 m de la salida de la RN 39 hacia la rotonda de San Sebastián en sentido desde Alajuelita. En esta rotonda se pueden realizar todos los movimientos. Adicionalmente, 100 m después de esta salida, ya sobre la marginal, se ubica la calle 18 que comunica a la zona residencial. Todos los puntos de la zona residencial tienen acceso a las calles 18 y 24, y ambas comunican con la marginal, que a su vez está comunicada en dos intersecciones a desnivel con la RN 39. Las figuras 7 y 8 ilustran las rutas descritas en este punto, señaladas con color verde las opciones alternativas, y en rojo los movimientos a eliminar.

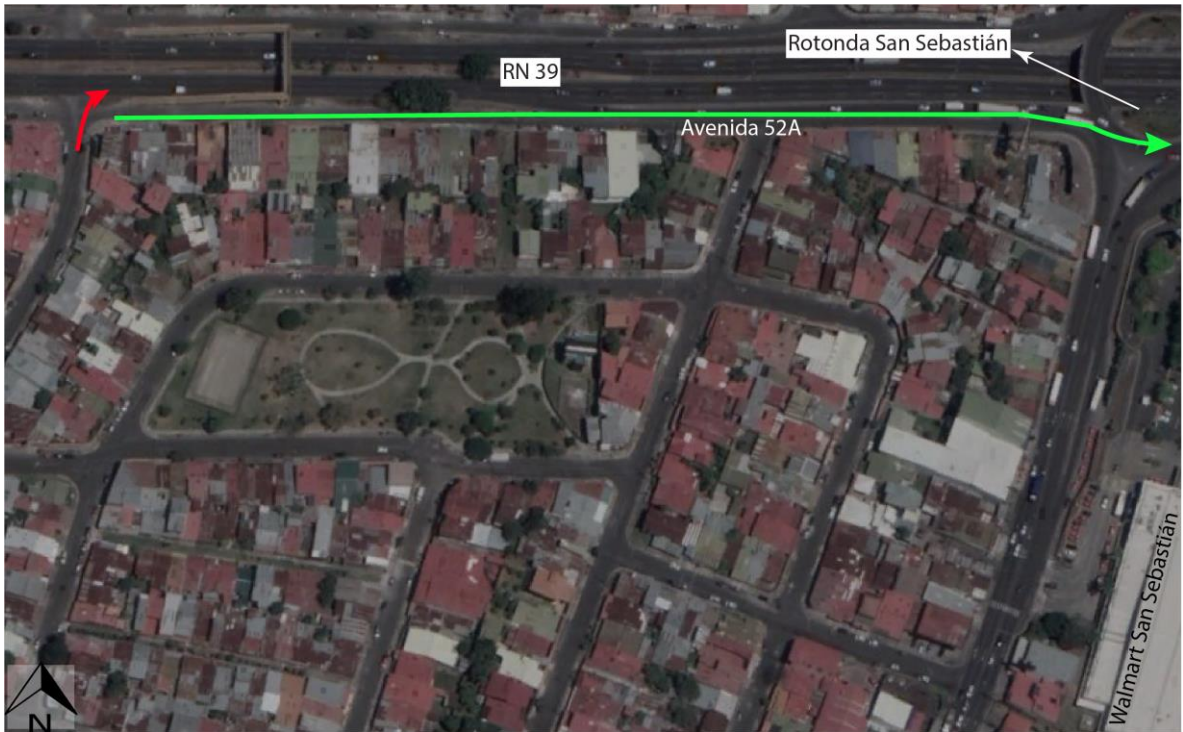


Figura 7. Ruta alternativa de ingreso a la RN 39



Figura 8. Ruta alterna de salida de la RN 39

- ✓ Disminución insignificante de tiempos: Por la cercanía de otro acceso que comunica con la zona residencial y de la rotonda de San Sebastián, quienes hacían uso de dicho acceso se verán mínimamente afectados en demoras.
- ✓ Las condiciones de espacio hacen que en ese punto se imposibilite hacer un carril de aceleración.
- ✓ Mejora de nivel de servicio en RN 39: Al eliminar la intersección, se genera una disminución del volumen que ingresa a la vía en condiciones ineficientes de funcionalidad y seguridad, que constituye una brecha de velocidad en la carretera, afectando su flujo y en consecuencia su nivel de servicio.

3.1.4 Cierre de acceso intersección RN 39 – calle 22 – marginal Avenida 52

Exactamente al frente del acceso señalado en el inciso 3.1.3 de este documento, se encuentra ubicado otro acceso que presenta las mismas características que atentan contra la seguridad vial de la RN 39, las cuales se evidencian en la figura 9.



Figura 9. Condiciones de la intersección actual

La diferencia es que, en este caso, el acceso se ubica a 150 m de la incorporación tipo CEDA de un carril de aceleración procedente de la rotonda a desnivel de San Sebastián. Esto implica que se generan brechas de velocidad considerables y constituyen una interrupción al flujo de entrada que aumenta la probabilidad de accidentes.

En otras palabras, quienes quieran incorporarse mediante este acceso, por estar ubicado tan cercano a un punto de incorporación de un carril de aceleración, se verán sujetos a un volumen opuesto que transita a altas velocidades. Asimismo, quienes aprovechen el mismo para salirse de la autopista, deberán frenar en un carril con altas velocidades de operación.

Así como en los casos anteriores, existen los mismos inconvenientes de diseño geométrico, ya que el acceso es perpendicular al sentido de la RN 39 y consecuentemente no cuenta con carriles de aceleración y desaceleración. Adicionalmente, la visibilidad es limitada debido a que se encuentra al pie de un puente peatonal. Todas estas condiciones en conjunto hacen necesaria una intervención, que en este caso se traduce en un cierre bajo la siguiente justificación:

- ✓ Eliminación de riesgo: Se elimina la incorporación y salida de vehículos que generan brechas drásticas de velocidad.
- ✓ El espacio disponible para realizar un carril de aceleración está ocupado por una parada de bus, lo cual imposibilita desarrollar dicha obra.
- ✓ Mejora de nivel de servicio en RN 39: Al eliminar la intersección, se genera una disminución del volumen que ingresa a la vía en condiciones ineficientes de funcionalidad y seguridad, que constituye una brecha de velocidad en la carretera, afectando su flujo y en consecuencia su nivel de servicio. Hay redundancia en el sistema: El acceso se encuentra a menos de 200 m de la salida de la RN 39 hacia la rotonda de San Sebastián en sentido desde Alajuelita. En esta rotonda se pueden realizar todos los movimientos. Desde esta rotonda existe una incorporación a la marginal avenida 52, por lo que se conecta directamente con el acceso a cerrar. Además, la zona residencial a la que da el acceso se comunica en todos sus puntos a la transversal 12, que se une con la ruta 214 (sector calle 12) a 100 m de la rotonda a desnivel de San Sebastián.



Figura 10. Rutas alternas para cierre acceso calle 22 - avenida 52

Como recomendación específica para las obras 3.1.2, 3.1.3 y 3.1.4, es necesario mejorar las condiciones de la marginal, garantizando una adecuada superficie de rodamiento, anchos adecuados de carril, demarcación y señalización clara.

3.1.5 Cierre de acceso intersección diagonal 30 – RN 39

Este punto corresponde a una intersección ubicada 250 m al suroeste de la rotonda de las Garantías Sociales en Zapote, en dirección desde Zapote hacia I griega, en las cercanías de Repuestos Gigante. Similar a los casos anteriores, carece de los requerimientos de diseño que debe satisfacer para el funcionamiento seguro de la vía, como se evidencia en la maniobra que realiza el bus en la figura 11.



Figura 11. Intersección diagonal 30 - RN 39

Con base en la imagen anterior, es claro por la maniobra del bus que esta intersección no cuenta con carriles de aceleración. Adicionalmente, su ubicación es compleja debido que se encuentra cercana a la salida de la rotonda, en donde los vehículos están acelerando para seguir su trayecto por la ruta a la velocidad de operación. Esto dificulta la percepción de la distancia de parada y se manifiesta en una susceptibilidad de ocurrencia de accidentes por la brecha de velocidad.

Ante estas características del acceso, se propone de manera definitiva cerrarlo, bajo el siguiente fundamento técnico:

- ✓ Eliminación de riesgo: Se elimina la incorporación y salida de vehículos que generan brechas drásticas de velocidad entre los vehículos que vienen acelerando desde la rotonda.
- ✓ Complemento a otras medidas: A 50 m del acceso se ubica una parada de bus de la periférica, lo cual complica que este pueda desarrollar longitudes de aceleración en caso de una mejora.
- ✓ Mejora de nivel de servicio de la vía: Se elimina una interrupción del flujo proveniente de la rotonda, evitando brechas de velocidad producto a la velocidad baja de ingreso en contraste con la aceleración de los vehículos que transitan con vía.
- ✓ Hay redundancia clara en el sistema: A sólo 250 m al suroeste de este punto de análisis, se encuentra un acceso que no genera una intersección en la vía, con una longitud de entrecruzamiento de 400 m. Dicha incorporación se encuentra conectada a la intersección a cerrar a través de la red interna de las afueras de Barrio Córdoba, con un recorrido de 400 m por la calle 31 A y la avenida 34. Lo anterior se ilustra en la figura 12, donde la ruta verde señala el máximo cambio de ruta posible para quien haga uso de esta intersección normalmente.



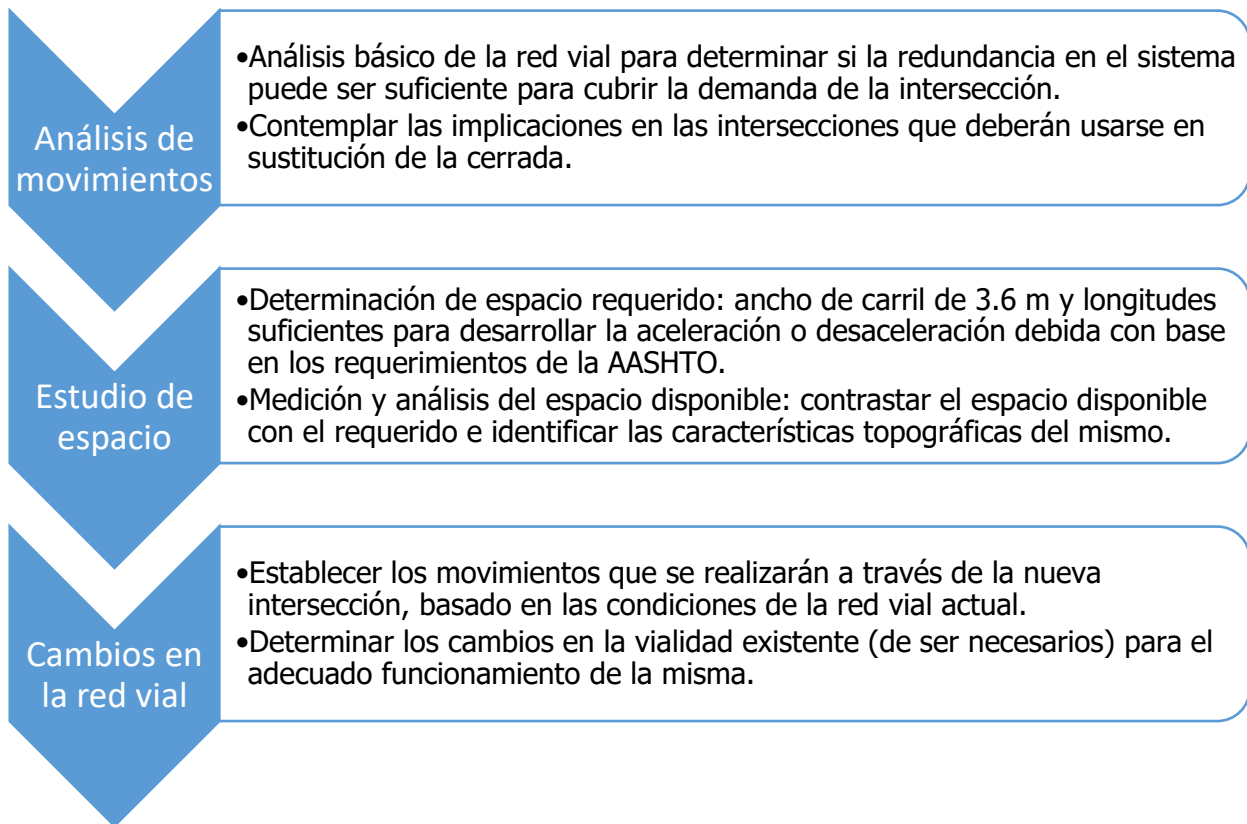
Figura 12. Ruta alterna a intersección diagonal 30 - RN 39

Si bien, al momento de la realización del presente documento se está construyendo un intercambio que podría incluir obras en este acceso, es importante eliminar el problema en el transcurso de las obras con base en la justificación establecida.

3.2 Modificaciones a accesos indebidos en la ruta

Cuando no existe una redundancia clara en el sistema, y se cuenta con espacio disponible para realizar obras que proporcionen la seguridad vial requerida al acceso en cuestión, se valora la posibilidad de realizar una modificación a dicho acceso.

Las modificaciones consisten fundamentalmente en la construcción de carriles de desaceleración o aceleración según sea el caso. Esto implica sustituir el acceso existente, ampliando la vía en ese punto para canalizar el flujo adecuadamente. A continuación, se muestra el algoritmo para el establecimiento de soluciones relacionadas a este subcapítulo.



3.2.1 *Modificación acceso Rapilubs y Outlet Cars Hatillo 8*

Otro de los problemas diagnosticados en la Auditoría de Seguridad Vial de la RN 39 corresponde a la existencia de un acceso privado directo al flujo principal, ubicado 500 m antes del semáforo de Hatillo 8 en el sentido desde Uruca hacia el sector de Hatillo. La siguiente imagen ilustra la ubicación del sitio de análisis con referencias.



Figura 13. Ubicación de negocio y su correspondiente acceso peligroso

Si bien en la mayor parte del tiempo en que dicho acceso es utilizado el nivel de servicio deficiente de la vía impide el desarrollo de velocidades continuamente elevadas, sigue constituyendo un problema de seguridad vial a resolver dado que no puede establecerse que en la totalidad del tiempo esas condiciones existirán.

Mediante una visita de campo se constató que existe espacio suficiente para construir carriles de aceleración y desaceleración que se encarguen de distribuir los movimientos de manera segura. La propuesta reside entonces en la ampliación de 165 m para la construcción de un carril de desaceleración y de aceleración, ambos de 75 m de longitud por disponibilidad de espacio, tal y como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Esquema de propuesta para acceso

Habiendo establecido como se ajustaría al espacio disponible dicha obra, se muestra a continuación las dimensiones específicas de los carriles de aceleración y desaceleración propuestos. Las dimensiones en la imagen se muestran en metros.

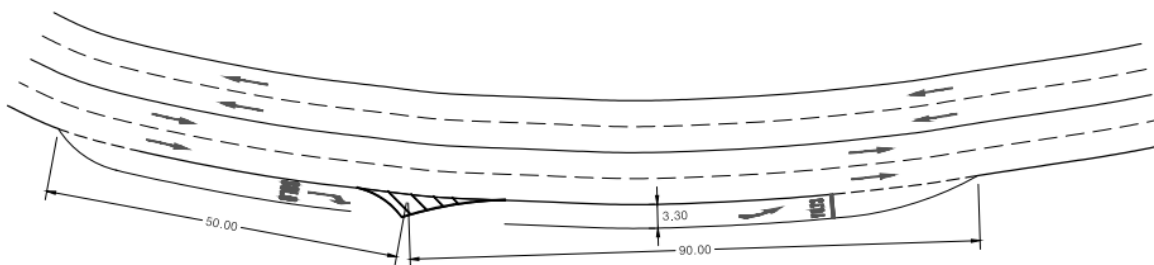


Figura 15. Dimensionamiento de carriles de aceleración y desaceleración propuestos

3.2.2 Propuesta de traslado intersección RN 39 – calle 24 – avenida 52 A

Esta medida surge como una adecuación a dicha intersección para que cumpla los requisitos de seguridad vial que debe tener. En el inciso 3.1.3 se propuso en definitiva cerrarlo bajo una serie de fundamentos técnicos de funcionalidad y seguridad vial. Sin embargo, el cierre de dicha intersección puede afectar el funcionamiento de la rotonda a desnivel de San Sebastián, y dado que el análisis específico de las implicaciones en el nivel de servicio de intersecciones producto de las propuestas no constituye un tema que abarque el alcance de este proyecto, no se comprueba objetivamente que las consecuencias en funcionalidad no se puedan dar.

Es por ello, que suponiendo el caso en que los usuarios se vean perjudicados por esta medida, se sugiere una medida alterna aprovechando que existe espacio disponible y a nivel para realizarla. Esto implica que entra dentro de las propuestas tangibles técnicamente y que puede considerarse en caso de que haya evidencia clara o fundamentada técnicamente de la necesidad de rehabilitar dicha intersección.

La propuesta consiste en una transformación del acceso, convirtiéndolo únicamente en una salida de la RN 39. Para ello, se sugiere construir un carril de desaceleración, de tal modo que los vehículos lo aprovechen para reducir su velocidad allí y no en la carretera como lo hacen en la actualidad, y tengan una incorporación de ser posible en diagonal a la marginal, sin un CEDA que realizar, para garantizar el flujo continuo en dicho carril. La figura 16 muestra el esquema de diseño con el dimensionamiento y la localización exacta de la obra.

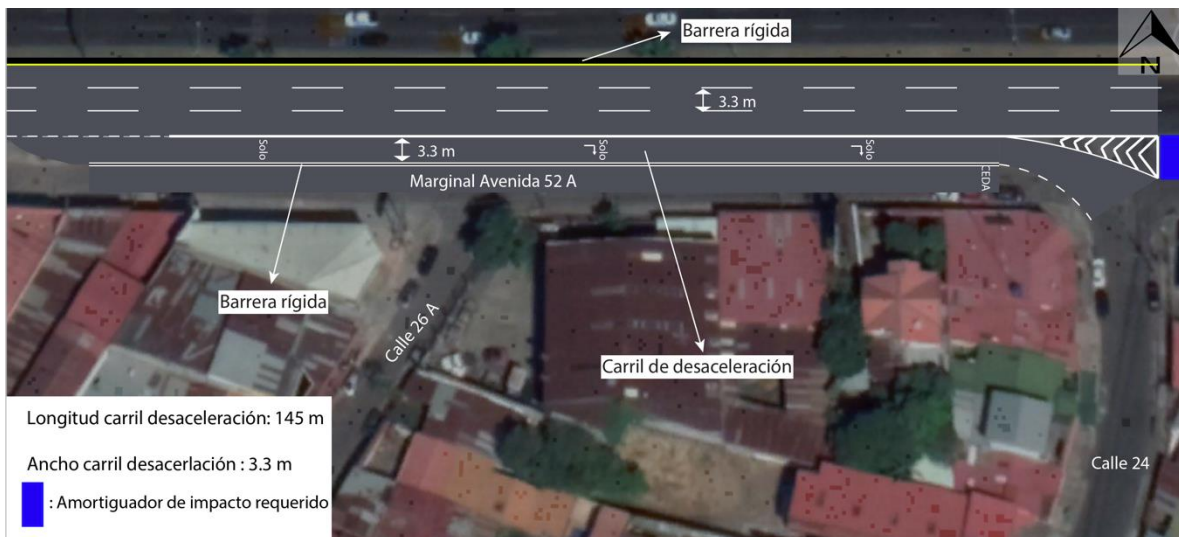


Figura 16. Esquema y dimensionamiento de propuesta de carril de desaceleración

Habiendo realizado el análisis básico de los movimientos a partir de la inexistencia de dicha intersección, se procede con el siguiente paso de análisis, que corresponde a la determinación del espacio requerido y contrastarlo con el espacio disponible. Con base en lo estipulado por la SIECA, para una velocidad de diseño de la vía principal de 80 km/h y de 20 km/h para el carril de salida paralelo a la vía, se requiere una longitud mínima entre 125 y 130 m, además de los 3.6 m de ancho de carril requerido, que en caso de que el espacio sea limitado, puede ser menor.

El espacio disponible es superior a los 150 m de longitud y el ancho que divide la calzada de la RN 39 de la marginal avenida 52 A es de aproximadamente 3.5 m, lo suficiente para contar con un carril de 3.2 m y un sistema de contención rígido de ser necesario. Con esto se establece que las condiciones del espacio son idóneas.

Por último, la implicación en la red vial sería que para este punto, el flujo de la marginal le ceda el paso a los vehículos provenientes de la RN 39 a través del nuevo carril de incorporación. Se deberá proveer de sistema de contención como barreras separadoras y un amortiguador de impacto si la entrada se genera de manera diagonal.

En resumen, en términos de vialidad, el tramo de la marginal entre la calle 30 c y la calle 24 deberá contar con un solo sentido paralelo a la RN 39. Como recomendación específica, se propone realizar un análisis funcional para identificar si la marginal puede prolongarse en un solo sentido hasta la incorporación a la rotonda de San Sebastián o si resulta mejor conserva únicamente el subtramo mencionado de esa manera. Además, se requiere señalización y diseño adecuado para evitar que se aproveche dicha intersección como incorporación a la RN 39.

3.3 Cambios en la medianera

La medianera, o también llamada mediana en el manual de la SIECA, cumple diferentes funciones en una carretera. En el caso de carreteras de alta velocidad de operación, se vuelven funcionales al proveer un área de recuperación para vehículos que han perdido el control y minimizar el encandilamiento provocado por las luces de los vehículos que viajan en dirección opuesta (SIECA, 2011).

En la RN 39, la mayor parte de los subtramos que la componen cuentan con una medianera. Sin embargo, esta no se aprovecha para ninguna función de área de recuperación, su provecho radica en el “embellecimiento” de la carretera, en la mejora de la calidad ambiental del entorno y como división en caso de invasión de un sentido de circulación a otro. Es por esto que alberga en varios tramos distintos tipos de árboles, que constituyen un peligro inminente ante una salida del vehículo.

Los detalles específicos de las protecciones y elementos a instalar para mitigar el impacto que pueda tener un vehículo ante uno de los árboles de la vía se detallarán en el capítulo 7. Por el momento, se tratarán las propuestas para aprovechar al máximo el espacio que ofrece la mediana y mejorar las condiciones de la vía.

Aunado a lo anterior, unos de los principales problemas de seguridad con los que cuenta la RN 39 son:

- Ausencia total de espaldones externos e internos.

- Anchos de carril insuficientes.
- Discontinuidad en la cantidad de carriles existente.

El origen de estos problemas se remonta al hecho de una ampliación poco planificada de la vía. Por términos de funcionalidad, se decidió aprovechar el ancho de calzada dividiéndolo entre la máxima cantidad de carriles posibles, sin contemplar en ningún momento espacios para espaldones.

Si bien es difícil resolver el problema de la inexistencia de espaldones producto de la inexistencia de espacio para generar dicha ampliación, es posible establecer soluciones simples que aumenten un poco el ancho de la calzada para resolver los problemas de anchos insuficientes de carril.

3.4 Ampliaciones específicas

Con base en las condiciones establecidas en el alcance del documento, las ampliaciones que se propongan de la RN 39 deberán cumplir con los siguientes puntos:

- No pueden requerir expropiación, puesto a que las obras propuestas se pretenden ejecutar a corto plazo.
- No deben formar parte de algún proyecto existente: las obras propuestas deberán ir acorde con el planeamiento en el desarrollo de la ruta, por lo que no se pueden proponer ampliaciones en tramos que serán intervenidos.
- Deben sustentarse técnicamente.

Ante este escenario, y considerando que las márgenes de la vía en estudio están ocupadas prácticamente en su totalidad (hay escaso derecho de vía), la única manera de generar ampliaciones en la mayoría de casos es aprovechando el derecho de vía de la mediana. La reducción de la mediana conlleva el diseño de elementos de contención tal y como se establece en la sección 3.3. Es por ello que en el capítulo 6, sección 6.1, a raíz de estas propuestas se determinarán las ampliaciones del ancho de calzada y los tramos intervenidos.

Teniendo todas las propuestas asociadas a las modificaciones geométricas, se procede a continuar con el orden de los objetivos, desarrollando las propuestas asociadas a los problemas de seguridad vial en las paradas de autobús sobre la ruta.

4. Diseño y ubicación de nuevas bahías de autobuses

Como es de esperar, dada la trascendencia de esta vía y la cantidad de aglomeraciones urbanas que atraviesa, existen diferentes paradas de autobuses a lo largo de la ruta. Sin embargo, durante muchos años el país solo ha tenido una empresa de autobuses que se encarga de utilizar la carretera, dicha empresa es La Periférica.

Aguilar (2014) en su estudio "Plan de Movilidad Integral para la Carretera de Circunvalación" establece que el 45% de las paradas que realiza La Periférica en la vía no cuenta con facilidades básicas. Lo anterior indica la necesidad de intervenir en esta infraestructura.

Anteriormente se había mencionado que muchos de los inconvenientes que presenta la carretera se atribuyen a su falta de espacio, en virtud del crecimiento de las aglomeraciones urbanas en sus alrededores que la fueron confinando. Esto repercute directamente en las paradas de autobús que tenga la carretera. Para su diseño, no se concibió este tema en su totalidad, y en la actualidad existe una gran cantidad de paradas de bus que ni siquiera cuentan con un espaldón para que el autobús proceda a hacer el abordaje de pasajeros.

Las dificultades en el tema del abordaje inseguro de pasajeros a lo largo de la carretera fueron señaladas en la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39. Sin embargo, se procedió a realizar una visita de campo para constatar si se señalaba la totalidad de problema de este tipo, además de verificar las condiciones de espacio y topografía para valorar las opciones posibles.

Previo a la visita, se identifica que la empresa Periférica funciona a través de 4 rutas distintas de autobús (Línea 1, Línea 2, Línea 3 y Línea 4), de las cuales, la única que atraviesa en todo su trayecto la circunvalación es la Línea 3.

Es por esto que es suficiente hacer el recorrido en este autobús ida y vuelta desde sus terminales para identificar la totalidad de paradas (tanto legales como ilegales) que se realizan en la vía. La ruta funciona cíclicamente con dos terminales, una ubicada en Hatillo 2 y otra en el pretil de la Universidad de Costa Rica.

En la visita se comprobó que existían más paradas problemáticas de las que se señalaba en el estudio, y que una de las que señalaba la auditoría ya contaba con una bahía de autobús. Adicionalmente, se evidencia que la carencia de espacio en la ruta para la parada segura del autobús es un problema de seguridad vial para todos. Los usuarios esperan el autobús a la orilla de una carretera que tiene velocidades de operación entre 60 y 80 km/h, sin un espaldón divisorio ni elemento que los proteja. Por otro lado, queda totalmente obstruido un carril de alta velocidad, lo que ocasiona que algunos usuarios forzosamente realicen maniobras indebidas y aumentando así la probabilidad de que ocurra un accidente.

Entendiendo la dificultad que constituye el establecimiento de soluciones para este problema en una vía que ofrece poco espacio disponible, no pueden atenderse todos los problemas proponiendo simplemente la construcción de una bahía porque en muchas ocasiones no resultará posible. Se requiere considerar opciones de traslado de paradas, las cuales se deberán argumentar con una viabilidad funcional a partir del criterio profesional. Con este argumento se pretende no sólo justificar la decisión sino también aclararle a la empresa autobusera que se está contemplando no perjudicar el funcionamiento de la ruta.

Habiendo aclarado lo anterior, se requiere formular una metodología objetiva para el establecimiento de soluciones. El procedimiento se deduce a las condiciones disponibles de espacio y culmina en tres opciones distintas. A continuación, se detalla el esquema del procedimiento establecido para definir la solución objetivamente:

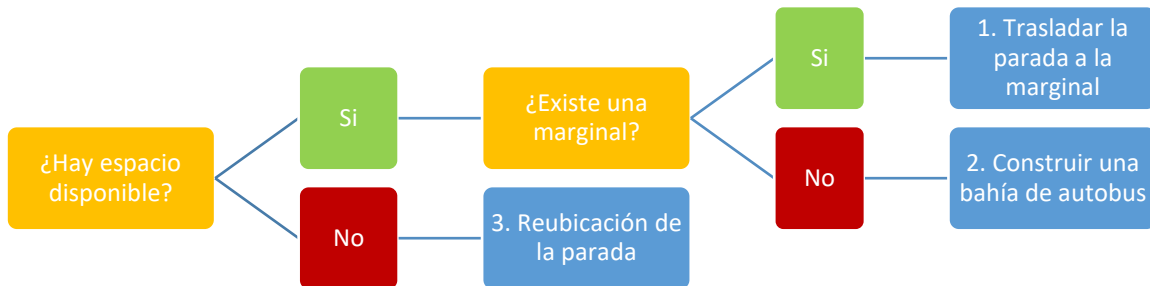


Figura 17. Algoritmo de soluciones para paradas de autobús oficiales

Las opciones están numeradas en orden de idoneidad de aplicación. En este caso, contar con la posibilidad de que el autobús realice su parada en una carretera marginal con menores velocidades de operación y mejores condiciones de seguridad en las aceras para los peatones será la primera opción. Esto implicaría además una inversión mínima debido a que no requiere obras significativas.

Por otro lado, muchas autopistas cuentan con bahías de autobuses que, si se diseñan cumpliendo estándares de seguridad vial, no representan ningún peligro, pero esto requiere espacio. Por último, es claro que se debe hacer lo posible para resolver el problema y que muchas veces no hay opciones, por esto ante este escenario se justificaría una reubicación de la parada a una zona menos complicada en términos de velocidad de operación de los vehículos y de condiciones para los peatones, lo cual mitigaría las repercusiones de un eventual accidente.

4.1 Traslado de paradas de autobús a marginal

La RN 39 se encuentra convenientemente confinada por marginales con acceso a la misma en un tramo específico que abarca entre la intersección a desnivel de Paso Ancho y el semáforo de Hatillo 6. Sin embargo, de este tramo, la ruta de autobús Periférica atraviesa únicamente el subtramo comprendido por el mismo paso a desnivel de Paso Ancho y el semáforo de Hatillo 4.

Se identificaron cuatro paradas de autobús que se encontraban contiguo a una marginal, específicamente en el tramo mencionado en el párrafo anterior. En la siguiente imagen se muestra la ubicación de las mismas:

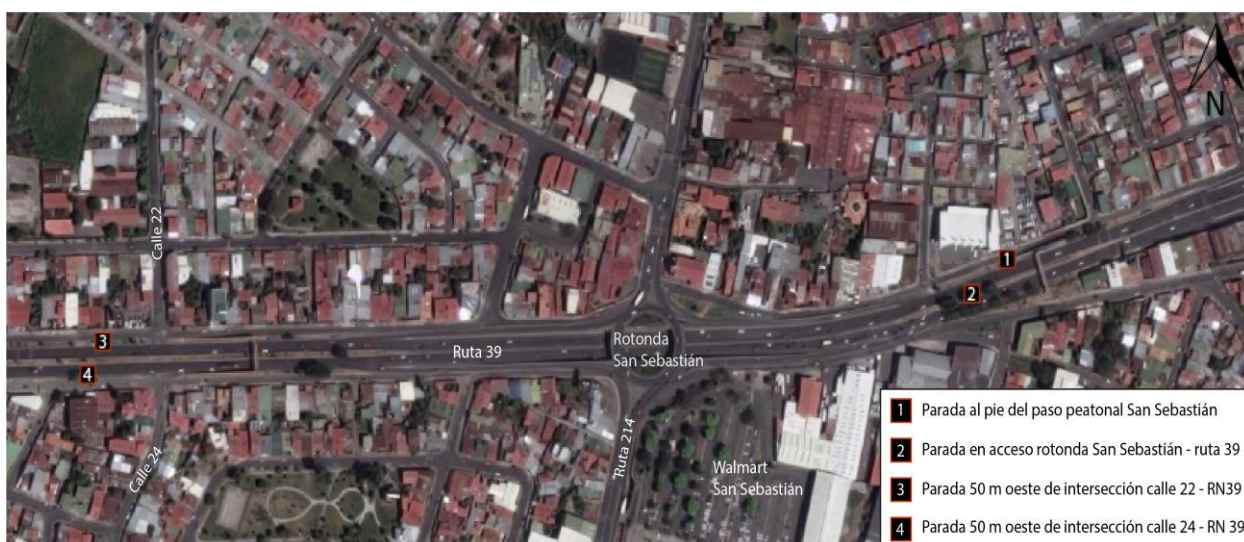


Figura 18. Ubicación de paradas de bus que cuentan con marginal atrás

De las cuatro paradas anteriores, únicamente dos pueden ser trasladadas a la marginal. Se descarta la parada 3 debido a que, en este punto, la marginal no tiene incorporación con la RN 39, por lo que se valora una de las otras posibles soluciones. La parada 2 cuenta con una marginal atrás, sin embargo, las condiciones topográficas y de incorporación de la marginal a la RN 39 impiden que la solución sea factible. Adicionalmente, esta parada ni siquiera cuenta con espacio para que los usuarios esperen el autobús y se encuentra en un punto de entrecruzamiento importante con falencias de diseño, por lo que imperativamente se debe resolver.

4.1.1 Traslado parada acceso calle 24 a marginal Avenida 52 A

La parada 4, en la figura 18 se ubica en la cercanía del puente peatonal ubicado 400 m oeste de la rotonda a desnivel de San Sebastián, en el flujo con sentido desde el sector de Hatillo hacia Zapote. Al igual que el caso anterior, el vehículo al no contar con una bahía de autobús ni un espaldón mínimo sobre el cual puede parquearse, debe realizar el abordaje de pasajeros en uno de los carriles de la vía.

Se plantea de esta manera trasladar la parada del autobús a la marginal que pasa exactamente atrás del punto de parada, como se especifica en la figura 19.



Figura 19. Traslado de parada hacia marginal avenida 52 A

Esta primera medida se justifica bajo los siguientes criterios técnicos:

- ✓ Parada de autobús en zona de baja velocidad de operación.
- ✓ Espacio disponible para que el autobús se detenga adecuadamente.
- ✓ Mayor seguridad de los usuarios.

- ✓ Mejora en el nivel de servicio de la RN 39.
- ✓ Se evitan maniobras indebidas que surgían a partir de una parada repentina del autobús.
- ✓ No involucra un cambio significativo en la ruta del autobús: esto debido a que ya el autobús transita por dicha marginal, pero se incorpora a la RN 39, 700 m antes. En este caso, el autobús puede mantenerse por la marginal, realizar la nueva parada e incorporarse a la RN 39 mediante el movimiento en la rotonda de San Sebastián que se ubica a 400 m del punto y a la cual se tiene acceso directo desde la marginal.
- ✓ No requiere obras adicionales debido al espacio disponible y baja velocidad de operación.

4.2 Construcción de nuevas bahías de autobús

Corresponde a la segunda opción a ejecutar, y se aplicará a todas aquellas paradas de bus que si cuentan con espacio pero que la marginal que se encuentra atrás no es una opción viable para sustituir la ruta actual del bus o del todo carecen de una marginal en ese punto.

4.2.1 Bahía de autobús en parada intersección Avenida 52 A – calle 22 – RN 39

De las paradas descritas en la imagen anterior, la parada 3 cuenta con espacio suficiente para la construcción de una bahía de autobús. Esta obra va de la mano con una de las soluciones del capítulo anterior, ya que la parada se ubica 50 m al oeste de un acceso que se propuso cerrar. La ubicación de este acceso es a 400 m oeste de la rotonda a desnivel de San Sebastián, al pie del puente peatonal.

En este punto, se cuenta con una zona divisoria entre la RN 39 y la marginal de 5.2 m de ancho que se prolonga a nivel más de 100 m. En este caso se puede construir una bahía de autobús con las condiciones adecuadas de diseño.

El manual de la SIECA establece como mínimo un ancho del carril de bahía de 3.0 m y una longitud total de 39 m. Con el acceso cerrado, se pueden lograr dichas condiciones, con lo

que se propone la construcción de una bahía de autobús en este punto. Una vista en planta de la propuesta se muestra a continuación. El dimensionamiento se realizó a una escala aproximada mediante mediciones de distancias en el software *Google Earth* y corroboradas en el sitio.



Figura 20. Esquema y dimensionamiento de bahía de bus propuesta

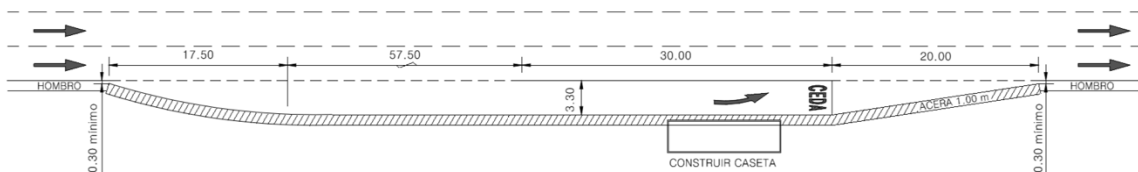


Figura 21. Dimensionamiento bahía nueva

La figura 20 muestra el esquema de la bahía de autobús a escala en el espacio que se pretende utilizar, mientras que la figura 21 esboza el dimensionamiento específico. Dado que esta medida consiste en el aprovechamiento máximo de la longitud disponible, las transiciones son menos abruptas, y utilizando una distribución similar a la establecida en el manual SIECA, se utilizan 50 m como longitud de desaceleración, 30 m como longitud de parada y 45 m como longitud de aceleración.

Los beneficios de la construcción de esta bahía se muestran a continuación

- ✓ Eliminación de problema de seguridad vial a nivel vehicular: existe una reducción en la susceptibilidad de accidentes producto de que el autobús ya no obstaculizará el carril para hacer el abordaje de pasajeros.
- ✓ Eliminación de problema de seguridad vial peatonal: los usuarios ya no tendrán que esperar al autobús a escasos centímetros de un carril de alta velocidad, ahora se ubicarán a 5 m del mismo, en un espacio seguro.
- ✓ La parada de autobús satisfaría las condiciones de seguridad vial estipuladas en el manual de la SIECA, por lo que tendrá tanto un buen funcionamiento, como respaldo técnico ante criterios legales.
- ✓ Mejoramiento en el nivel de servicio de la RN 39: debido a que el bus ya no obstaculizará el carril mientras hace el abordaje, permitirá el flujo continuo de la vía, particularmente en un punto que se ubica a 150 m de la incorporación de un carril de aceleración proveniente de la intersección a desnivel de San Sebastián.
- ✓ No habrá cambio de ruta: dado que la bahía se ubica a escasos metros de donde se encuentra la parada, no se requerirá negociación con la empresa de transporte público para que cambie su ruta en dicho tramo.
- ✓ No hay cambio en la ubicación: debido a que no hay un traslado de la parada, no será necesario informar al usuario acerca de la relocalización de la misma.
- ✓ Coherencia con las propuestas establecidas en este proyecto: la construcción de esta bahía va de la mano de la propuesta 3.1.4, en la que se elimina la intersección señalada en la figura 20.
- ✓ Proporciona un segmento de carril que puede utilizarse para problemas de averías mecánicas ante la ausencia de espaldón y altas velocidades en el tramo en el que se ubica la bahía.

4.2.2 *Bahía de autobús en parada frente a Outlet Totto San Sebastián*

Esta parada se encuentra ubicada específicamente al pie del paso peatonal entre las intersecciones a desnivel de San Sebastián y Paso Ancho, en el sentido Este a Oeste, y está señalizada como la parada 1 en la figura 18.

Durante la visita se constató que el bus, como se menciona al inicio del capítulo, no cuenta con espaldón ni espacio para orillarse y no existe un elemento de seguridad que resguarde a los usuarios que esperan por el servicio ante una eventual salida del vehículo que transita. Los riesgos de la ubicación de esta parada se muestran a continuación.



Figura 22. Vista peatonal de parada frente a Outlet Totto San Sebastián

La parada cuenta con una ubicación crítica, ya que se encuentra aproximadamente a 150 m del carril de aceleración que incorpora los movimientos de la intersección a desnivel de Paso Ancho, hacia la RN 39 en sentido hacia Hatillos. Además, 80 m hacia el Oeste se encuentra una rampa de salida, por lo que el tramo en el que se detiene el bus se convierte un carril de entrecruzamiento, y sumándole el hecho de que el bus al hacer su parada obstaculiza completamente el carril, se multiplican las posibilidades de accidentes producto de las maniobras peligrosas que se ven forzados a hacer el resto de los usuarios. La siguiente imagen ejemplifica lo descrito en este párrafo.



Figura 23. Parada de bus San Sebastián desde puente peatonal

Siguiendo el algoritmo para el establecimiento de las soluciones relacionadas a las paradas de bus, para este sitio sí existe una marginal aladaña con condiciones ideales para construir una parada. Adicionalmente, el autobús que realiza la parada es la línea "L3" de la periférica, la cual pasa por la rotonda elevada de Paso Ancho y esta tiene un acceso a dicha marginal.

El inconveniente surge debido a que esta marginal no tiene acceso a la rotonda elevada de San Sebastián y, consecuentemente, no tiene una incorporación a la RN 39. Es por esto que se opta por verificar las condiciones en el sitio para optar por la segunda alternativa, la construcción de la nueva bahía.

El sitio en donde se ubica la caseta de parada se encuentra al mismo nivel de la vía y tiene un ancho disponible de 5 m que divide la RN 39 de la marginal avenida 50. Se identifica que por cuestiones de espacio y topografía es técnicamente posible realizar una bahía de autobús acorde a los requerimientos establecidos por el manual de la SIECA para una parada que alberga únicamente un autobús.

La siguiente imagen muestra un esquema ilustrativo de la propuesta con una aproximación de escala. En esta se muestra el dimensionamiento propuesto y como se vería en planta el nuevo espacio trabajado, a su vez se señalan algunos elementos importantes que se analizan a continuación.



Figura 24. Esquema de nueva bahía parada frente a Outlet Totto San Sebastián

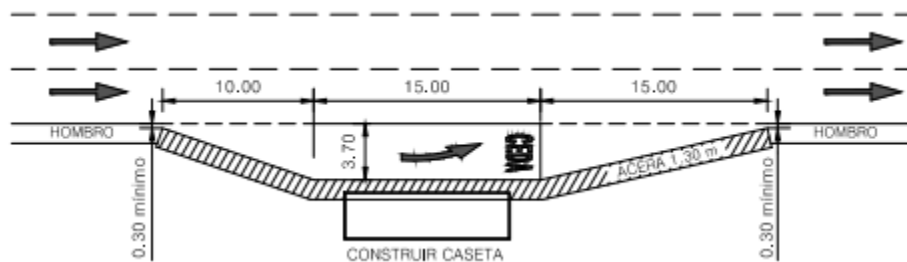


Figura 25. Dimensionamiento bahía frente a Outlet Totto San Sebastián

La obra mantiene una ubicación idónea debido a la cercanía del puente peatonal y focos generadores de viaje. Por otro lado, en el área en el cual se pretende ubicar la bahía se encuentra una base de señal *overhead* en buen estado, la cual habría que remover y relocalizar.

Las dimensiones estipuladas en la imagen corresponden al espacio requerido mínimo establecido en el manual de la SIECA para carreteras que no son de alta velocidad. Adicionalmente, están ajustadas al espacio disponible; es decir, se cuenta con un derecho de vía de más de 5 m de ancho, con lo cual se garantiza el espacio suficiente para la bahía. Estas a la vez se fundamentan en los requerimientos mínimos estipulados en el manual de la SIECA para una bahía que albergue un solo autobús, idealmente la bahía podría tener mayor longitud. Las dimensiones se encuentran escaladas con base a mediciones de distancias en el software *Google Earth* y verificadas en campo. La ubicación de la bahía está dada en función de las características del espacio en términos de la diferencia de nivel y de la ausencia de obstáculos. La propuesta anterior se justifica mediante los siguientes puntos:

- ✓ Eliminación de problema de seguridad vial a nivel vehicular: el autobús no obstaculizará más el carril de circulación, por lo que los conductores no se verán forzados a hacer maniobras riesgosas por evitar el accidente.
- ✓ Parada de autobús con cumplimiento de los requerimientos de seguridad vial estipulados en el manual de la SIECA.
- ✓ Abordaje seguro de pasajeros: las personas ya no esperarán el bus a centímetros del carril de circulación.
- ✓ Mejoramiento en el nivel de servicio de la RN 39: debido a que el bus ya no obstaculizará el carril mientras hace el abordaje, permitirá el flujo continuo de la vía.
- ✓ No conlleva cambio de ruta: dado que la bahía se ubica en el mismo punto en donde se encuentra la parada, no se requerirá negociación con la empresa de transporte público para que cambie su ruta en dicho tramo.
- ✓ Coherencia en la ubicación: debido a que no hay un traslado de la parada, no será necesario informar al usuario acerca de la relocalización de la misma.
- ✓ Mejoramiento a nivel paisajístico: el sitio que se pretende aprovechar para la construcción de la bahía en este momento presenta condiciones deplorables, utilizado para tirar basura y con vegetación sin mantenimiento. Esto mejoraría escénicamente con las obras propuestas.

- ✓ Eliminación indirecta de un problema de seguridad vial: el espacio de derecho de vía destinado para la construcción de la bahía se utiliza en la actualidad como parqueo de vehículos, lo cual está señalado en la auditoría de seguridad vial como un problema debido a que constituye la presencia de obstáculos.

4.2.3 *Propuesta de bahía puente peatonal San Sebastián*

En la figura 18 se localiza la parada 2, que corresponde a la parada en cuestión. Esta se ubica cercana a la intersección tipo CEDA entre el acceso proveniente de la rotonda de San Sebastián y la RN 39 en el sentido hacia Paso Ancho. Dicha parada no se encuentra señalada en la "Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39", sin embargo, mediante recorridos de la ruta periférica L3 se constató que es una parada frecuente.

De las paradas señaladas, es una de las que representa mayor riesgo de accidentabilidad. Esto se debe a que en este punto no existe ni siquiera espacio para que los peatones esperen el autobús, por lo que deben situarse a la orilla de la ruta o en una pequeña loma, quedando expuesto a cualquier percance. Adicionalmente, la parada se encuentra en un sitio de intersección de un carril de aceleración que tiene poca visibilidad y anchos de carril insuficientes.

Ante esta situación, se detectó un espacio disponible para la construcción de una pequeña bahía de autobús. Al no contar con una marginal detrás a la que se pueda trasladar la parada, se requiere optar por la construcción de la misma. El espacio disponible es justo para la construcción de una parada con los requerimientos estipulados en el manual de la SIECA, aunque esta seguiría contando con una ubicación compleja. Sin embargo, la condición con una bahía de cortas dimensiones es mucho mejor que permitir que el autobús se detenga obstaculizando un carril. Además, existe un margen de 2.5 m de ancho aprovechable para prolongar la longitud de aceleración de la parada lo más que se pueda.

A continuación, se muestra un esquema ilustrativo, con una proximidad a escala de la propuesta de la bahía similar a los esbozados anteriormente. Para este caso, se añade la condición de la carretera propuesta en el inciso 6.1.1, para la cual aumentaría sustancialmente el ancho de la calzada y se debería de realizar antes de la construcción de la parada, con las previsiones de la presente medida o bien en construcción simultánea.

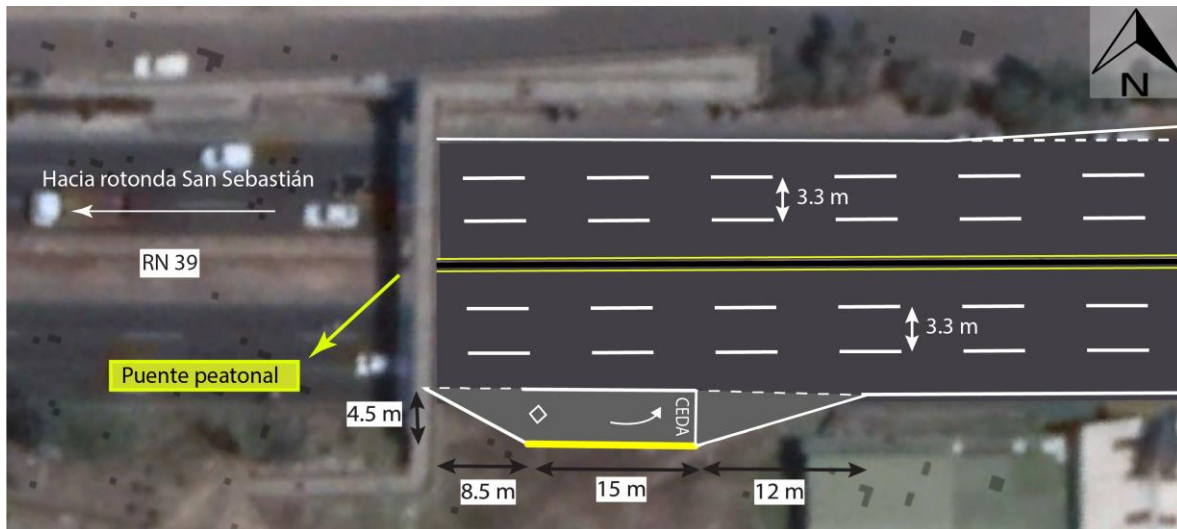


Figura 26. Esquema y dimensionamiento de nueva bahía parada puente peatonal San Sebastián

Los detalles de las dimensiones posibles de las aceras en conjunto con las dimensiones generales de la bahía se detallan a continuación.

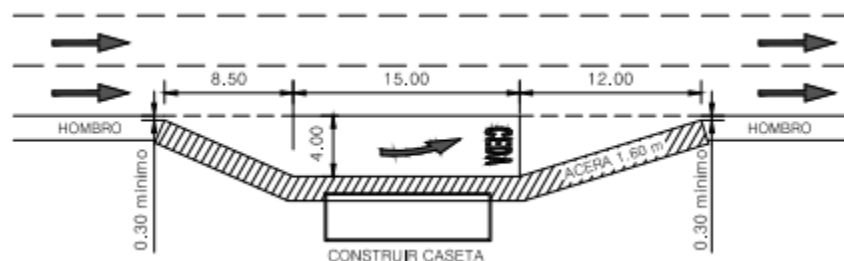


Figura 27. Dimensionamiento bahía puente peatonal San Sebastián

El sitio en el que está ubicada a la parada se encuentra a nivel, sin embargo, para acceder a este hay que descender de una loma que está al nivel de altura de la marginal. Por

consiguiente, es necesaria la construcción de las rampas (aceras) que permitan el acceso desde el puente peatonal y las aceras adyacentes, hasta la casetilla de espera.

A continuación, se muestran las características del sitio de ubicación de dicha parada propuesta, donde se evidencian las diferencias de nivel, el espacio disponible y la visualización de la parada.



Figura 28. Visualización de parada propuesta

Como se evidencia, es probable que se requieran movimientos de tierra mínimos para la construcción adecuada de la caseta. Es necesario verificar que se aproveche al máximo el derecho de vía existente y de ser necesario, optar por una expropiación mínima que garantice el espacio mínimo suficiente para la bahía.

La construcción de esta bahía, más allá del espacio limitado que existe, permitiría el cumplimiento de los siguientes aspectos:

- ✓ Eliminación de problema de seguridad vial a nivel vehicular: el autobús no obstaculizará más un carril de entrecruzamiento, por lo que los conductores no se verán forzados a hacer maniobras riesgosas por evitar el accidente.
- ✓ Abordaje seguro de pasajeros: las personas ya no esperarán el bus en el espaldón de la vía.
- ✓ Facilidad de acceso: la nueva bahía estaría ubicada a la par del puente peatonal, aprovechando el espacio para integrar el acceso a la parada con el acceso al puente peatonal, esto permitiría que los usuarios que provengan desde la otra margen de la vía y que requieran esperar en dicha parada, puedan acceder con facilidad.
- ✓ Mejoramiento en el nivel de servicio de la RN 39: debido a que el bus ya no constituirá un obstáculo tanto para el flujo del carril en sí, como para la incorporación de los vehículos provenientes del acceso de la rotonda de San Sebastián.
- ✓ No conlleva cambio de ruta: dado que la bahía se ubica a escasos metros de donde se encuentra la parada, no se requerirá negociación con la empresa de transporte público para que cambie su ruta en dicho tramo.
- ✓ Coherencia en la ubicación: debido a que no hay un traslado de la parada, no será necesario informar al usuario acerca de la relocalización de la misma.
- ✓ Mejoramiento a nivel paisajístico: el sitio que se pretende aprovechar para la construcción de la bahía en este momento presenta condiciones deplorables, utilizado para tirar basura y con vegetación sin mantenimiento. Esto mejoraría escénicamente con las obras propuestas.

4.3 Reubicación de paradas

El criterio objetivo para la reubicación de paradas reside en que la localización de las mismas "debe hacerse de manera que, situadas en las proximidades de los focos de generación de la demanda (centros de actividad, itinerarios de peatones, intersecciones, etc.), interfieran lo menos posible en el funcionamiento vial" (SIECA, 2011).

Cuando no existe la posibilidad de relocalizarla sobre una marginal, se plantea entonces la posibilidad de reubicarla en alguna de las rampas de salida de la ruta. Esto bajo el fundamento del párrafo anterior, en el que se determina que el criterio en términos de seguridad y funcionalidad es que interfiera lo menos posible con el flujo de la vía.

Adicionalmente, al tratarse de una relocalización y no de una localización inicial, se debe contemplar también que el cambio en la ruta sea justificado, como se realizó en los casos anteriores.

De este modo, existen 3 paradas que se encuentran ubicadas convenientemente cerca de rampas de entrada o de salida a la RN 39. Dos de ellas se encuentran en el tramo entre la rotonda de las garantías y la rotonda de San Pedro. Estas se ubican una en frente de otra específicamente al costado oeste del cementerio de San Pedro y al costado Este de los edificios del ICE. La ubicación de las mismas se muestra a continuación:



Figura 29. Ubicación de paradas tramo Hispanidad-Zapote

Así como en los casos anteriores, las paradas no cuentan ni siquiera con espaldón para que el autobús haga su abordaje. Además, ambas se ubican en carriles de entrecruzamiento, donde hay tanto aceleración para incorporarse a la ruta como desaceleración para salirse de la misma, lo cual multiplica las posibilidades de que ocurra un accidente y perjudica notablemente el flujo vehicular. La diferencia para este caso radica en que del todo no hay espacio para construir una bahía y ambas paradas son importantes para el servicio. Por consiguiente, se plantea la relocalización de ambas paradas.

4.3.1 Reubicación de parada de autobús en cementerio San Pedro

Se propone trasladar la parada de autobús a la rampa de salida de la RN 39 hacia la rotonda de San Pedro en dirección desde rotonda de Garantías Sociales hacia rotonda de La Bandera. Específicamente, la reubicación corresponde a 150 m norte de donde se ubica actualmente. A continuación, se muestra plasmado gráficamente en una vista satelital la propuesta anterior.



Figura 30. Esquema de reubicación de parada de autobús en cementerio San Pedro

Ante esta propuesta se plantea la siguiente justificación técnica en distintos puntos:

- ✓ Parada de autobús en una zona de menor velocidad de operación y sin entrecruzamientos.
- ✓ Facilidad de acceso a los peatones: actualmente existen problemas de seguridad cuando los peatones tratan de cruzar la RN 39 para pasar de una parada a otra por

entronque. En la nueva ubicación los peatones podrán cruzar la circunvalación por debajo del paso a desnivel mediante el sistema de semáforos existente y acceder de manera segura y eficiente a la parada independientemente del sector del que provengan.

- ✓ Ubicación más cercana a importantes focos de generación de viajes: Mall San Pedro, Salón de Patines, Universidad Americana, Banco Lafise, oficinas, restaurantes, etc.
- ✓ Traslado no significativo: existe una diferencia entre la posición de la ubicación actual y la propuesta de 150 m.
- ✓ Mínimo cambio de ruta: De las 4 líneas de la periférica que realizan esta parada, únicamente dos continúan su trayecto por circunvalación mientras las otras dos siguen su recorrido por la rampa de salida sobre la cual se ubica la parada propuesta. Las otras dos líneas restantes (L3 y L4) continúan su recorrido sobre la RN 39, sin embargo, hacen una parada en la facultad de derecho. La nueva ubicación de la parada les permitirá acceder de nuevo a la RN 39 directamente sobre el carril en el que deben transitar para realizar la siguiente parada.

4.3.2 Reubicación de parada de autobús del costado este de edificios del ICE en San Pedro

Similar al caso anterior, se plantea trasladar la parada 100 m al norte, explícitamente en la rampa que funciona como acceso de la rotonda de San Pedro, a la RN 39 en dirección desde San Pedro hacia Zapote. A continuación, se muestra como en el caso anterior la propuesta en vista satelital.



Figura 31. Esquema de reubicación de parada de autobús del costado este de edificios del ICE en San Pedro

La justificación técnica de la propuesta se esboza a continuación:

- ✓ Parada de autobús en una zona de menor velocidad de operación y sin entrecruzamientos.
- ✓ Facilidad de acceso a los peatones: actualmente existen problemas de seguridad cuando los peatones tratan de cruzar la RN 39 para pasar de una parada a otra por entronque. En la nueva ubicación los peatones podrán cruzar la circunvalación por debajo del paso a desnivel mediante el sistema de semáforos existente y acceder de manera segura y eficiente a la parada independientemente del sector del que provengan.
- ✓ Ubicación más cercana a importantes focos de generación de viajes: Mall San Pedro, oficinas, restaurantes, etc.

- ✓ Traslado no significativo: existe una diferencia entre la posición de la ubicación actual y la propuesta de solo 100 m.
- ✓ Nulo cambio de ruta: Absolutamente todas las líneas de La Periférica transitan por este punto, por lo que no habría ningún cambio en la ruta.
- ✓ Sitio de parada utilizada: Se observó en visitas al sitio que La Periférica aprovecha este punto de parada propuesto ocasionalmente para realizar abordaje de pasajeros.

4.3.3 Reubicación de parada de autobús tramo San Sebastián – Paso Ancho

Esta propuesta aplica únicamente en caso de que la medida 4.2.4 no pueda ser aplicable debido al espacio limitado o las condiciones del sitio.

El hecho de que un autobús realice una parada en un punto cercano a la incorporación de un carril de aceleración a la vía principal implica un riesgo enorme debido a que obliga a detenerse a un vehículo que está acelerando para incorporarse. Esto genera inevitablemente una brecha significativa de velocidades, que se traduce en una mayor probabilidad de accidentabilidad, y en una susceptibilidad a que el accidente genere daños graves.

Dadas las condiciones anteriores en este punto, se propone, tal y como se indica en el subtítulo 4.3.3, una reubicación de dicha parada a un punto menos conflictivo. La reubicación propuesta consiste en trasladar la parada de ese punto, 250 m hacia el este, en la nueva rampa de salida de la RN 39 hacia la rotonda a desnivel de Paso Ancho sobre ese mismo sentido. A continuación, se muestra en vista satelital una representación gráfica de la medida descrita.



Figura 32. Esquema de reubicación de parada de autobús tramo San Sebastián – Paso Ancho

La decisión se toma fundamentada en el algoritmo explicado en la figura 17, ya que no existe espacio disponible para realizar ningún tipo de obra. Esta medida se justifica bajo las siguientes consideraciones:

- ✓ Parada de autobús en una zona con mayor espacio disponible y ancho de carril, menor velocidad de operación y sin entrecruzamientos.
- ✓ Presencia de pasos peatonales y aceras anchas: Si bien el sitio se aleja del puente peatonal, existen pasos peatonales y aceras como parte del proyecto del paso a desnivel de Paso Ancho, lo que permitiría mantener un acceso adecuado para los peatones.

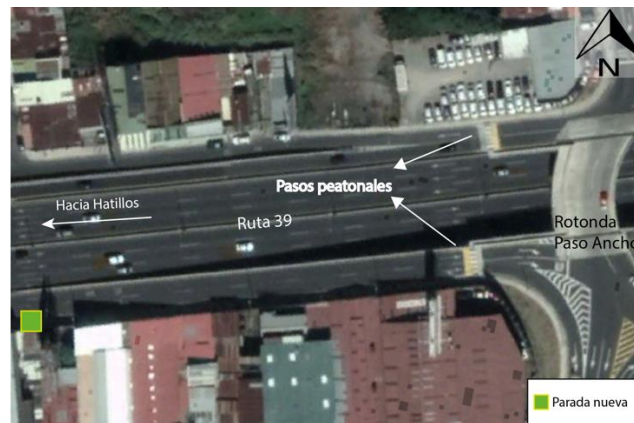


Figura 33. Ubicación pasos peatonales rotonda Paso Ancho

- ✓ Mínimo cambio de ruta: La nueva parada involucra un desvío mínimo de una única línea de las rutas periféricas. Implica que esta ruta debe salirse de la RN 39, hacer la parada y reincorporarse a la circunvalación a través de la rotonda a desnivel de Paso Ancho.

Esta medida, si bien en términos de seguridad vial es adecuada, puede ser refutada por el desvío que representa para la ruta de bus. Adicionalmente, la nueva ubicación se aleja de algunos focos generadores de viaje.

4.3.4 Reubicación parada Barrio Córdoba

Una de las paradas de bus oficiales y no evidenciadas en la Auditoría de Seguridad Vial, se encuentra ubicada a poco más de 200 m hacia el suroeste del puente peatonal sobre la RN 39 que se encuentra en el tramo entre la I Griega y la Rotonda de las Garantías Sociales. La parada actualmente se ubica en un carril de entrecruzamiento de alta velocidad, entre los movimientos de los vehículos provenientes del sector de Barrio Córdoba que van en la RN 39 en dirección hacia Paso Ancho, y los que van sobre la RN 39 en el mismo sentido, proveniente de la rotonda de las Garantías Sociales que se dirigen hacia la rotonda I Griega.

Las condiciones topográficas hacen que la construcción de una bahía de autobús en donde está actualmente ubicada la parada sea más compleja, por lo que inicialmente no es tangible. De esta manera es que se opta como medida alternativa la reubicación de dicha parada en dos posibilidades distintas como se muestra a continuación.



Figura 34. Propuesta de reubicaciones posibles parada Barrio Córdoba

A través de un análisis profundo de los focos generadores de viajes se puede optar por realizar ya sea uno o ambos traslados. La propuesta incluye ambos contemplando que las dos ubicaciones son más adecuadas en términos de seguridad vial y teniendo ambas se puede suplir la demanda ya que preliminarmente se mantienen cerca de los puntos importantes. Esta medida se justifica puntualmente de la siguiente manera:

- ✓ Parada de autobús en una zona de menor velocidad de operación y sin entrecruzamientos.
- ✓ Facilidad de acceso a los peatones: al estar ubicadas más cerca del puente peatonal y de los cruces de la rotonda de la I Griega, las nuevas paradas podrán ser fácilmente accedidas por quienes requieran cruzar la vía para esperar el autobús.
- ✓ Ubicación más cercana a importantes focos de generación de viajes: negocios cercanos de la I Griega, entrada a Barrio Córdoba y zonas residenciales.
- ✓ Traslado no significativo: existe una diferencia entre la posición de la ubicación actual y la propuesta de menos de 200 m en el escenario más drástico.
- ✓ Nulo cambio de ruta: El traslado se da sobre el mismo carril en que se ubica la parada por lo cual la empresa autobusera no se verá forzada a cambiar la ruta.

5. Obras de señalización y demarcación

La señalización vertical y horizontal (demarcación sobre el pavimento), constituye el dispositivo de control de tránsito básico en temas de seguridad vial. En términos generales, las obras que se propongan en relación a este tema serán en su mayoría medidas de prevención, por lo que en muchos casos se sugerirán como último recurso ante problemas de seguridad vial que no tienen una solución constructiva, o que dicha solución no es tangible con respecto a los términos establecidos en el alcance del documento.

Similarmente al conjunto de medidas que se detallaron en los capítulos 3 y 4, se subdividirán según el tipo de solución específica a implementar. En el caso particular de la ruta en estudio, al ser una vía de alta velocidad de operación inmersa en el casco central, existen diferentes peligros que se deben advertir al conductor o de alguna manera evitar mediante señalización. La pluralidad de los riesgos que existen en la RN 39 por su entorno urbano implica que en algunos casos se deberán emplear medidas preventivas que se enfoquen en el control de la velocidad mediante técnicas que se han desarrollado poco en el país.

5.1 Medidas de tráfico calmado

El principal factor negativo en términos de la seguridad vial es sin duda alguna el exceso de velocidad. Para vías de poca trascendencia que experimentan excesos de velocidad, es común ver la instalación de reductores de velocidad que obligan a los vehículos a frenar, sin embargo, este elemento es inaplicable para vías de alta velocidad. Para estos casos, existen demarcaciones sobre el pavimento que a través de ilusiones ópticas y un efecto sonoro por relieve mínimo del espesor de la pintura termoplástica, logran que los conductores reduzcan su velocidad y aumenten su atención en la vía por la presencia de algún riesgo.

Según la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito de Chile (2010), existen cuatro factores que justifican la implementación de medidas de tráfico calmado:

- ✓ El impacto de la velocidad de tránsito en los accidentes y su gravedad: Dicha comisión establece que a 50 km/h el impacto de la gravedad de las lesiones es el triple que a 30 km/h. Además, una reducción de 1.6 km/h puede disminuir los accidentes en un promedio de 5%, mientras que un aumento de la velocidad en la misma cantidad puede aumentarlos en un 19%.
- ✓ Incentivo a mayores velocidades: El desarrollo tecnológico de los vehículos implica que los conductores puedan alcanzar altas velocidades con mucha mayor facilidad y hasta verse incentivados.
- ✓ Ineficiencia de las herramientas de diseño existentes para controlar la velocidad: Las señales verticales de restricción de velocidad y la demarcación horizontal de la velocidad máxima permitida son frecuentemente irrespetadas por los usuarios de las vías.
- ✓ Creciente demanda de los usuarios por acciones más eficaces: El mal nivel de servicio que puede ofrecer una vía en algún determinado tramo o carril provoca que los conductores tomen acciones arriesgadas aumentando la velocidad en el momento que puedan.

En la RN 39, se han dado muchos casos de exceso de velocidad que se han traducido en accidentes con heridos graves y fallecidos. Los principales puntos en los que se requiere controlar la velocidad o advertir al conductor de un eventual peligro consisten en aquellos en los que se genere una brecha considerable de velocidad. Estos corresponden a algunos accesos a la RN 39 que no cuentan con longitudes de aceleración y a tramos específicos que colindan con entradas y salidas de negocios privados.

El manual de dispositivos de control de tránsito de la SIECA establece parámetros de diseño para dos medidas aplicables que se tomarán en cuenta para las propuestas debido a la facilidad de aplicación y a la aplicabilidad del mismo ante los problemas de seguridad vial presentes.

La primera de ellas son las rayas logarítmicas, las cuales son líneas de demarcación en material termoplástico, las cuales se disponen de manera transversal a la vía con una separación que va disminuyendo conforme se acerca al riesgo o se avanza por ellas. Su

efecto es reducir la velocidad por el efecto visual de las mismas aunado a una leve sensación de la rugosidad que provee la capa delgada de pintura.

La segunda medida consiste en bandas alertadoras, que son básicamente grupos de líneas transversales en material termoplástico con espesor considerable que se acomodan en separaciones idénticas. El efecto es alertar al conductor de un posible riesgo mediante el relieve que provee la pintura debido a su espesor, con lo que también incide como reductor de velocidad dado que, a mayores velocidades, más impacto tendrá el pequeño relieve sobre el vehículo. A nivel nacional, la medida que ha sido aplicada es la de las líneas alertadoras en sitios como cercanías a peajes, ingreso a puentes y tramos curvos con alta tasa de accidentabilidad.

5.1.1 Demarcación de líneas alertadoras en intercambio RN 39 – RN 1

La intersección entre la carretera de circunvalación y la autopista General Cañas es una de las más importantes en cuanto al flujo vehicular a nivel nacional, puesto que se juntan dos de las carreteras con mayor tránsito promedio diario del país. Específicamente, en este punto de la circunvalación, para el 2015 se tiene un tránsito promedio diario de 51441 vehículos (MOPT, 2017).

Esta intersección es de tipo trébol completo, y actualmente presenta niveles de servicio deficientes producto de sus longitudes cortas de diseño de entrecruzamiento y rampas. Debido a ello, se ha realizado un ajuste temporal que consiste en la obstrucción del carril derecho de la RN 39 en sentido desde Uruca hacia Hatillos, para eliminar la intersección entre dicho carril y el acceso proveniente de la autopista General Cañas en sentido desde Alajuela hacia San José para incorporarse a la RN 39 en dirección hacia Hatillos. Esta medida se muestra en la imagen a continuación:



Figura 35. Obstáculo en carril para impedir paso

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39

Como se puede observar, la medida consiste en la colocación de una barrera tipo *New Jersey* de plástico en la mitad de un carril. Esto constituye un obstáculo que puede tomar por sorpresa a quienes no transitan comúnmente por ese sector, provocando que instintivamente el conductor invada el carril contrario por esquivar la barrera.

Para fines del adecuado funcionamiento vial, se decide mantener la barrera, sin embargo, es imperativo realizar obras preventivas que hagan que el conductor disminuya su velocidad en ese punto y pueda cambiarse de carril a tiempo antes de colisionar el obstáculo.

Se propone, de esta manera, la demarcación de líneas alertadoras en pintura termoplástica sobre la superficie de rodamiento. Con esto se genera una alerta al conductor de que se aproxima a un obstáculo y a su vez, por la naturaleza de la medida, disminuye la velocidad del mismo. Esto sería funcional aún cuando no se localice la barrera ya que la disminución de la velocidad es necesaria dada la intersección proveniente de una carretera de tan alto volumen de tránsito. A continuación, se muestran las características y ubicación de las demarcaciones.

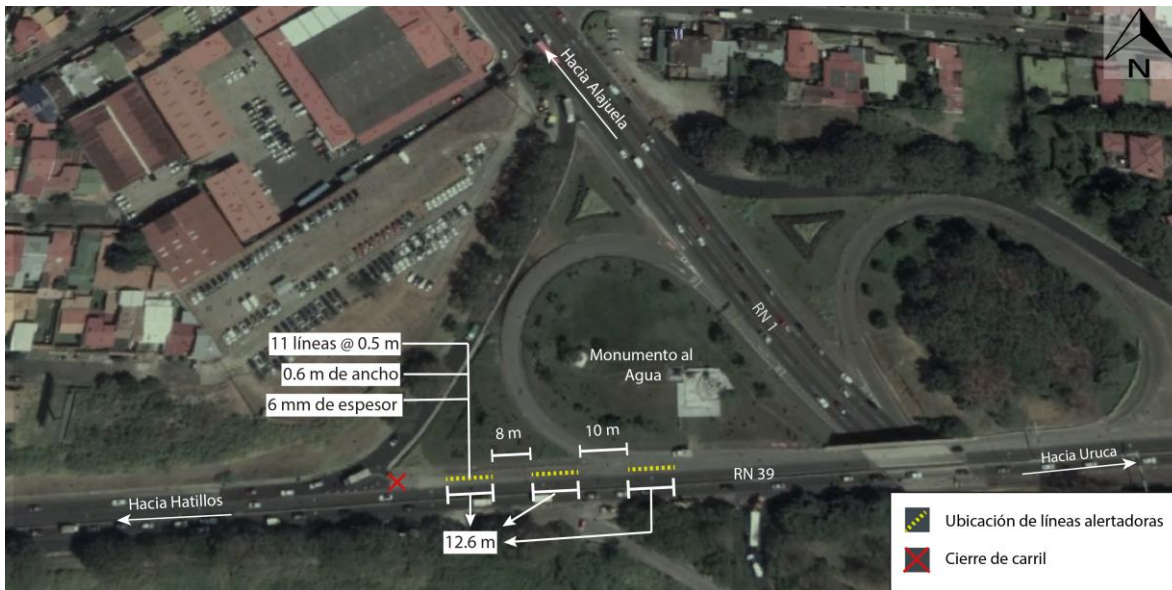


Figura 36. Propuesta de líneas alertadoras en intercambio RN 39 - RN 1

Para la instalación de líneas alertadoras, el manual SIECA establece separaciones de línea y configuración general de su disposición en función de la reducción de velocidad requerida (ver cuadro 14 en anexos). Dada una velocidad de 80 km/h, y asumiendo que se debe reducir a una velocidad de 20 km/h para que el vehículo logre hacer la maniobra debida, se contaba con un requerimiento de 51 líneas seguidas. Como medida alternativa, se dividen las líneas en tres trectos, de modo que cada trayecto cuente con una disminución de 20 km/h y controlar la velocidad de los vehículos en este tramo crítico.

5.1.2 Demarcación de líneas alertadoras en acceso rotonda San Sebastián

Uno de los problemas más comunes en la RN 39, tal y como se menciona en el capítulo 3, es la presencia de accesos importantes que no cuentan con longitudes de aceleración. Este caso sucede en la incorporación de la rotonda a desnivel de San Sebastián al carril de la RN 39 con dirección a la rotonda de Paso Ancho.

El problema que se percibe en este sitio es que el acceso no cuenta con una longitud de aceleración adecuada y la visibilidad es complicada. Adicionalmente, se cuenta con un cambio abrupto de la dirección de los carriles en dicho punto, además de que el ancho de los mismos es insuficiente.

Las condiciones topográficas y de espacio imposibilitan la construcción de un adecuado carril de aceleración, y esta intersección es muy usada puesto que comunica una gran cantidad de movimientos provenientes de San Sebastián. Adicionalmente, los vehículos que transitan sobre la RN 39 en este punto alcanzan velocidades elevadas debido a que vienen de un tramo de 1.5 km sin ningún tipo de curva. Considerando además que los accesos en este tramo descrito van a cerrarse por recomendación estipulada en este documento, es de esperar que las velocidades de operación aumenten.

Por ello, se decide realizar una demarcación adecuada preventiva, de modo que se pueda reducir la velocidad y advertir al conductor de un eventual peligro ocasionado por la entrada del vehículo. A continuación, se muestran las características de la zona y la ubicación de la propuesta, seguido por los detalles técnicos de la demarcación.



Figura 37. Ubicación sugerida de líneas alertadoras en tramo San Sebastián

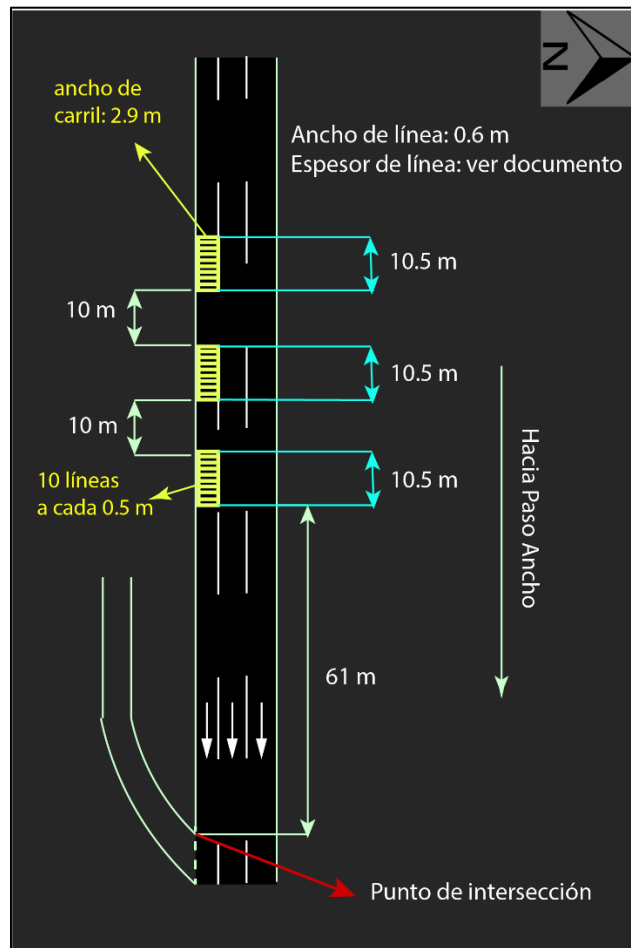


Figura 38. Aspectos técnicos de líneas alertadoras en San Sebastián

5.1.3 Demarcación de rayas logarítmicas en semáforo peatonal facultad de Derecho, UCR

El Manual de Señales Viales de la SIECA (2015) recomienda específicamente la instalación de líneas reductoras de velocidad, también llamadas rayas logarítmicas, en la proximidad de pasos a nivel de peatones. En el caso de la RN 39, el paso peatonal ubicado en las cercanías de la Facultad de Derecho de la Universidad de Costa Rica es el único existente.

En octubre de 2016, se dio un accidente mortal en este punto, en el que un vehículo que viajaba a exceso de velocidad fue colisionado lateralmente e impactó a un peatón que esperaba cruzar (La Nación, 2016). Las medidas de tráfico pasivo en este sitio pueden contribuir a la reducción de accidentes con consecuencias tan graves, incentivando a los vehículos a disminuir su velocidad en la proximidad del semáforo. Aunado a lo anterior, existen negocios con entradas y salidas en las proximidades del semáforo, por lo que en términos generales se vuelve aún más importante fomentar el tráfico pasivo.

La propuesta consiste en la demarcación de líneas alertadoras a lo ancho de toda la calzada en la proximidad del paso peatonal mencionado, en ambos sentidos de circulación. A continuación se muestra un esquema de la ubicación sugerida de las mismas.

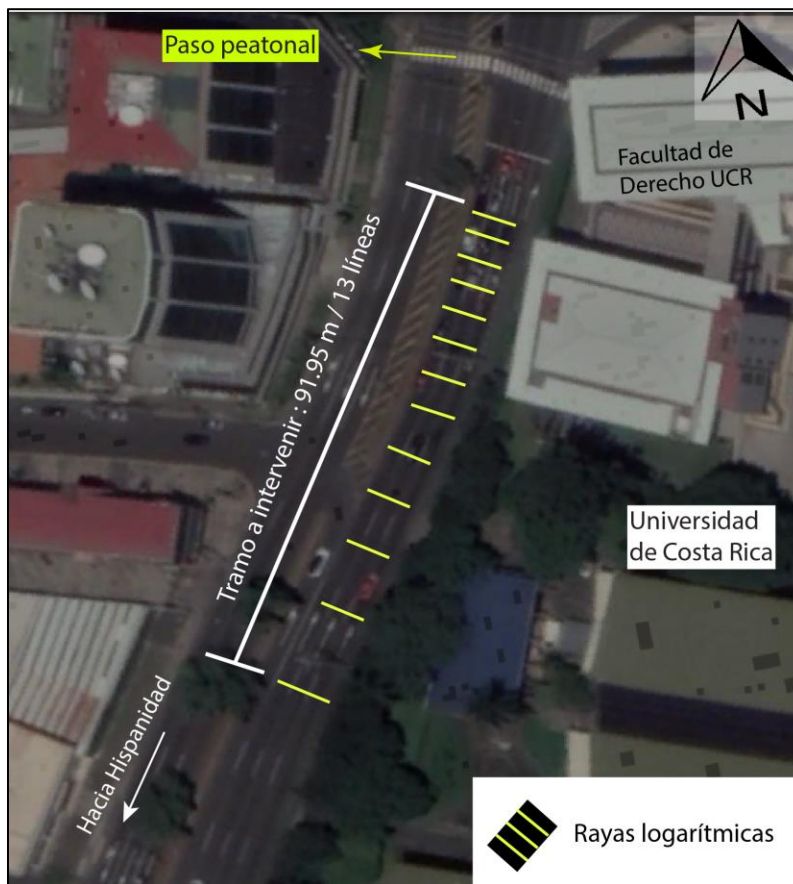


Figura 39. Ubicación sugerida de rayas logarítmicas previo a paso peatonal San Pedro sector Sur

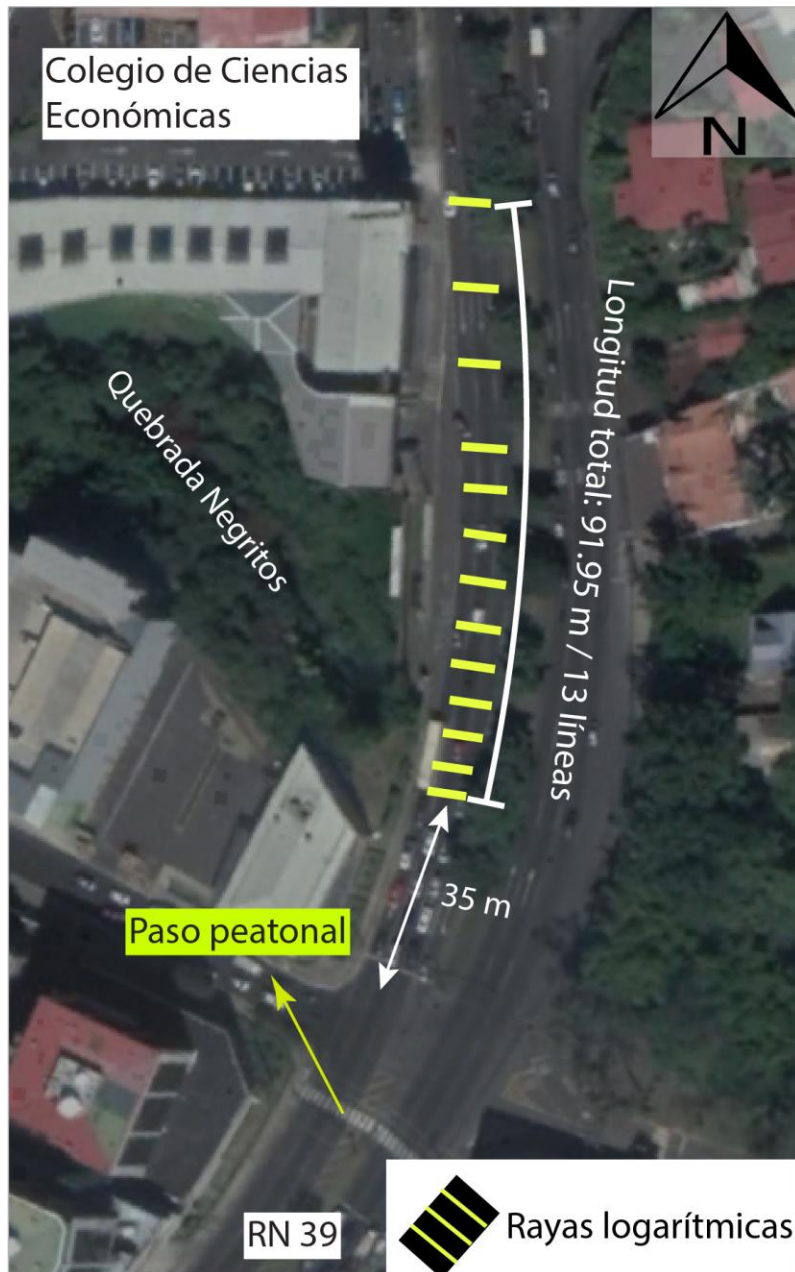


Figura 40. Ubicación rayas logarítmicas paso peatonal Facultad de Derecho sector Norte

La ubicación mostrada de las rayas logarítmicas está diseñada para una disminución de 20 km/h en el tramo previo al paso peatonal. Puede existir una variación en la ubicación, colocando las líneas más alejadas aún del paso peatonal. Se opta por dicha reducción de velocidad en virtud de que, más allá de que efectivamente el tramo requiera de la

disminución, las velocidades de diseño y operación son menores que en otros tramos debido a la proximidad de la intersección con la línea del tren.

Entre los aspectos que no pueden ser variados, en caso de optar por la instalación de las 13 líneas, es la separación entre cada línea. El distanciamiento entre cada banda está en función a las diferencias de velocidades y está sustentado por con base en lo establecido en el Manual SIECA (2015). A continuación, se muestra un esquema completo con respecto a los detalles técnicos de dicha obra.

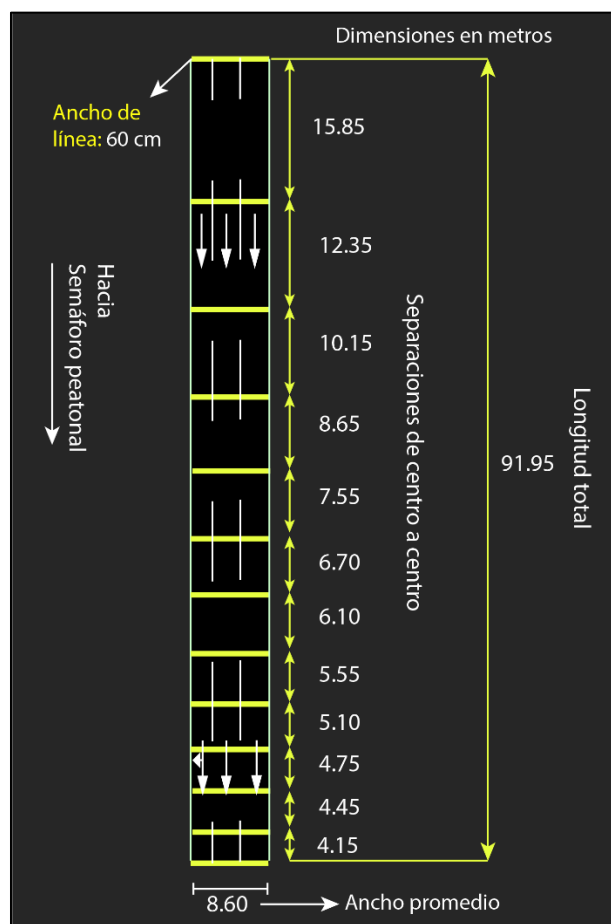


Figura 41. Dimensionamiento de sistema de rayas logarítmicas paso peatonal UCR

5.1.4 Demarcación de rayas logarítmicas en intersección RN 39 – avenida 12A

Esta obra particular se realiza en ambos sentidos de circulación, puesto que la avenida 12A se encuentra segmentada; es decir, se encuentra en ambos lados de la vía. Las dos intersecciones resultantes entre dicha avenida y la RN 39 presentan claras deficiencias a nivel de seguridad vial. Se evidencia la ausencia de visibilidad para la incorporación dado que no hay una longitud de aceleración, y existen condiciones absolutamente inadecuadas de salida por la inexistencia de un carril de desaceleración.

Adicionalmente, el momento de la realización de este documento coincide con el inicio de obras para construir el paso a desnivel sobre la rotonda de las Garantías Sociales. La ubicación de dichas líneas no se encuentra en el tramo de trabajo de dichas obras, sin embargo, se justifica su instalación a largo plazo también considerando que el paso elevado aumentará las velocidades de operación de la vía. Analizando el tramo descrito en el párrafo anterior (dirección sur – norte), los conductores cuentan con 550 m de desarrollo de velocidad hasta el punto en el que se pretenden instalar las rayas logarítmicas.

Intrínsecamente, la rotonda funciona como controlador de las velocidades en la carretera. A la hora de sustituirla por un paso elevado, no existirá la reducción de velocidad que proporcionaba la rotonda. Los vehículos, en consecuencia, llegarán con velocidades mayores a dicho tramo donde existen condiciones restringidas de velocidad por los entrecruzamientos descritos. Esto aumenta la necesidad de optar por obras que controlen la velocidad, por lo cual, en esas condiciones futuras, las rayas logarítmicas más allá de volverse aún más importantes, deberán modificarse de tal manera que controlen las nuevas velocidades de diseño u operación.

Ante estas características, la propuesta reside en la señalización preventiva puesto que los accesos son usados frecuentemente y la redundancia en el sistema no es la adecuada para justificar el cierre de los mismos. La opción a valorar en este caso es la demarcación de líneas alertadoras, con la misma finalidad planteada en los incisos 5.1.1 a 5.1.3.



Figura 42. Ubicación de rayas logarítmicas tramo Hispanidad – Garantías Sociales



Figura 43. Ubicación específica de rayas logarítmicas sentido sur - norte

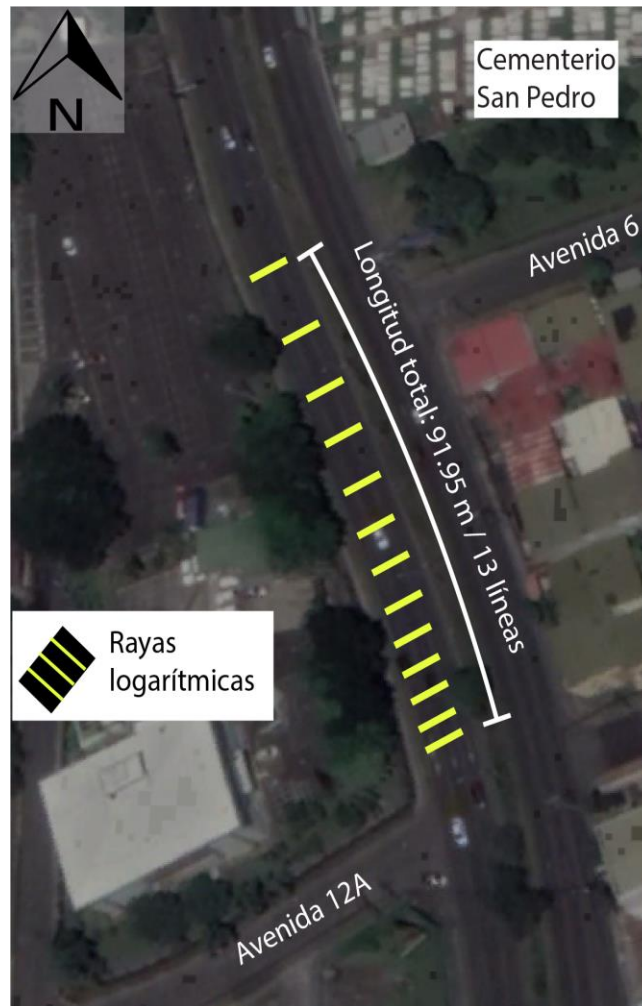


Figura 44. Ubicación específica de rayas logarítmicas sentido norte - sur

La disposición de las líneas es igual a la propuesta en el inciso anterior (ver figura 40). Esto se debe a que la reducción de velocidad que se pretende imponer es exactamente la misma fundamentada en el cambio de 20 km /h que existe en las velocidades permitidas.

5.2 Señalización vertical

Las señales verticales son dispositivos de control de tránsito destinados a transmitir un mensaje a los conductores y peatones (SIECA, 2014). Se recomienda emplearlas bajo un justificante basado en un análisis técnico de necesidades. Para este caso, bajo el mecanismo del establecimiento de las soluciones a los problemas, se opta como último recurso ya que no constituye una eliminación del problema. Su función está orientada en

la prevención mediante la información de normas o medidas a emplear en sitios donde existen problemas de seguridad vial que no han podido ser resueltos por las medidas anteriores.

A continuación, se puntualizan los tipos de señales a emplear. Para cada tipo se presenta la justificante técnica fundamentada en el estudio detallado de los resultados mostrados en la Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional 39 y el proceso de análisis objetivo utilizado en la esta investigación.

Para cada medida se especifica la ubicación exacta de la señalización y el tipo de señal a implementar, según la normativa aplicable de la estandarización que ofrece el Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito. Los dispositivos recomendados se muestran clasificados según el código de este manual.

5.2.1 Señalización de prohibición de ciclistas

La auditoría señala puntos específicos en los cuales se evidencia la presencia de ciclistas en la vía de manera recurrente. Dado que no se puede establecer una solución que impida totalmente el acceso a la ruta mediante una bicicleta, se opta por la advertencia mediante la señal vertical R-7-15a que se muestra a continuación:



Figura 45. Señal de prohibición de ciclistas R-7-15a

Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, 2014

A lo largo de la vía no se evidencia ninguna señal de prohibición de ciclistas, por lo que los usuarios no se encuentran debidamente notificados y se exponen al riesgo asociado. Ante esto, se propone la señalización en sitios específicos. La elección de los tramos en los cuales se colocarán las señales está sustentada por las ubicaciones provistas en el

documento de Auditoría de Seguridad Vial RN 39, en las que se señala la reiteración del problema señalado, y en la comprobación de dicho inconveniente en las visitas de campo para dichas coordenadas.

Con base en lo anterior, las ubicaciones seleccionadas son:

- Costado norte Bambú Ecoplaza, tramo Alajuelita – San Sebastián (ambos sentidos)
- Costado oeste del cementerio de San Pedro
- Costado este de los edificios del ICE San Pedro

5.2.2 Señalización de prohibición de estacionamiento

Si bien la vía en estudio se encuentra rodeada de obstáculos, existen puntos en los que se aprovecha de los márgenes de la misma para parquear vehículos. Estos sitios puntuales, similarmente al procedimiento ejecutado para el punto 5.2.1, fueron constatados durante las visitas de campo, por lo que el problema persiste. Más allá de el inconveniente, estos lugares tienen como factor común la ausencia de señalización que regule.



Figura 46. Ejemplo de estacionamiento en margen de la vía

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39

De esta manera, resulta imperativo notificar a los conductores que es terminantemente prohibido estacionar en los márgenes de la vía. Para ellos se propone la colocación de señales de tránsito específicas clasificadas en el Manual Centroamericano de Dispositivos

Uniformes para el Control del Tránsito como R-8-15 para los casos en los que resulte claro que se está estacionando en un derecho de vía y R-8-1 para casos generales.



Figura 47. Señales de estacionamiento aplicables

Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, 2014

Las ubicaciones de las señales con base en el criterio explicado anteriormente son:

- Área verde debajo del puente peatonal en La Arboleda San Sebastián, 350m oeste de la rotonda a desnivel de San Sebastián. Zona entre marginal avenida 52 y RN 39.
- 50 m oeste de puente peatonal tramo Paso Ancho - San Sebastián, al frente del Outlet Totto. Zona entre marginal avenida 50 y RN 39 aprovechada por negocio KoreAutos.

Como complemento al funcionamiento de estas señales, se propone la construcción de un bordillo idéntico al implementado en la medianera de la RN 39, como separación de la marginal a las zonas donde hay parqueo. Esta medida se deberá emplear en caso de que aun siendo señalizados estos puntos, la zona continúe utilizándose como parqueo.

5.2.3 Señalización de disminución de velocidad

En los casos anteriores, se implementaron medidas de tráfico pasivo debido a que las condiciones de la carretera permiten que, en esos puntos, que se caracterizan por tener peligros en seguridad vial, los usuarios alcancen altas velocidades. Como se establece anteriormente, las soluciones de señalización y demarcación surgen como última medida ante la imposibilidad de eliminar el problema. Existen casos que, si bien las condiciones no permiten que se desarrollen altas velocidades con facilidad, existe el peligro.

En particular, la presencia de negocios en los márgenes de la carretera constituye un problema recurrente, que sucede debido a la existencia de zonas comerciales e inadecuada planificación urbana. Muchos de estos negocios se han expropiado para generar obras que aumenten el nivel de servicio y cumplan con estándares de seguridad vial, sin embargo, el alcance de este documento comprende obras inmediatas y tangibles.

Ante la presencia de un problema de seguridad vial asociado a la comunicación exclusiva de un negocio privado por medio de la RN 39, se recurre a la propuesta de señalización de reducción de velocidad como obra preventiva mínima. La velocidad máxima permisible no podrá superar los 60 kph, y se recomienda especificarlo como velocidad restringida, haciendo uso de la señal R-2-8 del manual de señales de la SIECA, tal y como se muestra en la siguiente figura.



Figura 48. Señal R-2-8 a instalar

La ubicación de las señales corresponde a los puntos señalados por la auditoría donde existe cercanía a la entrada de negocios desde la RN 39, los cuales fueron confirmados en recorridos de inspección.

- Al frente del colegio de ciencias económicas, Montes de Oca. La ubicación se da para advertir a los vehículos provenientes de la rotonda de La Bandera de la proximidad de entrada a servicios que se encuentran en dicho trayecto. La velocidad restringida será de 60 kph.
- Al frente de gimnasio George Angulo, San Pedro, Montes de Oca. La función es advertir de los negocios adyacentes a este para los vehículos que se incorporan desde la rotonda de La Hispanidad en dirección hacia La Bandera. Su utilidad aplica

no solo por la entrada y salida de negocios sino también para advertir la proximidad de la línea de tren. La señal será de 40 kph, idéntica a la mostrada en la figura 48.

- 200 m antes de la rampa de incorporación hacia la RN 204 en Zapote en sentido de circulación Norte – Sur. La velocidad restringida será de 60 kph para el carril derecho.

5.2.4 Señalización de zona de seguridad y puentes peatonales

Se ha identificado, tanto en la auditoría como en el sitio, la recurrencia del cruce de peatones a través de la RN 39. Si bien constituye un peligro, en la mayoría de casos es una necesidad que los peatones la atraviesen. El problema para el cual es absolutamente aplicable esta medida sucede cuando los peatones están cruzando en la cercanía de los múltiples puentes peatonales que atraviesan dicha ruta. Esto también es un problema recurrente, y la solución a modo de obra pública se detallará en el siguiente capítulo.

Preliminarmente, la advertencia en muchos casos puede ayudar a prevenir que esto suceda. Existen mecanismos de información específicos para este caso en particular. La primera propuesta consiste en la colocación de señales en cada uno de los puentes peatonales en donde se evidencie este problema. Se implementará la señal R-11-6 del Manual de Señales, que se muestra a continuación:



Figura 49. Señal R-11-6 para uso de puente peatonal

Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, 2014

En total, se propone la instalación de 8 señales de este tipo. Los sitios corresponden a los puentes peatonales que se encuentren cercanos a una intersección a nivel, dado que los

peatones aprovechan los movimientos de dicha intersección para cruzar de manera riesgosa, así como aquellos puentes peatonales que por otros motivos sean irrespetados.

Las ubicaciones de los puentes peatonales, cuyo uso requiere ser sugerido mediante la señal esbozada anteriormente, se muestran a continuación:

- Contiguo a semáforo Hatillo 8: a menos de 20 m del puente peatonal.
- Contiguo a semáforos Hatillos 2 y 6: a menos de 20 m del puente peatonal.
- Contiguo a semáforo Hatillo 4: a menos de 10 m del puente peatonal.
- 300 m este del paso elevado de rotonda de Alajuelita: preferiblemente 30 m este del puente peatonal.
- 350 m este de paso a desnivel San Sebastián: 15 m oeste del puente peatonal.
- Contiguo a rotonda La Bandera: entre el puente peatonal y la rotonda.
- Contiguo cementerio Guadalupe: 10 m sur del puente peatonal.
- Contiguo a Walmart Guadalupe: entre el puente peatonal y los semáforos.

Lo recomendable es colocar la señal en los posibles y frecuentes sitios de cruce de peatones y no exactamente en el paso elevado peatonal. Esta medida funciona de manera paralela con la detallada en el inciso 7.1, por lo que la colocación de señales deberá estar en un sitio cuyo cruce no se encuentre imposibilitado por mallas en medianera; es decir, nunca muy cercano a las rampas o escaleras del puente.

5.2.5 Señalización de proximidad de rampa de salida

Durante el recorrido se constató que existen intersecciones que por sus condiciones geométricas provocan que los usuarios hagan maniobras repentinas disminuyendo la velocidad drásticamente. La mayoría de ellos fueron eliminados, entre los que no se eliminaron existen intersecciones que, si bien cuentan con malas condiciones geométricas, se pueden percibir a la distancia o se ubican en un segmento con velocidades de diseño y operación reducidas.

Para las rampas de salida que no cuenten con longitudes de desaceleración y que adicionalmente se encuentren en tramos de altas velocidades operación y no haya buena visibilidad de las mismas, al no poder eliminarlas por su significancia vial, se propone la instalación de señales viales que adviertan al conductor de la proximidad de las mismas.

La señal a implementar corresponde a la clasificada como P-2-4 en el Manual de señales de la SIECA. A continuación, se muestra un ejemplo de la misma.



Figura 50. Señal P-2-4 para advertencia de proximidad de salida

Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, 2014

Se propone la instalación de dicha señal en las siguientes ubicaciones que cuentan con las condiciones establecidas.

- Rampa de salida hacia Boulevard Rohrmoser, ubicar 20 m antes.
- Rampa de salida hacia RN 104 sentido Norte – Sur (salida en dirección hacia Pavas), ubicar 20 m antes.
- Acceso privado 120 m sur de paso elevado carretera vieja a Escazú.
- Rampa de salida hacia RN 175 sentido Oeste – Este (350 m al oeste del paso a desnivel de Paso Ancho).
- Salida 50 m norte de cementerio de Guadalupe, ubicar antes del puente peatonal.

5.3 Modificaciones a señalización horizontal

Al momento del recorrido de la ruta para la elaboración de la Auditoría de Seguridad Vial, existían problemas que en la actualidad ya no se presentan. Para el caso de la

demarcación horizontal, ésta se encuentra bajo un mantenimiento cambiante, por lo que no es correcto hacer las recomendaciones con base en las observaciones de este tema que se destacan en el documento.

Como parte de la metodología de desarrollo de propuestas, particularmente enfocada a este subtema, se realizó un recorrido de campo con el fin de actualizar la información referente al estado de demarcación de la vía. A partir de esto se descartan los sitios señalados por malas condiciones en la demarcación de la vía, y se identifican nuevos puntos que requieren intervención con obras de este tipo.

5.3.1 Mantenimiento de demarcación cercanía intersección Uruca

Si bien muchos de los problemas debido a ausencia de demarcación que se señalaron en la auditoría ya no existen, las cercanías de la intersección con la RN 108 en la Uruca siguen en las mismas condiciones que establece el documento.

La ausencia de demarcación reduce el control que se ejerce sobre el tránsito, por lo que es común en este sector ver camiones estacionados a la orilla de la carretera. Esto tiene repercusión para el ingreso de vehículos provenientes de la RN 108.

Con la finalidad de contar con adecuado funcionamiento vial en las cercanías de una intersección tan importante y controlar el uso apropiado del espacio, se propone realizar la demarcación pertinente tal y como se muestra en la siguiente figura:

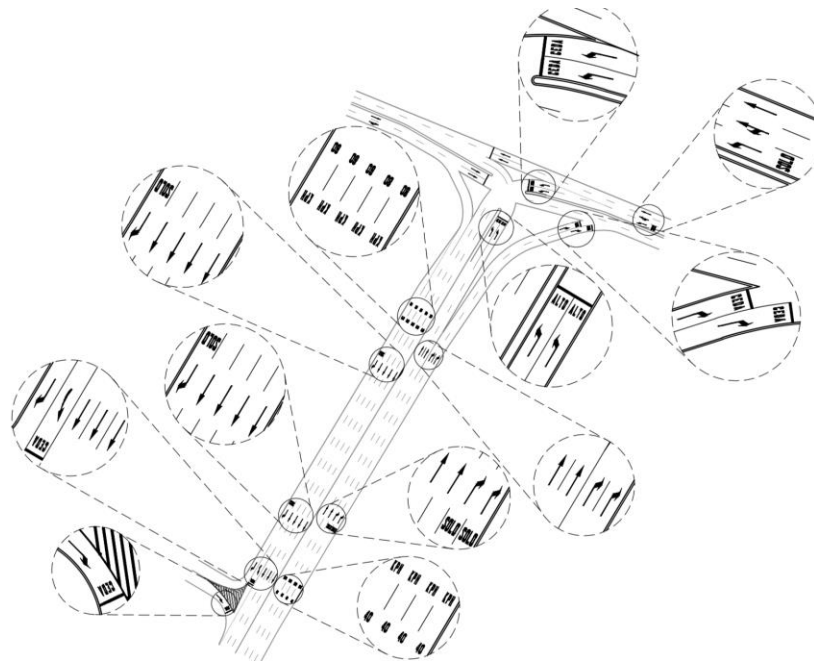


Figura 51. Detalles de demarcación requerida intersección Uruca

5.3.2 *Modificación a isla canalizadora calle 53 a RN 39, San Pedro*

Otro problema recurrente en la RN 39 es la invasión vehicular de las islas divisorias para ejecutar una maniobra. Sucede en este punto específico ubicado 50 m al norte de la Universidad Creativa y 200 m sur del cementerio de San Pedro.

El problema observado es que los vehículos atraviesan la isla, buscando incorporarse directamente a la avenida 8 para acceder a la zona del barrio Roosevelt. Este movimiento está prohibido e implica la interrupción perpendicular a un carril de aceleración. Adicionalmente, existen 4 accesos posteriores que permiten la incorporación a esa zona y acceder incluso a la misma avenida 8. Esto se detalla en la figura a continuación:



Figura 52. Esquema de irrespeto a isla

En la figura anterior, se destaca con el óvalo celeste la ubicación de la isla canalizadora a intervenir. La flecha roja corresponde al movimiento que se pretende impedir. Las flechas verdes corresponden a los movimientos que se pueden realizar alternativamente, y que comunican a través de dicha red vial con la avenida 8.

De este modo, se plantea la instalación de bolas metálicas que impidan la invasión a alta velocidad de dicha isla canalizadora. Esta medida va en congruencia con otra empleada y observada en una isla canalizadora en el tramo entre rotonda Las Garantías Sociales y la I griega, sobre la misma ruta. La propuesta se justifica no solo por el hecho de evitar la recurrencia de dicha maniobra, sino también porque existen diferentes alternativas a dicho movimiento.

5.4 Demarcación de elementos riesgosos

En ocasiones, existen obstáculos en la vía que pueden ser indispensables para otro tipo de servicio o difíciles de reubicar. En estos escenarios, el problema no puede ser eliminado ni se pueden mitigar sus consecuencias en caso de que haya falta de espacio. El objetivo fundamental del establecimiento de estas medidas es prevenir un accidente mortal, y en gran medida esto puede lograrse con medidas de advertencia como las señales propuestas en el inciso 5.2.

Sin embargo, no todo puede prevenirse con señales, además de que una instalación masiva de estas no es recomendable debido a que se pierde preponderancia en cada una de ellas. Es por esto que la demarcación de objetos constituye una opción a considerar, debido a que facilita la percepción del obstáculo por parte del conductor al llamar la atención con pinturas retroreflectivas.

En relación a las propuestas a implementar en los márgenes de una vía para la presencia de obstáculos, se establece un procedimiento de análisis a considerar para la selección de la medida definitiva. Esto involucra otro tipo de medidas más allá de la demarcación mencionada. Dicha metodología se destaca a continuación:

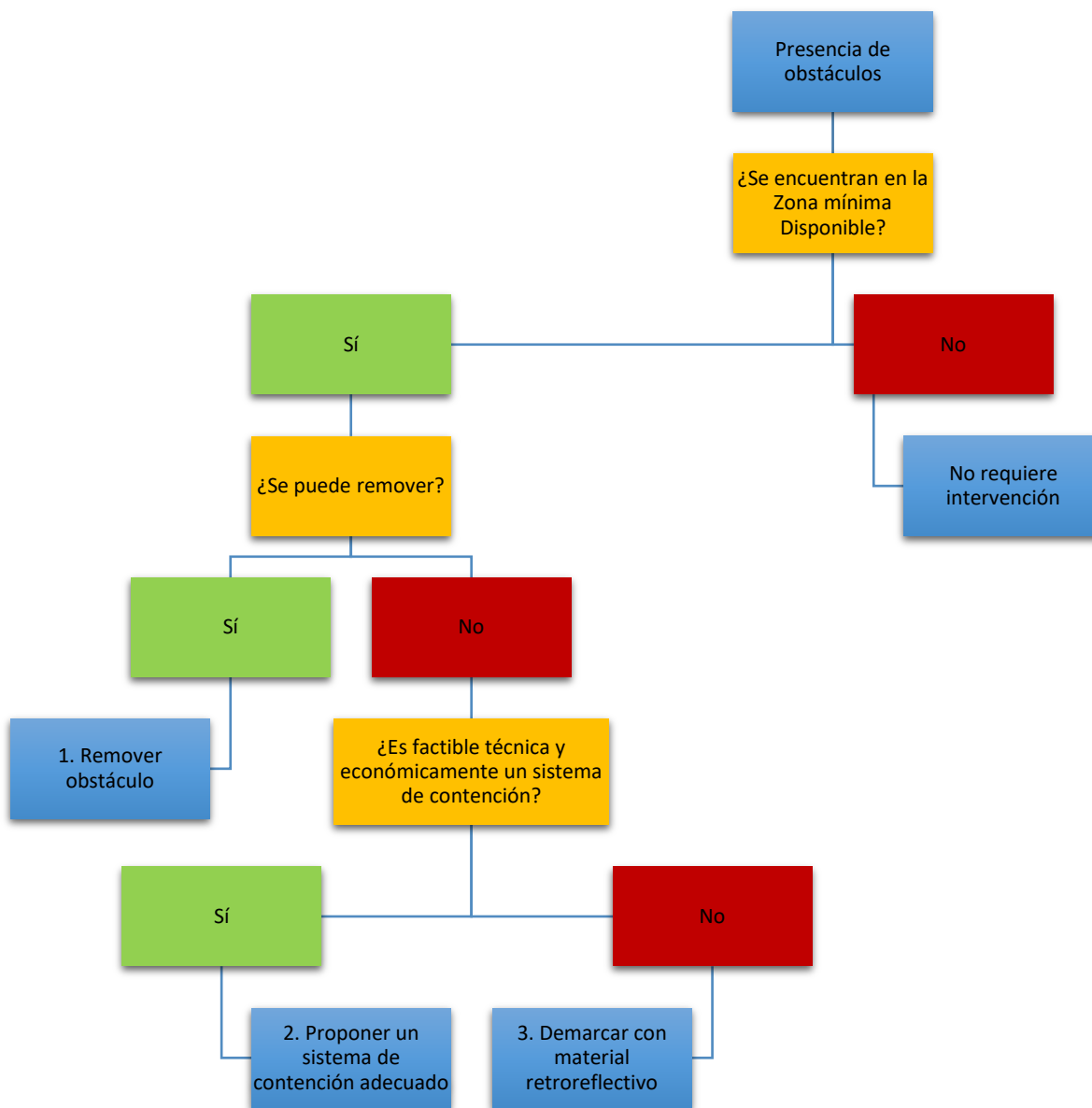


Figura 53. Esquema procedimiento de análisis de seguridad vial para la presencia de obstáculos en márgenes

La metodología detallada es aplicable para el análisis de seguridad vial de las márgenes de cualquier carretera de alta velocidad. Aplicándolo a la RN 39, es de esperar que todos los obstáculos se encuentren en la zona mínima disponible, puesto que como bien se establece en los capítulos previos, se encuentra confinada por desarrollos urbanos. La

zona libre disponible de la vía es prácticamente inexistente en la mayoría del trayecto debido a la presencia de obstáculos.

La imagen se resume en que la primera opción a la hora de evidenciar un obstáculo en la carretera es removerlo, en tanto sea posible. De lo contrario, se debe considerar implementar sistemas de contención. Las propuestas relacionadas a este tipo de medidas se detallarán en el siguiente capítulo.

Como último recurso, si se evidencia que no hay espacio disponible para la instalación de algún elemento de contención útil o resulta económicamente imposible realizar un trabajo de este tipo, se opta por medidas de advertencia como las que se mencionan en este capítulo, entre ellas, la demarcación con material retroreflectivo.

5.4.1 Demarcación retroreflectiva en bases del puente Boulevard de Rohrmoser

El paso elevado del Boulevard de Rohrmoser cuenta con una sección tipo cajón, por lo que las columnas de dicho puente se encuentran en la orilla de la vía. Para este punto no hay espacio disponible para instalar un sistema de contención adecuado, por lo que la instalación de barreras no resulta viable técnicamente.

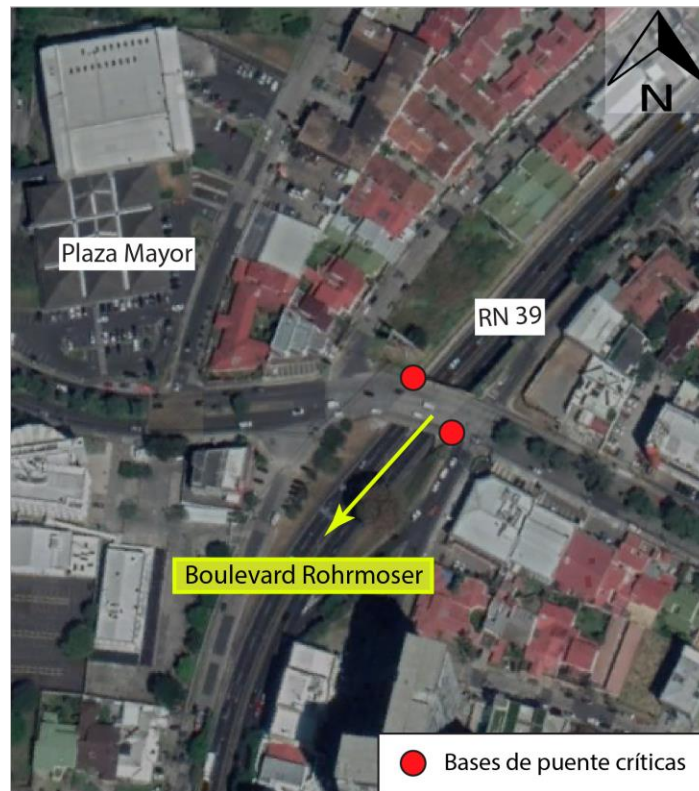


Figura 54. Ubicación de paso elevado boulevard Rohrmoser

Con base en el algoritmo de la sección 5.4, la única opción restante disponible es la medida número 3, la cual consiste en demarcar el obstáculo para que el conductor esté anuente del riesgo presente. El Manual de Señales de la SIECA (2015) establece que los pilares de los puentes pueden ser pintados con líneas diagonales de un ancho mínimo de 30 cm, como las que se muestran en la siguiente imagen:



Figura 55. Demarcación alertadora para pilares de puentes

Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, 2014

A continuación, se muestra una visualización de la obra, donde se evidencian además los problemas descritos en el inicio del inciso.



Figura 56. Demarcación retroreflectiva propuesta boulevard Rohrmoser

5.4.2 Demarcación retroreflectiva en bases del puente RN 104

El paso elevado de la Ruta Nacional 104, que comunica a Pavas con La Sabana, presenta las mismas deficiencias técnicas a nivel de seguridad vial que el puente del Boulevard de Rohrmoser, tal y como se establece en la Auditoría de Seguridad Vial.



Figura 57. Ubicación de bases paso elevado RN 104

Ante las mismas condiciones, se propone una medida idéntica a la 5.4.1, ya que se pretende alertar sobre el mismo problema y es necesario mantener una consistencia cuando se trata de implementar el mismo tipo de medida de advertencia para toda la ruta.

6. Especificación y localización de barreras de contención y atenuadores de impacto

En términos de seguridad vial, lo ideal es que no existan obstáculos que constituyan un peligro inminente en caso de la salida de un vehículo de la carretera. En términos generales, siempre se buscará la eliminación de estos objetos cuando se trate de vías de alta velocidad. Esta medida se puede tornar compleja en algunos casos, ya sea porque no resulta económicamente viable, o porque existe algún otro fundamento técnico, social o ambiental que lo impida.

La RN 39, como se ha mencionado anteriormente, no se encuentra aislada. Por el contrario, esta vía está confinada por desarrollos urbanos. Las ampliaciones que se han tenido que realizar en aras de mejorar la capacidad de la vía, conlleva la eliminación del espacio disponible en las márgenes de la misma y la construcción de diferentes obras que se traducen en la presencia de obstáculos en caso de una salida de vehículo. Es por lo anterior que el tipo de accidente más común en la ruta es la colisión con objetos fijos, con un 29% de colisiones de este tipo (COSEVI, 2011).

Ante la situación anterior, se vuelve determinante la proyección de todos los elementos de seguridad que resguarden, no solo a los usuarios de la vía de los obstáculos presentes, sino también a elementos o personas vulnerables en los márgenes de la vía.

El presente capítulo detalla las obras requeridas de sistemas de contención vehicular, para mitigar la severidad de posibles accidentes. Se considerará, como en los capítulos anteriores, los puntos críticos señalados en la auditoría de seguridad vial, dichos puntos corresponden a aquellos en los que se establece el requerimiento de un sistema de contención o simplemente se señale la presencia de obstáculos.

6.1 Sistemas de contención en medianera

La necesidad de implementación de un sistema de contención en la mediana se puede sustentar objetivamente bajo un análisis técnico. Entendiendo que la función fundamental de los sistemas de contención es mitigar el impacto ante un posible obstáculo, el análisis empieza con la verificación de la presencia de objetos de este tipo.

La guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras de Costa Rica, ("guía para el diseño de márgenes" de aquí en adelante) establece objetivamente que la necesidad de colocar una barrera de contención en la mediana depende directamente de dos variables: el ancho de la misma, y el tránsito promedio diario de la ruta (Valverde, 2014). Dicho argumento se muestra gráficamente en la siguiente imagen:

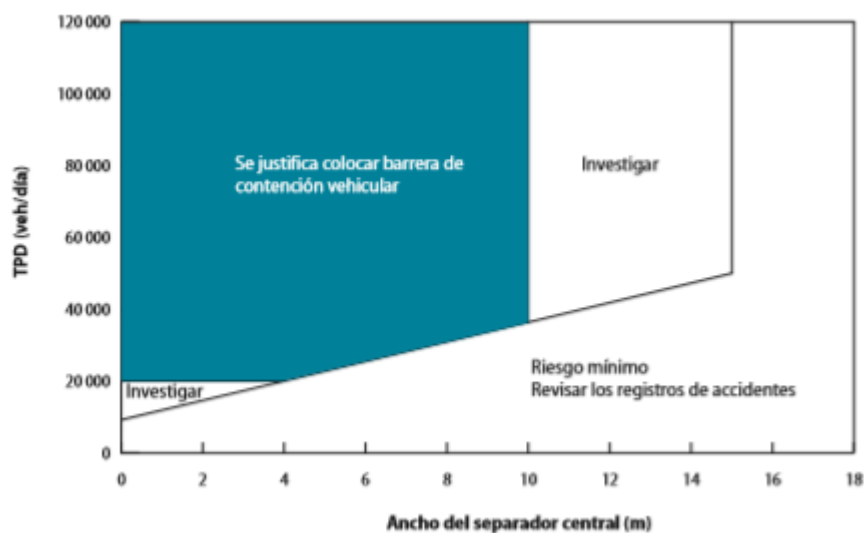


Figura 58. Criterios para la disposición de barreras de seguridad en medianas

Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras en Costa Rica

Con base en la imagen anterior, aplicando dicho criterio para la carretera en estudio en términos generales, siempre se justifica la instalación de una barrera de contención vehicular en la mediana. Esto debido a que, para el 2015, de 16 estaciones que cuentan con registro de TPD, únicamente una tiene registro de menos de 40 000 veh/día (MOPT, 2017). Dicha estación, representativa del tramo Guadalupe – Calle Blancos, tiene un TPD

de 35 983 veh/día, con lo que de igual manera recae en el caso de justificación de implementación de barrera de contención, a no ser que la mediana sea de más de 10 m de ancho, lo cual no sucede en toda la ruta.

En términos de la selección del tipo de barrera a implementar en la mediana, se establece que para velocidades de operación superiores a los 60 km/h, se requiere un sistema de contención que, como mínimo, tenga un nivel de contención NC5 y cumpla con la especificación MASH de TL5 (Valverde,2014).

De los tipos de barreras existentes en el mercado, las únicas que cumplen con el nivel de prueba de colisión requerido son las barreras de concreto (Chang, 2010). Entre estas, se puede implementar una barrera de tipo perfil New Jersey de 81 o 107 cm de altura.

Específicamente, la mediana de la RN 39 cuenta con la particularidad de ser aprovechada en gran parte para vegetación. El 63% de la vía cuenta con una floresta central con un ancho promedio de 3 m, mientras que el 48% de la ruta cuenta con una mediana que alberga árboles (Aguilar, 2014).

Estas características, si bien contribuyen de manera positiva al paisajismo de la vía y ayudan a separar ambos flujos evitando el encandilamiento, constituyen un obstáculo que involucra un problema de seguridad vial serio. En el caso de que un vehículo sea impactado en la vía y salga de la misma en dirección a la mediana, éste colisionará de manera perpendicular al tronco del árbol, teniendo consecuencias fatales en el accidente.

Actualmente, de la totalidad de los tramos que cuentan con medianas con árboles, ninguno está reforzado con barreras para impedir el impacto con dicho obstáculo. Es por ello que se vuelve imperativa la especificación de un sistema de contención adecuado para este escenario. Entendiendo que la primera medida a tomar en cuanto a la presencia de obstáculos en una vía es la remoción de los mismos, se deberá evaluar dicha condición para los árboles presente en la mediana de la vía. Alternativamente, en caso de no ser posible dicha opción, se plantearán medidas que, si bien no representan la solución viable

en términos de seguridad vial, ayudarán a mejorar las condiciones de seguridad de la ruta y en consecuencia a prevenir accidentes con implicaciones graves.

Adicionalmente, como medida para evitar maniobras peligrosas invadiendo la medianera, se instaló un bordillo en ambos costados de la mediana (ver figura 59) a lo largo de toda la vía. Técnicamente, los bordillos de más de 10 cm de altura se consideran un peligro potencial en carreteras de alta velocidad, por lo que se vuelve aún más necesaria la intervención para mejorar las condiciones de la medianera.



Figura 59. Ejemplo de sistema implementado en mediana actualmente

A continuación, se detallan las propuestas planteadas bajo diferentes condiciones de posibilidad de aplicación. Se detallarán las medidas por tramos, estableciendo las características del sistema de contención a emplear, la localización específica y las obras adicionales para complementar la solución. Aquellos tramos que cuenten con una mediana que se componga únicamente de una barrera rígida no serán intervenidos puesto que cumplen los requerimientos de seguridad vial y no cuentan con espacio para establecer opciones.

6.1.1 *Sustitución de medianera por barrera rígida entre rotondas Paso Ancho y San Sebastián.*

En el inciso 5.1.2 se caracterizan los problemas de seguridad vial que ocurren en el acceso de la rotonda de San Sebastián hacia el flujo en dirección desde el oeste hacia el este. Sin embargo, más allá de que el acceso no cuente con la longitud de aceleración requerida, existe un problema en la geometría de la carretera.

En este punto, ocurre una transición abrupta entre una mediana de barrera rígida a una mediana ancha con árboles en el medio. Dicho tramo de mediana ancha se prolonga únicamente 200 m, después vuelve a una barrera rígida de perfil tipo New Jersey. El principal problema es que dicha transición se ubica exactamente en el punto de entrada del acceso, por lo que se genera una especie de "cuello de botella".



Figura 60. Ubicación de puntos conflictivos en tramo San Sebastián

La propuesta consiste en darle continuidad a la barrera rígida, aprovechando el ancho nuevo disponible para tener mayor espacio en la calzada y poder mejorar las condiciones de incorporación en ese punto. Dado que es una barrera divisoria entre los dos flujos, no hay una deflexión admisible. Por lo anterior, y para darle continuidad al sistema de contención empleado, se propone la instalación de una barrera rígida de concreto de perfil New Jersey.

Esta medida se justifica bajo los siguientes criterios:

- ✓ Eliminación de obstáculos peligrosos en la mediana (árboles).
- ✓ Instalación de un sistema de división que cumple con los criterios técnicos de diseño establecidos en el manual SIECA (2011).
- ✓ Implementación de un sistema de contención que satisface los requerimientos de seguridad vial con base en la Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras de Costa Rica (Valverde,2013).
- ✓ Congruencia con el sistema de contención utilizado en la mediana al implementar una barrera de perfil tipo New Jersey completa, como en los tramos adyacentes.
- ✓ Eliminación de transición súbita entre dos tipos distintos de mediana (barrera rígida y mediana ancha).
- ✓ Aumento en el ancho de la calzada en un punto crítico, permitiendo contar con un ancho disponible para mayor visibilidad y seguridad en un punto de incorporación crítico, con la posibilidad de construir un carril de aceleración corto. Actualmente los carriles de este tramo son de 2.6 metros de ancho, por lo que es absolutamente necesario aumentar la calzada para contar con los anchos de carril adecuados. Las nuevas condiciones geométricas de la calzada se esbozan en la siguiente figura:

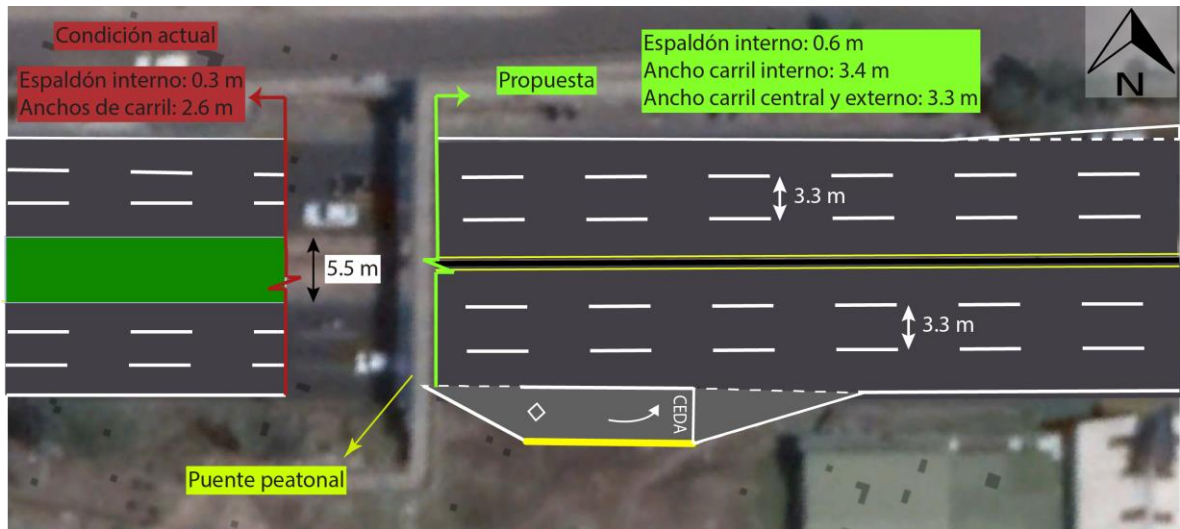


Figura 61. Diagrama de propuesta vs condición actual tramo San Sebastián

A continuación, se muestra en vista satelital el trayecto de la nueva barrera divisoria propuesta y el punto en el cual se da la ampliación necesaria en el ancho de la calzada.

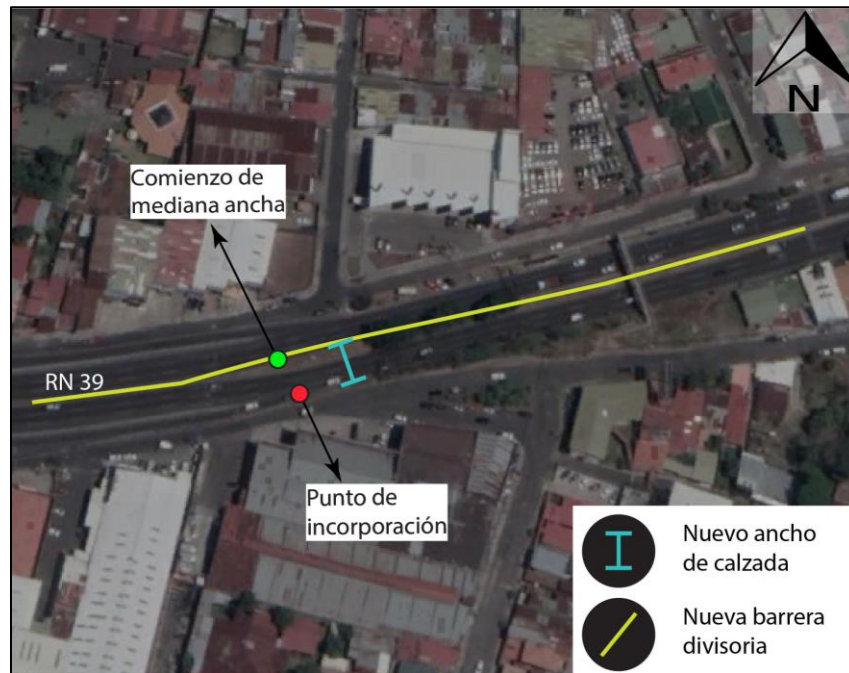


Figura 62. Alineamiento propuesto de barrera rígida sobre mediana en tramo San Sebastián – Paso Ancho

Como se evidencia en la figura anterior, el tramo de la barrera se colocaría en su inicio en un extremo de la mediana, de tal manera que todo el ancho nuevo se asigne al sentido de circulación desde oeste hacia este. A 130 m de los puntos críticos de incorporación y cambio de la mediana, la barrera pasará imperativamente por el eje central de la calzada producto de que en este punto hay un pilar central del puente peatonal de San Sebastián, para posteriormente unirse a la barrera rígida existente en el nuevo tramo a desnivel de Paso Ancho. Se debe contemplar que las transiciones deberán ser seguras, en oposición a las existentes actualmente.

6.1.2 Propuestas de sustitución de mediana en tramo entre pasos a desnivel de Alajuelita y San Sebastián

En este inciso se explican dos sustituciones de la mediana actual, la primera corresponde a la opción técnicamente idónea, que consiste en la sustitución por barrera rígida a doble

cara. La segunda propuesta reside en el estrechamiento de la mediana, con una composición de doble barrera a una cara, resguardando una jardinera central.

En este tramo existe aproximadamente 1 km de longitud que cuenta con una mediana de 6 m de ancho, que alberga árboles. Como se ha establecido a lo largo del documento, en lo que concierne a la seguridad de la vía, resulta perjudicial la presencia de estos obstáculos.

Particularmente, este tramo no cuenta con ninguna curva, por lo que sus velocidades de operación se incrementan en proporción al resto. Adicionalmente, se señaló en la Auditoría de Seguridad Vial que los anchos de carril en este punto son insuficientes, lo cual fue constatado en el sitio, dando como resultado un ancho de carril de 2.75 m. El manual SIECA (2011) establece que un carril cuyo ancho sea de 3.0 m se puede aceptar únicamente en carreteras de bajo volumen de tránsito y de baja velocidad de diseño, por lo que incluso para este escenario, los carriles están incumpliendo. En los recorridos de inspección, se percibe la inseguridad del conductor por este inconveniente.

La propuesta consiste en darle continuidad al sistema de contención divisorio instalado tanto en el paso elevado de la rotonda de Alajuelita, como en el paso debajo de la rotonda elevada de San Sebastián. Ambos sistemas consisten en una barrera rígida de perfil tipo New Jersey completo, por lo que se plantea implementar este mismo tipo de barrera en sustitución de la mediana.

Los siguientes puntos constituyen la justificación técnica de la implementación de dicha medida:

- ✓ Eliminación de obstáculos peligrosos en la mediana (árboles).
- ✓ Instalación de un sistema de división que cumple con los criterios técnicos de diseño establecidos en el manual SIECA (SIECA, 2011).
- ✓ Implementación de un sistema de contención que satisface los requerimientos de seguridad vial con base en la Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de

márgenes de carreteras de Costa Rica en cuanto al nivel de contención y nivel de prueba de colisión (Valverde, 2013).

- ✓ Congruencia con el sistema de contención utilizado en la mediana al implementar una barrera de perfil tipo New Jersey completa, como en los tramos adyacentes.
- ✓ Eliminación de transiciones súbitas entre dos tipos distintos de mediana (barrera rígida y mediana ancha).
- ✓ Aumento en el ancho de la calzada: esto implica que se contará con un ancho de trabajo disponible para aumentar los anchos de carril insuficientes en este tramo o bien contar con un espacio mínimo de espaldón, de modo que un vehículo que sufra un percance mecánico no se encuentre detenido interfiriendo en la totalidad del carril. Contemplando un ancho mínimo de la barrera central y espaldones internos de 1.2 m, en sustitución de la mediana actual de 6.0 m de ancho, se contaría con 4.8 m disponibles para la calzada. Esto implica que, dado que se tienen 6 carriles de circulación, cada carril tendría un espacio adicional de 0.8 m. Con esto, entendiendo que los carriles son de 2.8 m de ancho, pasarían a tener un ancho ideal de 3.6 m o incluso ampliarlos a 3.3 m y dejar un espaldón externo de 0.6 m de ancho. A continuación, se muestra un esquema con aproximación a escala de dicho beneficio.

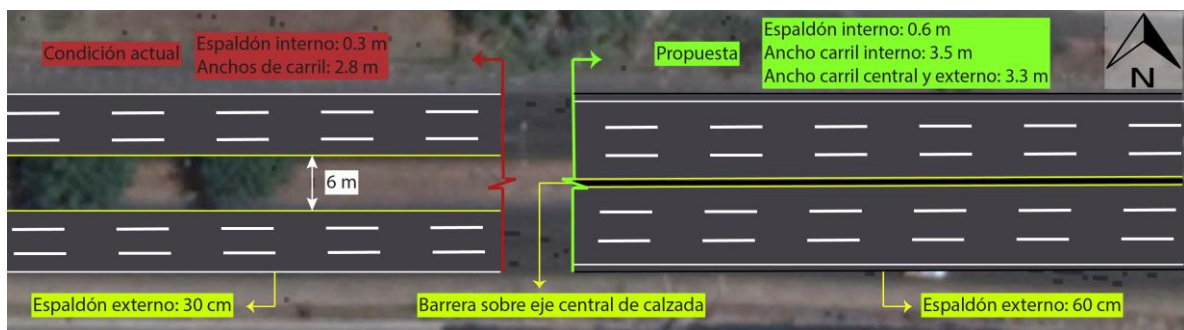


Figura 63. Diagrama de geometría propuesta vs condición actual

La posibilidad de reforestación como medida de compensación ante el impacto ambiental que conlleva la eliminación de dichos árboles. Actualmente, los árboles distinguidos en este tramo son de la especie *ficus microcarpa*, conocida popularmente como "Laurel de la India", una especie no autóctona cuya contribución ambiental y paisajística no es del todo positiva. Si se considera una siembra de árboles de especie

autóctona en otra parte, se podría plantear la propuesta general ante grupos detractores en pro del paisajismo de la vía.

Entendiendo que el tema paisajístico es un criterio subjetivo que puede llegar a ser suficiente para evitar poner en práctica la propuesta anterior, se plantea alternativamente realizar un cambio en la mediana que contemple la parte paisajística.

Teniendo en mente los mismos beneficios que se obtienen a partir de esta propuesta, se plantea una medida que contenga vegetación pero que no constituya un peligro de colisión.

La presente medida consiste en el estrechamiento de la mediana. La nueva mediana se compondrá por dos barreras rígidas (una para cada sentido) de perfil tipo media New Jersey tal y como se muestra en la siguiente imagen.

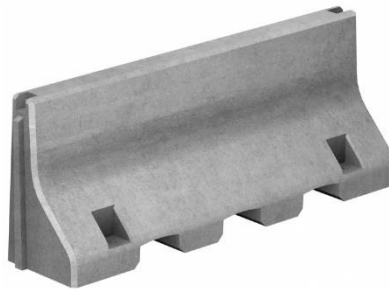


Figura 64. Ejemplo de barrera rígida a una cara

Fuente: Guía para ubicación, selección y diseño de barrera de seguridad vial

La separación entre estas será de 60 cm para aprovechar dicho espacio para la siembra de un arbusto especie *Duranta Repens*, comúnmente llamado “pingo de oro”. Este arbusto es de hoja perenne, lo que quiere decir que permanece con hojas verdes todo el año, renovando paulatinamente en lugar de perderlas. Es además una planta muy resistente, por lo cual no requerirá mantenimiento intensivo. Un ejemplo de implementación de este sistema en medianas de carreteras se da en la carretera CV-30 en Valencia, España:



Figura 65. Ejemplo doble barrera rígida con jardinera central

Fuente: Google Earth Pro v.7.3.2.549

En síntesis, la propuesta implica la remoción total de la mediana actual de dicho tramo, para posteriormente construir este nuevo tipo de mediana. Al estar compuesta por dos barreras rígidas que no admiten deflexiones grandes, dicho sistema es adecuado para dividir dos flujos de circulación. A continuación, se especifican puntualmente los beneficios asociado a esta obra:

- ✓ Cambio de un tipo de vegetación que representa un obstáculo peligroso (árboles con tronco de más de 10 cm de diámetro) a un arbusto que no representa ningún peligro ante salida de vehículos.
- ✓ Presencia de un elemento paisajístico que adicionalmente aporta una barrera natural que evita el encandilamiento del flujo contrario.
- ✓ Instalación de un sistema de división que cumple con los criterios técnicos de diseño establecidos en el manual SIECA (SIECA, 2011).
- ✓ Implementación de un sistema de contención que satisface los requerimientos de seguridad vial con base en la guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras de Costa Rica en cuanto al nivel de contención y nivel de prueba de colisión (Valverde, 2013).
- ✓ Sistema de contención implementado en países de la Unión Europea.
- ✓ Eliminación de transiciones súbitas entre dos tipos distintos de mediana (barrera rígida y mediana ancha).

- ✓ Aumento en el ancho de la calzada: esto implica que se contará con un ancho de trabajo disponible para aumentar los anchos de carril insuficientes en este tramo o bien contar con un espacio mínimo de espaldón, de modo que un vehículo que sufra un percance mecánico no se encuentre detenido interfiriendo en la totalidad del carril.

6.1.3 Sustitución de mediana en tramo Paso Ancho – I Griega

Similar al caso 6.1.2, en este tramo específico a analizar existe una transición entre una barrera rígida divisoria de flujos y una mediana ancha. En este caso, la transición es gradual, por lo que funciona mejor que en el tramo de San Sebastián. Sin embargo, existe un intercambio con la RN 175 (calle 11) en este trayecto, el cual no cuenta con longitudes de aceleración y complica la incorporación debido a que la vía cuenta con 3 carriles estrechos de alta velocidad.

El nuevo tramo a desnivel que se ubica por debajo de la rotonda de Paso Ancho cuenta con una división de barrera de concreto de perfil New Jersey completo. Por otro lado, la mediana en el segmento adyacente al tramo anterior cuenta con pocos árboles y no se encuentra en un estado óptimo de mantenimiento.

Contemplando estas condiciones se propone prolongar la barrera rígida del tramo inferior de la Rotonda de Paso Ancho, tal y como se detalla en la siguiente figura:

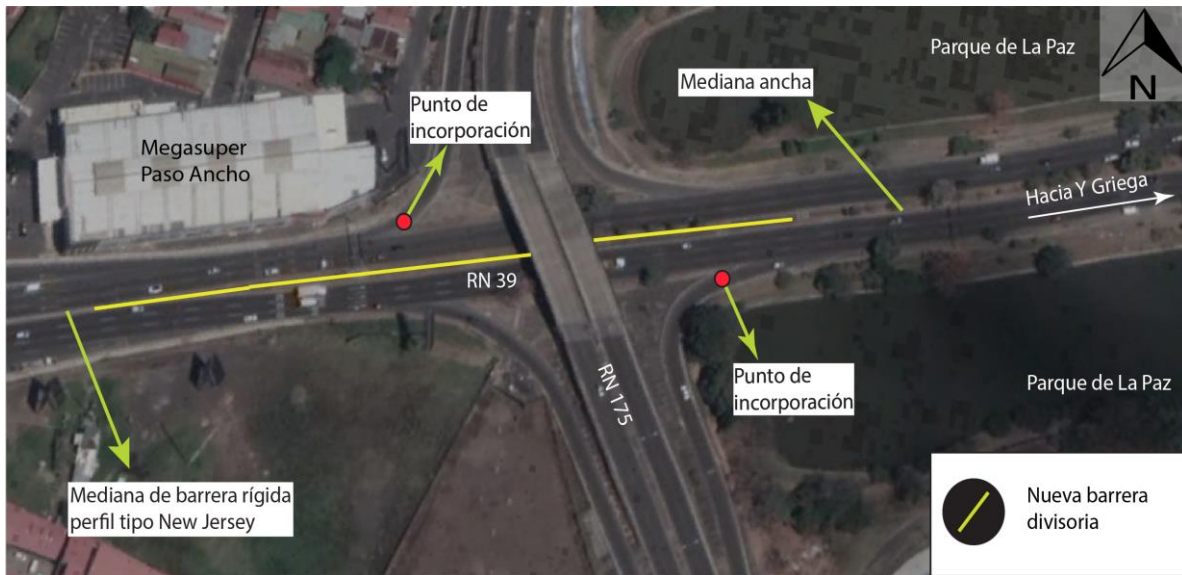


Figura 66. Alineamiento de barrera rígida propuesta en tramo I griega - Paso Ancho

En la figura anterior, la línea amarilla indica el trayecto de la nueva barrera a instalar. Esta deberá alinearse de tal forma que el eje central de la sección se ubique en el eje central de la mediana. Se detallan también los puntos de incorporación conflictivos cuyas condiciones seguirán siendo inadecuadas en términos de seguridad vial, pero que mejorarán en términos de visibilidad y ancho de carril.

Si bien la imagen se enfoca en un subtramo específico, la propuesta reside en que la totalidad de la mediana entre el paso a desnivel de Paso Ancho y el paso elevado de I Griega sea sustituida por una mediana de barrera rígida. En compensación con la eliminación de los árboles que se ubiquen en dicho trayecto, se recomienda proponer una reforestación en las zonas posibles del Parque de La Paz.

En síntesis, la propuesta anterior se justifica bajo el siguiente argumento:

- ✓ Instalación de un sistema de división que cumple con los criterios técnicos de diseño establecidos en el manual SIECA (SIECA, 2011).
- ✓ Implementación de un sistema de contención que satisface los requerimientos de seguridad vial con base en la Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de

márgenes de carreteras de Costa Rica en cuanto al nivel de contención y nivel de prueba de colisión (Valverde, 2013)

- ✓ Congruencia con el sistema de contención utilizado en la mediana al implementar una barrera de perfil tipo New Jersey completa, como en los tramos adyacentes.
- ✓ Aumento en el ancho de calzada: Implica un mayor ancho de trabajo para mejorar las condiciones de visibilidad en las incorporaciones del intercambio de la calle 11 con la RN 39.
- ✓ Eliminación de transiciones abruptas entre mediana ancha - barrera rígida y mediana ancha - mediana angosta tipo isla.

6.1.4 Propuestas para mediana en tramo entre semáforos Hatillo 4 y Hatillo 8

La mediana en este tramo se compone de un área verde con poco mantenimiento, en la cual se ubican árboles de especie autóctona en todo el trayecto y está confinada por bordillos de más de 10 cm de altura. Por las características mencionadas, esta no cumple con los requerimientos en términos de seguridad vial, por el contrario, constituyen un peligro al no presentar sistemas de contención y tener obstáculos rígidos, con las implicaciones adicionales de un bordillo elevado a escasos centímetros de la vía.

Tomando en cuenta este aspecto, y que en el tramo las velocidades máximas permitidas oscilan entre 60 y 80 km/h, en lo que concierne estrictamente a la seguridad de la vía, la primera opción debe ser la sustitución de la mediana por una que realmente cumpla técnicamente. Además de la presencia de obstáculos, se tiene que aproximadamente el 75% de este tramo no cuenta con espaldones y en algunas partes la auditoría señala que los carriles son de anchos insuficientes, los cuales fueron medidos en campo, obteniendo anchos de 2.8 m a 3 m.

Las condiciones estipuladas en el párrafo anterior evidencian la importancia de aumentar la superficie de rodamiento, en primera instancia para proporcionar anchos de carril adecuados. Es por ello que la sustitución de la mediana por una barrera rígida divisoria que ocupe menos espacio puede ser una buena opción, que garantice los beneficios puntualizados en las propuestas 6.1.1 y 6.1.2.



Figura 67. Ubicación del segmento de análisis en tramo Hatillo 8 - Hatillo 6

La figura 66 muestra el segmento específico que se utiliza como ejemplo para ilustrar los cambios positivos en la geometría de la vía que se generarían a raíz de la implementación de esta medida. De esta manera, en la figura 67 se esboza el dimensionamiento y detalle de la sección establecida.



Figura 68. Diagrama de geometría propuesta vs condición actual

En términos generales, las condiciones iniciales de la mediana son inaceptables desde la perspectiva de seguridad y el ajuste realizado no mejora dicha deficiencia. En contraparte, la existencia de los árboles provee un valor escénico y ambiental positivo además de la mitigación del encandilamiento entre flujos opuestos. El tema paisajístico y ecológico puede ser suficiente para que se imposibilite la propuesta de eliminar los árboles en este caso, por lo que, de darse este escenario, se propone un refuerzo a la mediana actual, de manera que exista una protección divisoria entre los árboles y la calzada.

Desde la perspectiva general de la vía, y como criterio objetivo mas no técnicamente viable, dejar los árboles intactos en este trayecto puede ser económicamente factible debido a que en la mayor parte del día las velocidades de operación no son tan elevadas.

En este tramo se encuentran 3 semáforos y los tramos rectos ininterrumpidos no sobrepasan los 500 m, esto impide que el flujo sea continuo y con altas velocidades.

Se propone de este modo la instalación de barreras rígidas a una cara en cada costado de la mediana, con la finalidad de proveer un sistema de contención pertinente. Dicho sistema deberá de contar con las siguientes características:

- Sistema de contención rígido.
- Deflexiones dinámicas nulas.
- Nivel de contención alto: NCC5 o H4a o TL5, como mínimo a instalar en una mediana de carreteras de altas velocidades.
- Colocada a 60 cm de la línea de carril.

Es importante destacar que, con base en las inspecciones realizadas en la vía, si bien existen tramos en donde los árboles se encuentran perfectamente alineados, puede formar parte del proceso la remoción de árboles que no se encuentran ubicados adecuadamente en el eje de la mediana y que en consecuencia se salgan del área que se pretende confinar por las barreras. Adicionalmente, deberá tratarse adecuadamente el tema de las raíces de los árboles, ya que algunas de ellas se extienden lateralmente hasta la posible ubicación de la barrera rígida.

A raíz de la implementación de esta medida, se enlistan los siguientes beneficios:

- ✓ Instalación de un sistema de contención pertinente y técnicamente justificado en un tramo que no cuenta con ningún tipo de sistema de contención para dividir los flujos.
- ✓ Protección ante obstáculos peligrosos en caso de salida de vehículos (árboles, bases de señales tipo *overhead*, entre otros).
- ✓ Solución que permite la preservación de árboles de especies nativas que contribuyen positivamente tanto al paisajismo como a nivel ecológico.
- ✓ Reducción del ancho de la mediana, permitiendo aumentar de manera mínima el ancho de la calzada.

- ✓ Instalación de un sistema que permite mantener elementos presentes en la mediana como postes de iluminación, bases de señales *overhead*, entre otros.

6.1.5 *Instalación de barrera semirrígida en mediana tramo I Griega – Garantías Sociales*

La medianera en este tramo se caracteriza por tener un ancho aproximado de 6 m, separando un tramo de 3 carriles por sentido. La diferencia con los casos anteriores, es que en esta hay poca presencia de obstáculos, teniendo en la mayoría del trayecto únicamente zacate.

Las condiciones anteriores permiten optar por barreras semirrígidas en la mediana, lo cual cuenta con la ventaja de que esta, en comparación con las barreras rígidas de concreto, provocan un menor impacto a los ocupantes del vehículo producto de que en cierta medida absorben parte del impacto.

Tomando en cuenta una deflexión dinámica de 1 m para una barrera semirrígida tipo G4 con espaciamiento máximo de postes de 2 m, este tipo de sistema satisface los requerimientos al tener una deflexión dinámica y ancho de trabajo menor a la mitad del ancho de la mediana.

Como complemento a dicha obra, se sugiere sustituir los pocos árboles que se encuentran en la medianera por arbustos bajos que no constituyan un obstáculo. De tal manera el sistema estaría cumpliendo adecuadamente al fungir únicamente como división que impida el traspaso del vehículo y que amortigüe el impacto en una distancia corta.

Las ventajas de dicho cambio se puntualizan a continuación:

- ✓ Instalación de un sistema de contención en una mediana que carece de divisiones de este tipo.
- ✓ Protección ante obstáculos presentes en la mediana como postes de iluminación y bases angostas de puente peatonal.

- ✓ Implementación de un sistema de contención relativamente económico y fácil de emplear, por lo que se puede retirar para futuras ampliaciones o aprovechamiento del espacio de la mediana.
- ✓ Congruencia con el sistema de contención empleado, puesto que existen puntos en dicha mediana resguardados por barreras semirrígidas.

6.1.6 Sustitución mediana tramo La Bandera – Santo Tomás

En este trayecto, los carriles si cuentan con el ancho necesario, por lo que no se vuelve imprescindible el aprovechamiento del espacio de la mediana para aumentar la calzada. Sin embargo, la presencia de árboles es continua, por lo que se requiere un sistema rígido de mínima deflexión que permita resguardar adecuadamente dicho obstáculo.

De esta manera, se propone la instalación de barreras rígidas a una cara en ambos costados de la mediana, con la idea de confinar los árboles y preservar la vegetación, al mismo tiempo que se construye una división adecuada entre los flujos de tránsito y los árboles, así como la separación que corresponde entre dichos flujos.

6.1.7 Sustitución mediana tramo Semáforo Hatillo 4 – paso elevado Alajuelita

Esta obra corresponde a un subtramo de alrededor de 150 m que une ambas intersecciones. La mediana de este tramo se encuentra precedida por una mediana compuesta por una barrera rígida.

Con base en esto, la propuesta reside en prolongar la barrera rígida similar al caso 6.1.4, de tal manera que exista una división pertinente entre los flujos y aumentar así el ancho de calzada. Esto último resulta necesario debido a que las bases del puente peatonal presente en este tramo se encuentran muy cercanas al borde, y las propuestas de contención para estas secciones pueden requerir un espacio mayor al disponible. La figura 69 muestra un esquema con el alineamiento de la barrera.



Figura 69. Alineamiento de nueva barrera rígida en mediana

Los círculos de colores indican los puntos clave de unión para determinar la ubicación exacta de la mediana. De esta manera, deberá comenzar en el punto verde, dándole continuidad a la barrera rígida existente. Posteriormente, se deberá ampliar en el punto azul con la finalidad de resguardar las bases del puente peatonal y finalmente deberá terminar en el punto rojo en el eje central de la mediana actual.

La terminal señalada por el punto rojo en la imagen anterior idealmente deberá contar con un amortiguador de impacto, con base en las condiciones explicadas en la sección 6.4.

6.1.8 *Resumen de sistemas de contención rígidos a emplear*

Cuadro 5. Resumen de características de sistemas de contención rígidos en medianera

Sección	Tramo	Tipo de barrera rígida	Longitud requerida (m)
6.1.1	Paso Ancho – San Sebastián	Doble cara	262
6.1.2	San Sebastián – Alajuelita	Doble cara	1000
6.1.4	Paso Ancho – I Griega	Doble cara	667
6.1.6	Entre los 3 semáforos Hatillos	Una cara	3850
6.1.8	La Bandera – Santo Tomás	Una cara	984
6.1.9	Hatillo 4 - Alajuelita	Doble cara	117
Total a doble cara			2046
Total a una cara			4834

6.2 Barreras de contención en márgenes

Dentro del diagnóstico que se detalla en la Auditoría de Seguridad Vial, existen diferentes tramos que cuentan con riesgos en las márgenes de la vía. Similar al análisis de los sistemas de contención en medianera, al no poder remover los obstáculos, se vuelve imperativa la instalación de barreras adecuadas.

En este caso, pese a que los márgenes de la vía son estrechos en su mayoría, existirán puntos en los que es posible que se genere una deflexión, por lo que se puede valorar la instalación de una barrera flexible, a diferencia del caso de la mediana en el que de ninguna manera se podía optar por esta medida. Este apartado toma importancia ya que más allá de que el 29% de los accidentes se dan por colisión a un objeto fijo, otro 28% sucede por vehículos que se salen de la vía, por lo que se puede establecer que la adecuada implementación de barreras puede ayudar a mitigar los impactos del 57% de los accidentes que suceden (COSEVI, 2011).

En términos generales, la instalación de barreras semirrígidas se propone con el objetivo de evitar (Del Pino, 2012):

- Caídas de vehículos de la carretera en los puntos en los que esta se ubica por encima de su terreno adyacente (desniveles pronunciados).
- Impactos de vehículos ante obstáculos puntuales o continuos presentes en la zona mínima libre necesaria. Para este caso, al contar con márgenes tan reducidas, la mayoría de obstáculos se ubicarán dentro de dicha zona.
- Invasión hacia una carretera adyacente producto de una salida de un vehículo en la vía principal.

El diseño de sistemas de contención en las márgenes de una vía sigue un procedimiento general que se muestra a continuación:

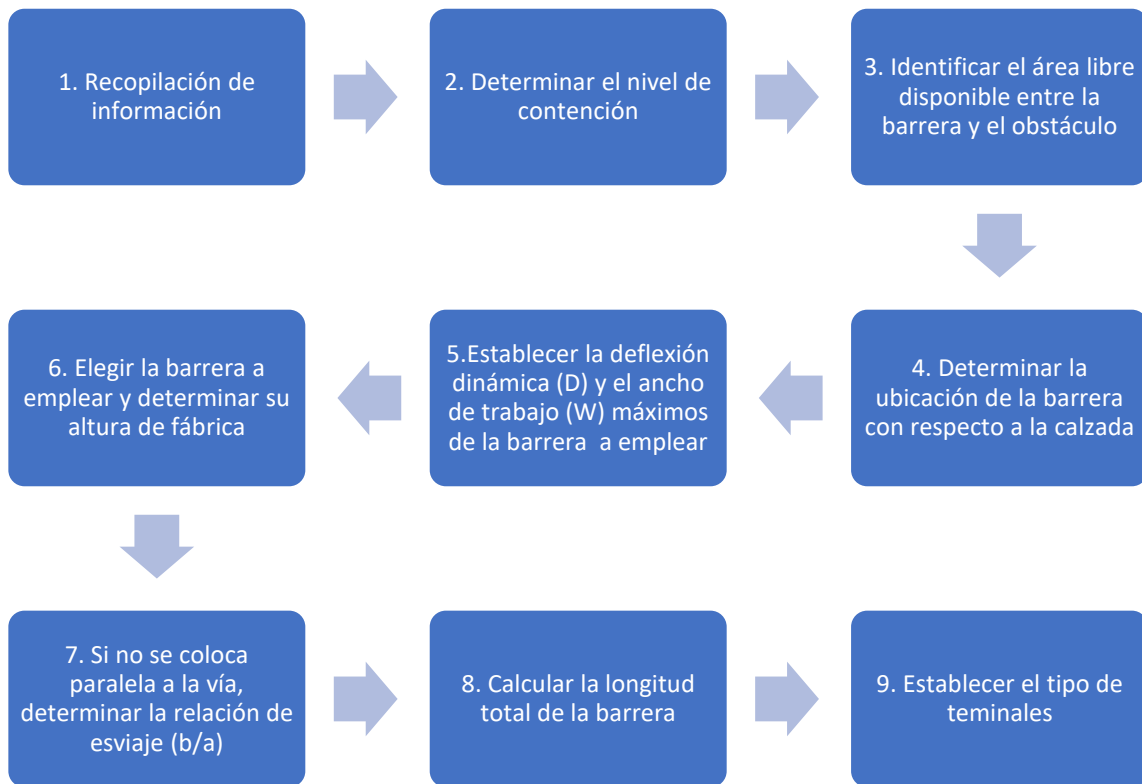


Figura 70. Algoritmo para diseño de barreras de seguridad

Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras en Costa Rica

Es importante recalcar que dicho procedimiento está fundamentado en manuales de diseño de carreteras que cuentan con condiciones distintas a la RN 39 en cuanto a las características de las márgenes. Estas discrepancias residen en la presencia de bermas y espaldones que se consideran en el diseño, las cuales imperativamente deben existir en carreteras de alta velocidad pero que no existen en la RN 39. Esto implica una cercanía de los obstáculos y consecuentemente poco espacio de trabajo como zona mínima libre disponible.

Adicionalmente, el procedimiento descrito anteriormente es específico para barreras de contención laterales que resguarden un obstáculo puntual. En el caso de la RN 39, los obstáculos son continuos y cercanos, por ejemplo, árboles, carreteras marginales, canaletas, entre otros. Esto implica que no se puede aplicar el cálculo de longitudes de esviaje en la mayoría de casos.

Adicionalmente, por la naturaleza del documento, no se puede tampoco seleccionar específicamente el tipo de barrera a emplear, puesto que son trabajos que deben someterse a concursos de licitación y no se puede restringir ante un sistema específico. Como alternativa, se proponen los requerimientos técnicos del sistema: nivel de contención, deflexiones dinámicas permisibles, ancho de trabajo y tipo de terminales. Además, se especifican los detalles generales como la longitud de la barrera, su ubicación específica en función de los obstáculos a resguardar y tipo de accidente que pretende evitar y la posición con respecto a la calzada.

A continuación, se establecen las obras relacionadas a las barreras de contención en las márgenes de la vía. Para identificar los tramos en los que se desarrollan las propuestas, se muestra una imagen que divide la ruta en subtramos definidos por los puntos importantes de la ruta como pasos elevados, intersecciones a nivel y a desnivel, etc.

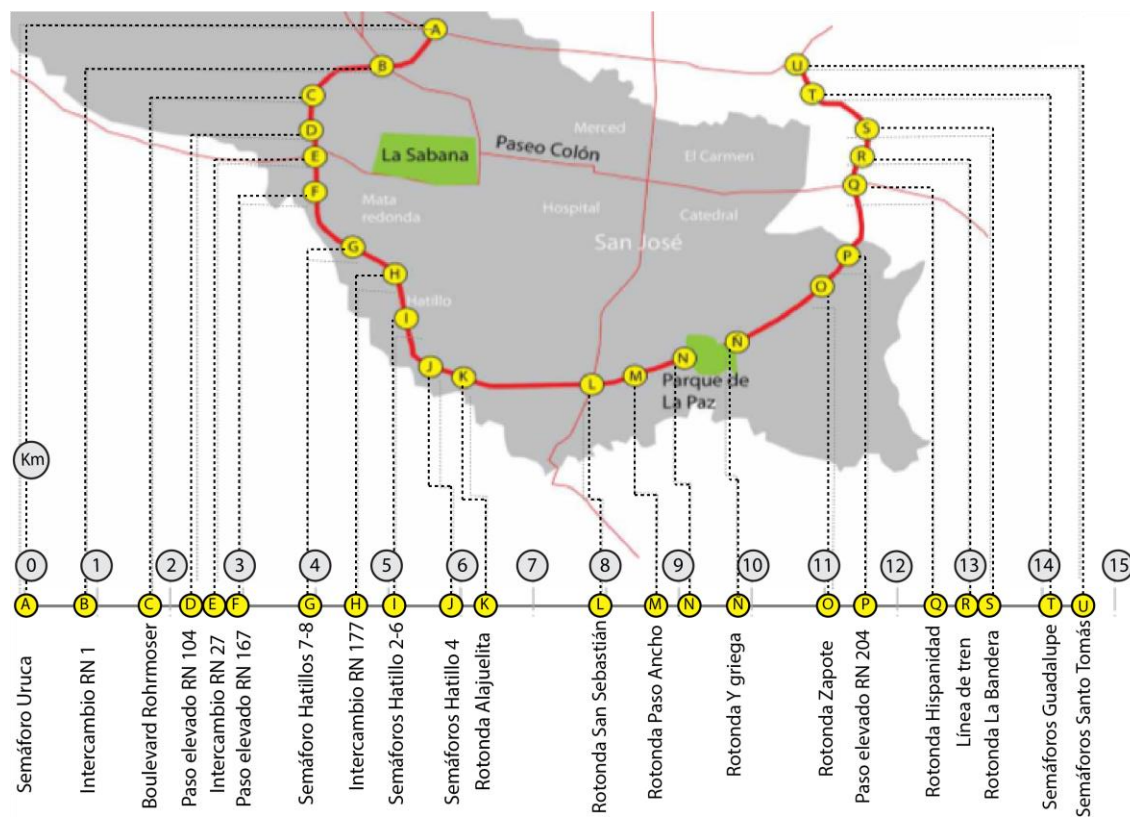


Figura 71. División de tramos para análisis de márgenes

6.2.1 *Condiciones generales del sistema a emplear*

Pese a que, como se establece anteriormente, el procedimiento no es aplicable en su totalidad para el caso de la vía de análisis por sus características, el establecimiento de los requisitos que deben cumplir los sistemas de contención a emplear debe ser fundamentado bajo los procesos que establece la guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carretera en Costa Rica (Valverde, 2013).

Por simplicidad, se determinan previamente los aspectos del diseño que obedecen a las características específicas de la vía, los cuales son:

- El nivel de contención del sistema (paso 2)
- La ubicación de la barrera con respecto a la calzada (paso 4)

El nivel de contención mínimo puede variar dependiendo del tramo en el que se encuentre. Esto porque va en función del nivel de severidad de un accidente a la hora de la salida de un vehículo en el punto de análisis, velocidad de diseño y el volumen y composición del tránsito (Valverde, 2013).

Para accidentes con un nivel de riesgo normal, si la velocidad de diseño es menor o igual a 80 km/h, el nivel de contención requerido es de NCC2. Esto se cumple para la totalidad de la vía ya que no existen tramos que admitan una velocidad superior, por lo que si el accidente a evitar satisface esas características (ver cuadro 17 de anexos), sin importar en que parte de la vía sea se toma como base dicho nivel de contención.

En cuanto a los casos de riesgo alto, los cuales constituyen los accidentes muy graves, graves para terceros o graves, es necesario comparar la composición del tránsito en tanto la velocidad de diseño supere los 60 km/h, lo cual también ocurre en todo el trayecto. En este caso, si se pretende evitar un accidente que entre en este grupo, se necesita comparar la composición del tránsito con los valores mínimos para cada nivel de contención para una carretera de doble calzada.

Si bien la composición del tránsito es cambiante, previamente se revisaron todas las estaciones con base en los resultados del anuario de tránsito más reciente. De esta manera, tomando en cuenta los porcentajes de cada estación con registro sobre la RN 39, se realizan las comparaciones para cada una de ellas y se establece el nivel de contención aplicable para cada tramo. A continuación, se muestran los resultados del establecimiento del nivel de contención para cada estación con datos de TPD.

Cuadro 6. Selección del nivel de contención a emplear

Sección	Estación	% ≥ 5 ejes	% > 2 ejes	% ≥ 2 ejes	% BusCamión	NCC6	NCC5	NCC4	NCC3	NCC2
19090	0	3,13	4,8	8,91	11,72	NO	NO	NO	NO	SI
19091	109	1,88	3,56	8,85	11,35	NO	NO	NO	NO	SI
19092	109	1,88	3,56	8,85	11,35	NO	NO	NO	NO	SI
19093	178	0,2	0,71	5,08	6,23	NO	NO	NO	NO	SI
19094	218	1,51	3,05	7,12	9,23	NO	NO	NO	NO	SI
19095	145	2,01	3,4	10,12	10,59	NO	NO	NO	NO	SI
19096	213	1,87	3,63	10,88	11,31	NO	NO	NO	NO	SI
19097	126	1,49	2,74	9,27	10,29	NO	NO	NO	NO	SI
19098	743	1,49	2,74	9,27	10,29	NO	NO	NO	NO	SI
19099	817	1,31	2,55	8,66	9,82	NO	NO	NO	NO	SI
19100	818	1,47	2,76	8,57	10,2	NO	NO	NO	NO	SI
19101	209	0,88	1,62	5,5	6,44	NO	NO	NO	NO	SI
19102	133	0,56	1,24	4,79	5,7	NO	NO	NO	NO	SI
19089	137	0,45	1	4,3	6,12	NO	NO	NO	NO	SI
19103	177	0,78	1,35	4,68	6,16	NO	NO	NO	NO	SI
19103	186	1,73	2,86	7,76	8,08	NO	NO	NO	NO	SI
19105	184	0,67	1,29	5,38	6,96	NO	NO	NO	NO	SI

Fuente: Anuario de tránsito 2017

De esta manera, el nivel de contención mínimo a tomar en cuenta aplicable para la totalidad de la vía es NCC2 que corresponde a un nivel de contención medio-bajo, el cual se puede denominar con respecto a otras normas como H1 o TL3. Esto no implica que en todos los casos se implementarán sistemas con este nivel de contención, puesto que la deflexión dinámica permisible regirá sobre el nivel de contención a emplear.

En cuanto a la separación máxima entre la calzada y la barrera, la guía nacional de diseño de márgenes recomienda valores en función de la velocidad de diseño y la cantidad de carriles (Valverde, 2013). Esto dependerá del tramo en específico, aunque a nivel general la velocidad de diseño es de 80 km/h. Para aquellos tramos que cuenten con 3 carriles por sentido, la barrera no podrá ubicarse a más de 50 cm de la calzada, mientras que para los tramos de 2 carriles la separación máxima es de 2.5 m.

Ahora, la aplicabilidad de este criterio no se dará siempre debido a la falta de espacio, por lo que el distanciamiento se manejará en términos estándar como a 50 cm de la calzada, satisfaciendo ambos requerimientos.

La sección 6.2.11 resume, además del nivel de contención justificado en esta sección, los otros aspectos restantes a contemplar para el establecimiento de la barrera a emplear, los cuales son el ancho de trabajo y la longitud del sistema.

6.2.2 Instalación de barrera semirrígida en tramo G-H

Entre el semáforo de Hatillo 8 y el intercambio con la radial Alajuelita – Sabana, se identificó la presencia de árboles en los márgenes de la vía, específicamente en el margen sur, que colinda con Hatillo 7. Adicionalmente, se identifica que se cuenta con espacio mínimo para desarrollar cualquier tipo de propuesta.

Para este caso lo que corresponde es la eliminación de los árboles y la construcción de una adecuada separación entre la marginal (avenida 22 A) y la RN 39. Sin embargo, se podría dificultar o incluso imposibilitar el trámite para la remoción de los árboles. La distancia entre los árboles y el borde de la calzada es variable, por lo que se recomienda remover únicamente aquellos que se encuentren a menos de 1 m de la vía e instalar una barrera semirrígida de baja deflexión dinámica.

Dadas las condiciones críticas de los márgenes, éste, al igual que la mayoría de los casos, no podrá ser resuelto siguiendo al pie de la letra la metodología de la Guía para el Análisis y Diseño de Seguridad Vial de Márgenes de Carreteras de Costa Rica (Valverde, 2013).

Alternativamente se propondrá un sistema y se verificará que cumpla los requerimientos mínimos.

Como medida complementaria a la instalación del sistema, es necesario retirar tres *mupis* publicitarios, los cuales constituyen una distracción en una carretera que requiere particular atención por parte del conductor producto de las altas velocidades y deficientes condiciones de diseño geométrico. Adicionalmente, estos elementos son rígidos; cuentan con una base de concreto que puede resultar peligrosa ante la salida de un vehículo y se encuentran más cerca de la calzada que los árboles.

Al tratarse de varios árboles en fila, el obstáculo es continuo, por lo que la longitud de la barrera será de 520 m, la cual corresponde a la longitud sobre la cual se determina técnicamente la necesidad de instalación del sistema. Lo anterior se atribuye a la separación de la vía principal con la marginal, presencia continua de árboles y tramo de alta velocidad con susceptibilidad de colisión. Esta longitud abarca desde el semáforo de Hatillo 8, hasta la salida de la RN 39 en dirección al intercambio con la radial de Alajuelita, tal y como se muestra en la siguiente figura:



Figura 72. Localización y especificación de barreras tramo G-H

Dicha barrera puede presentar deflexiones, por lo que se puede mantener un sistema semirrígido de nivel de contención NCC2 con un ancho de trabajo que no exceda los 0.8 m.

6.2.3 Instalación de barrera semirrígida en margen oeste del tramo H – I

Se determina que en este margen se encuentra una marginal y así como en el caso 6.2.2, hay presencia de árboles y una marginal a resguardar. Dada la similitud al caso anterior, se propone la instalación del mismo tipo de barrera (NCC2 y ancho de trabajo de 0.8 m). De este modo se protegen a los usuarios de la vía de la colisión ante uno de estos obstáculos y también se resguarde la marginal y quienes transitan en esa zona.

Similar a la mayoría de casos, la longitud será de 265 m, la cual comprende desde la incorporación a este sentido de la RN 39 del acceso proveniente de la Radial Alajuelita,

hasta el puente peatonal ubicado al costado norte de los semáforos de Hatillo 6. La figura 73 muestra el esquema de los detalles técnicos de esta propuesta.

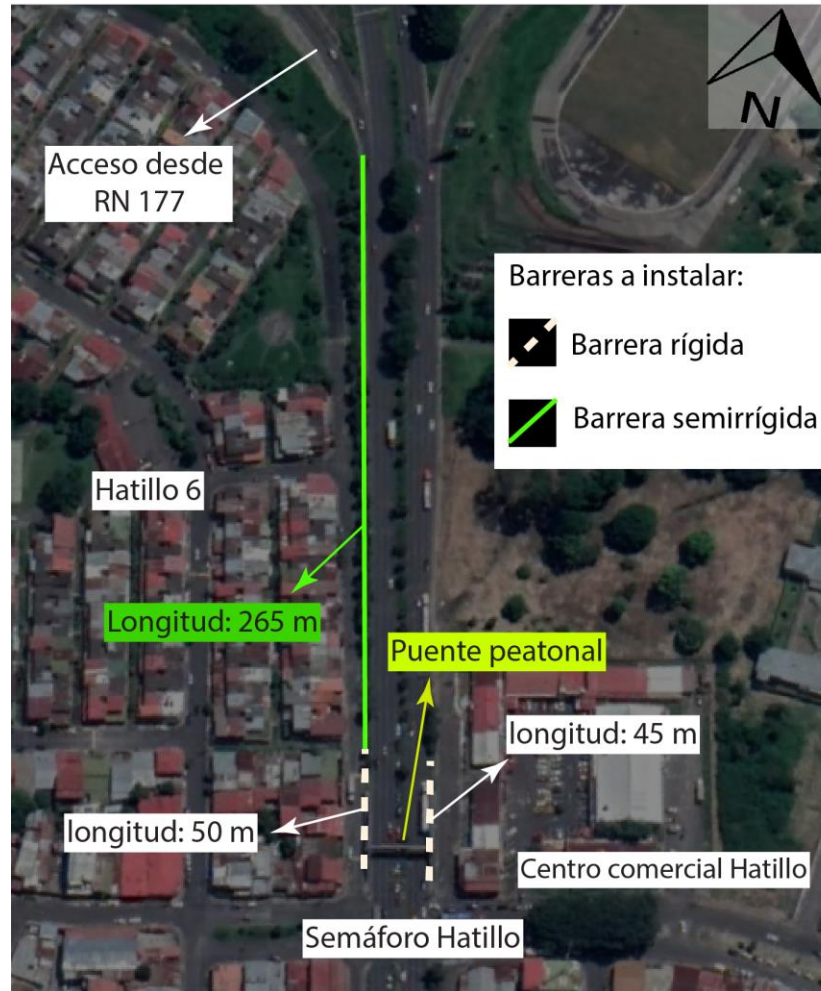


Figura 73. Localización y especificación de barreras tramo H-I

6.2.4 *Instalación y refuerzo de barrera semirrígida en margen suroeste tramo I-J*

Este tramo presenta características idénticas a las descritas en los casos anteriores. Existen marginales que en algunos puntos se encuentran al mismo nivel de la vía y en otros existen diferencias considerables de nivel. Para aquellos puntos en los que la marginal se encuentre por debajo del nivel de la circunvalación, se deberá proveer

refuerzo que tenga la altura y rigidez suficientes para prevenir volcamientos de los vehículos hacia dicha carretera.

Los refuerzos se deberán instalar en la curva 150 m al oeste del semáforo de Hatillo 4, además en las cercanías de dicha intersección existe un tramo sin resguardar que presenta árboles muy cerca de la calzada y a nivel. Las medidas en este punto se muestran a continuación.



Figura 74. Localización y especificación de barreras tramo I-J margen sur y norte

Con base en el análisis de sitio, se recomienda mantener el mismo nivel de contención, pero en este caso las deflexiones dinámicas permisibles son mayores, por lo que se sugiere implementar un sistema semirrígido que aporte menos rigidez que los implementados anteriormente.

Con respecto al tramo que requiere refuerzo, este deberá contar con la altura suficiente para prevenir el volcamiento de vehículos y deberá proveer rigidez ya que la barrera que se encuentra en el sitio es semirrígida con distanciamiento entre postes superior a los 3 m, lo cual implica menor rigidez y deflexiones dinámicas por encima de 1.4 m. En caso de que el refuerzo resulte contraproducente, alternativamente se puede optar por una barrera rígida que se encuentre adecuadamente unida a las barreras semirrígidas adyacentes.

Existen tractos que se encuentran resguardados por barreras semirrígidas, sin embargo, es necesario resguardar más puntos. En cuanto al margen oeste del tramo de análisis, esta es la ubicación propuesta de la barrera semirrígida:



Figura 75. Localización y especificación de barreras tramo I-J margen oeste

Similar a los casos anteriores, la barrera guardavía constituye una separación física necesaria y aplicable entre la RN 39 y las marginales adyacentes. En la guía para el diseño de márgenes, se establece que el tratamiento ante la presencia de todo tipo de vías paralelas se debe de colocar barreras de seguridad (Valverde, 2014). Por lo que técnicamente, se respalda la necesidad de su instalación para este y otros casos en los que suceda lo mismo.

La diferencia de este caso es la proximidad de los obstáculos a la vía. Es por esto que se acepta el mismo nivel de contención, sin embargo las deflexiones dinámicas deberán ser las menores posibles, preferiblemente 0.6 m.

6.2.5 Instalación y refuerzo de barrera semirrígida en margen noreste tramo I-J

Si bien este tramo, por estar confinado entre semáforos, no debería presentar altas velocidades en muchas horas, sigue siendo necesario resguardarlo contemplando que en horas no convencionales o incluso bajo condiciones de tránsito fluido en horas convencionales, se desarrollan altas velocidades de operación. Adicionalmente, se evidencian barreras semirrígidas aisladas en ciertas partes de la ruta, cuya longitud y ubicación no parece obedecer un criterio técnico, puesto que, bajo un análisis básico, hay partes en las que se debe prolongar. La figura 76 muestra la ubicación necesaria de uno de los elementos de contención para este tramo específico.



Figura 76. Localización y especificación de barreras tramo I-J margen noreste

Dicha barrera semirrígida contará con el mismo nivel de contención que las anteriores, sin embargo, las deflexiones dinámicas deberán ser tal que no lleguen a generar un ancho de trabajo del sistema de 0.8 m.

Es claro que la función en este caso de la instalación de una barrera semirrígida es resguardar la vía en estudio ante la posible salida de un vehículo. Inicialmente, lo más lógico es que la RN 39, al contar con velocidades de operación elevadas y condiciones geométricas deficientes, es más susceptible a que un vehículo se salga de la misma de una manera riesgosa para los terceros.

Sin embargo, si bien en las marginales no se desarrollan altas velocidades de operación, se vuelve necesario resguardarlas en aquellos tramos específicos en los que esta se encuentre más elevada. Esto ya que la salida de un vehículo, se vuelve igualmente

peligroso para los usuarios de la RN 39 independientemente de la velocidad que transita, producto exclusivamente de la diferencia de altura. A continuación se ilustra el tramo específico a resguardar de la marginal en el punto en el que existe una diferencia considerable de altura.



Figura 77. Localización y especificación de barreras sobre marginal tramo I-J

Las barreras sobre las marginales pretenden impedir caídas o evasiones accidentales por parte de los vehículos que transiten sobre ellas. Estas carreteras son de velocidades bajas, por lo que la sugerencia es optar por el sistema semirrígido más económico posible, que sea capaz de soportar adecuadamente el peso de un vehículo.

6.2.6 *Instalación de barrera semirrígida en margen norte tramo J-K*

Una vez más, la evidencia de barreras semirrígidas en algunos puntos de este tramo justifica por sí misma la necesidad de su instalación al determinar puntos en los que no hay y se deben construir. El tramo J-K comprende tan solo 380 m, y producto de la

construcción del paso elevado en la rotonda de Alajuelita (o rotonda Rancho de Guanacaste), se puede percibir la instalación de las barreras pertinentes (aunque más adelante se señalará el mal estado de amortiguadores de impacto).

A continuación, se muestra, al igual que los incisos anteriores, los tramos donde es necesaria la instalación de una barrera semirrígida, con su respectiva longitud, y donde se evidencia la ubicación de barreras existentes.



Figura 78. Localización y especificación de barreras tramo J-K

Esta obra corresponde entonces a la instalación de 185 m de barrera semirrígida en el acceso este, proveniente del paso elevado de Alajuelita. Si bien en dicho trayecto hay una velocidad restringida de 60 km/h, puede suceder (con base en evidencia de accidentes sucedidos en el semáforo peatonal de la facultad de derecho de la Universidad de Costa Rica), que los vehículos aceleren con tal de aprovechar el ciclo del semáforo y no esperar al siguiente.

Además, cercano al puente peatonal y como parte del tramo reforzado, se ubica una intersección tipo CEDA de un carril de incorporación proveniente de la rotonda de Alajuelita, por lo que se multiplican las posibilidades de una colisión que saque a un vehículo al costado de la vía.

En términos generales, las deflexiones dinámicas pueden ser de hasta 1 m dadas las condiciones de sitio y las bajas velocidades de diseño en este tramo; sin embargo, se

propone un ancho de trabajo de 1 m, en consecuencia, deflexiones dinámicas de la barrera menores a los 0.9 m.

6.2.7 Instalación de barrera semirrígida y rígida en margen tramo K-L

Este tramo es uno de los que más intervención requiere, puesto a que se ubica entre dos pasos a desnivel que como obras no fueron planificadas de manera integral. El hecho de que existan estas intersecciones a desnivel, implica que la carretera en este segmento tiene un flujo libre normalmente y en consecuencia se desarrollan velocidades elevadas. Además, también cuenta con presencia de barreras semirrígidas a los costados.

Cabe destacar que la instalación de estas barreras complementa la obra 3.1.2 y 3.1.3 y será aún más funcional a la hora de modificar la calzada, aprovechando el espacio que se generaría a raíz de la ejecución de la propuesta 6.1.2. Resulta necesario entonces ya sea ejecutar ambas obras simultáneamente o bien realizar esta primero con una ubicación que cumpla también para el momento en que se ejecuten los cambios en la geometría de la vía asociados al cambio en la medianera.

En el sentido oeste – este, o bien la margen sur, se ubica una cuneta de sección peligrosa, sin embargo, la principal característica es que cuenta con una marginal paralela, por lo que debe colocarse una barrera en los subtramos en los que no haya una diferencia de nivel considerable. En este tramo se ubicó además una barrera semirrígida que ya está colisionada, lo que indica que su instalación dio resultado y que se debe reparar.

En la auditoría de seguridad vial se indica la necesidad de resguardar el flujo de la marginal y la presencia de obstáculos en dicha división, lo cual se puede constatar en la siguiente imagen.



Figura 79. Condición margen sur tramo K-L

Cuando se trata de resguardar la vía ante un obstáculo específico, existen fórmulas para determinar la longitud de la barrera. Para este caso, dado que no se trata de resguardar un obstáculo, sino de colocar una barrera que evite que los vehículos impacten al flujo de la marginal, esta se deberá de colocar en toda la margen divisoria entre la RN 39 y la marginal avenida 52 A.

Como resultado, se establece como obra la instalación de una barrera semirrígida a lo largo de dicho trayecto. La longitud final sería de 265 m y su ubicación se muestra en la siguiente imagen satelital.



Figura 80. Localización y especificación de barreras tramo K-L margen sur Bambú Ecoplaza

Las características de la margen que resguarda la barrera anterior permiten la posibilidad de que la barrera genere deflexiones, por lo que el ancho de trabajo del sistema puede ser de hasta 2 m.

La margen norte de este tramo presenta la ventaja de que en un 35% de la misma, no hay presencia de una marginal y existe un talud que no cuenta con características críticas: no posee una superficie irregular y rocosa y tampoco presenta cambios de nivel abruptos. Sin embargo, se constató un problema no mencionado en la Auditoría de Seguridad Vial, el cual consiste en la presencia de postes de electricidad rígidos.

La margen sur en las cercanías de la rotonda de San Sebastián se encuentra al mismo nivel de altura de la marginal avenida 52 A, por lo que se le debe dar continuidad a la barrera semirrígida como medida de seguridad vial establecida para los casos anteriores. En el caso de la margen sur, esta barrera se uniría a dos barreras existentes.

En la margen norte es necesario darle la continuidad a la barrera en la margen del acceso proveniente de la rotonda a desnivel de San Sebastián. Esto con la finalidad de resguardar la marginal que se encuentra a nivel y proporcionar una división protectora para las bases del puente peatonal.

La barrera presenta una discontinuidad contemplando que sobre esta margen estará ubicada una bahía de autobús propuesta como sustitución a la parada existente (ver medida 4.2.1). Seguidamente, se prolonga en el tramo donde se encuentran los postes de tendido eléctrico. La figura 81 esboza lo establecido en los párrafos anteriores.



Figura 81. Localización y especificación de barreras tramo K-L margen sur y norte sector este

En adición a la instalación de la barrera semirrígida como labor mínima e insuficiente para garantizar la seguridad vial que requiere la ruta, es necesario eliminar 2 elementos de publicidad y trasladar los cuatro postes de electricidad que se encuentran a centímetros de la vía y que se señalan en la imagen anterior. Estos obstáculos constituyen un peligro inminente ante la salida de un vehículo y su ubicación no permitiría a la barrera semirrígida realizar su deflexión dinámica ante el impacto en ese punto, por lo que este sistema de contención sería insuficiente para este caso.

Es claro que para este caso, las barreras no podrán tener deflexiones considerables, por lo que se sugiere la instalación de un sistema semirrígido con las menores deflexiones dinámicas posibles: 0.6 m.

Siguiendo con este tramo, en las cercanías de la rotonda de Alajuelita, se requieren modificaciones a los sistemas de contención existentes debido a las mismas condiciones de las marginales adyacentes. A continuación, se muestra un esquema de la propuesta:



Figura 82. Localización y especificación de barreras tramo K-L margen sur y norte sector oeste

Se propone la instalación de barreras rígidas en las cercanías del puente peatonal y barreras semirrígidas como separación de la ruta con las marginales presentes. Como recomendación alternativa y fuera del alcance del documento, se propone la

reconstrucción del puente peatonal señalado en la imagen anterior, conocido como "puente piano". Lo anterior debido a que sus características involucran obstáculos peligrosos en las márgenes de la vía y bases centrales que limitan el espacio disponible para realizar las obras pertinentes. Adicionalmente, no se encuentra en buen estado y es uno de los pasos elevados peatonales más utilizados de la ruta (Aguilar, 2014).

Como mínimo, en cuanto a este tema, se pueden eliminar las estructuras de las escaleras y dejar solo las rampas, ya que ambos elementos no se encuentran ligados estructuralmente. De ser posible, los peatones no abordarán el puente tan cerca de la vía y habrá espacio para instalar un sistema de contención rígido que los resguarde como se debe. En caso de construirse un nuevo puente, este podría ubicarse posteriormente en los accesos cerrados que se muestran en la figura, justo al lado de la ubicación actual, de esta manera se cuenta con un mayor ancho de trabajo.

Las barreras semirrígidas en este caso tendrán uniones con los sistemas existentes, ya sea semirrígido o rígido. Para el caso rígido la unión deberá ser tal que no quede expuesto el borde de la barrera rígida, como se especifica en casos anteriores. Para el caso de la terminal del segmento de 20 m, esta podrá estar embebida en el suelo como las terminales de las barreras existentes en el tramo, ya que en ese punto la barrera estará por encima del nivel de la calzada.

Aquellos segmentos de las márgenes que se encuentran sin barrera divisoria es porque el nivel de la vía en ese punto se encuentra por debajo del nivel de la marginal y el talud no cuenta con condiciones peligrosas que obliguen a la instalación de un sistema de contención. Sin embargo, igualmente se recomienda proveer un sistema de contención semirrígido en las marginales para evitar que un vehículo de dicha carretera adyacente pueda caer accidentalmente a la RN 39. A continuación se muestran estos puntos y los detalles de la instalación.



Figura 83. Localización y especificación de barreras en marginal tramo K-L

6.2.8 *Instalación de barrera semirrígida en margen tramo M-Ñ*

Entre los pasos a desnivel de Paso Ancho y la I Griega se ubica un tramo confinado por el Parque de La Paz, lo cual implica la existencia de árboles y cuerpos de agua, elementos riesgosos en las márgenes de la misma.

Existen barreras aisladas, sin embargo, se requiere que ambas márgenes estén resguardadas en su totalidad. Sustituyendo la mediana por una barrera rígida, como se establece en el inciso 6.1.4, se contaría con mayor ancho disponible para la colocación de la barrera. Esta obra deberá contemplar la anterior de modo que la ubicación de la misma se mantenga en caso de que se realice esto primero y no de manera simultánea. Similar a los casos anteriores, la figura 84 ilustra las medidas descritas en este párrafo.



Figura 84. Localización y especificación de barreras tramo M-Ñ

Considerando que los obstáculos (árboles) se encuentran cercanos a la vía, el rango de deflexión para la barrera en este tramo es reducido. Se sugiere técnicamente implementar barreras semirrígidas con deflexiones dinámicas bajas, preferiblemente un ancho de trabajo menor a los 0.8 m.

6.2.9 Instalación de barrera semirrígida y rígida en tramo Ñ – O

Este tramo comprende desde el paso elevado de la I griega hasta la rotonda Garantías Sociales. La auditoría de seguridad vial señala problemas específicos en la margen sureste en este trayecto, y adicionalmente se realizaron recorridos para constatar si el problema seguía existiendo y determinar la existencia de otros incumplimientos.

Se comprobó la existencia de un canal profundo que constituye un peligro ante la salida de un vehículo. En este punto existe un entrecruzamiento que ocurre a velocidades altas, originado por una intersección tipo CEDA correspondiente al carril de aceleración del acceso proveniente de la rotonda de la I griega, y la salida hacia la marginal diagonal 34, usada para acceder a la tienda Shoppers y a los barrios Las Luisas y Quesada Durán. Dichas condiciones, como se ha analizado anteriormente, aumentan la probabilidad de

accidentes graves y en consecuencia se da la posibilidad específica de que un vehículo salga de la vía y termine en dicho canal.

Las condiciones del espacio en sitio permiten colocar una barrera rígida, que contará con una longitud aproximada de 100 m. Para este caso, la barrera semirrígida no funciona debido a que cualquier deflexión podría generar que el carro termine cayendo en la cuneta.

Retomando la idea anterior que establece que las márgenes de los carriles de entrecruzamiento deberán analizarse para ser resguardas en virtud de que son tramos con mayor susceptibilidad de accidentes, resulta necesario analizar la margen noreste, específicamente la longitud de entrecruzamiento entre los vehículos que se dirigen hacia la rotonda de la I Griega y los vehículos que se incorporan a la RN 39 desde el sector de barrio Córdoba.

Esta margen posee una barrera semirrígida de aproximadamente 90 m de longitud, adicionalmente existe un área libre que oscila entre los 4 y 9 m. Se propone de esta manera, dada la existencia de dicho sistema de contención, prolongarlo a toda la longitud de entrecruzamiento. Esta medida contribuiría a su vez con el cierre de accesos ilegales aprovechados por negocios locales. A continuación, se muestra del mismo modo que los casos anteriores, un esquema de la propuesta.



Figura 85. Localización y especificación de barreras tramo Ñ-O

Con base en el análisis de sitio, se recomienda que las barreras semirrígidas a empelar no cuenten con anchos de trabajo mayores a 1 m.

Las terminales de las barreras semirrígidas no requerirán protección particular puesto que el comienzo de la misma se da en un punto de baja velocidad, es suficiente embeberla en el suelo como se recomienda en los casos anteriores.

Por otro lado, la configuración de la barrera rígida deberá ir exactamente en la dirección del recorrido de la baranda divisoria que existe actualmente. De hacerlo de esa manera, no se requerirán protecciones especiales porque no quedarán filos o "narices" que representen un punto conflictivo.

6.2.10 Instalación de barrera rígida y semirrígida en tramo S-T

Las márgenes de los tramos O-P-Q-R-S no serán intervenidas por dos razones. Primero, la Auditoría de Seguridad Vial no señala ningún problema específico de este tipo, únicamente detalles en la mediana. Además, este tramo se caracteriza por la presencia de negocios, accesos privados, intersecciones con avenidas, semáforos peatonales, intersección con

línea de tren y en su inicio y final se encuentran rotondas a nivel. Estas características se traducen en que la velocidad de diseño es menor y los márgenes son mínimos producto de la presencia constante de negocios y demás.

Es por esto que se procede a identificar los problemas específicos señalados para el tramo S-T y valorar la instalación de sistemas de contención que puedan implementarse como solución. Se destaca puntualmente una protección inadecuada para el cauce del río Torres en la zona libre mínima necesaria y la presencia de obstáculos rígidos como bases de puentes peatonales y de señales tipo *overhead*.

La auditoría señala solamente un punto en el cual existe una malla como separación entre el cauce y la vía, sin embargo, en la margen opuesta la división la constituye una barrera semirrígida con amplio espaciamiento entre postes (poco rígida). Es por ello que la propuesta inicial consiste en la sustitución tanto de la malla, como de la barrera semirrígida existente, por un sistema rígido que sea capaz de impedir que un vehículo se salga por estos puntos. Adicionalmente, se propone la extensión de una de las barreras semirrígidas existentes con la finalidad de brindar protección ante obstáculos rígidos detectados en la margen. Esta medida se resume en la siguiente imagen, siguiendo el mismo formato que los incisos anteriores.



Figura 86. Localización y especificación de barreras tramo S-T

El rango de deflexiones es reducido, por lo que la barrera semirrígida deberá contar con las condiciones más rígidas posibles, con un ancho de trabajo menor a los 0.8 m.

Por otro lado, sobre este mismo tramo en las cercanías de la rotonda de la bandera, existe un puente peatonal que cuenta con sus bases resguardadas únicamente en una de sus márgenes, que casualmente es la de menor velocidad de operación. Esto se constató en una visita y siguiendo los mismos criterios básicos implementados como justificación para la instalación de sistemas de contención, se propone resguardarlo con una barrera semirrígida de poco distanciamiento entre postes, los detalles de su ubicación y longitud en conjunto con lo mencionado en este párrafo se explica a continuación.



Figura 87. Localización y especificación de barrera puente peatonal La Bandera

Al tratarse de resguardar las bases de un puente tan cercano a la calzada, no existe espacio suficiente para deflexiones considerables, por lo que se recomienda que dicha barrera semirrígida tenga el mismo ancho de trabajo del caso anterior; es decir, un ancho de trabajo de 0.8 m.

6.2.11 Resumen de aspectos técnicos de los sistemas de contención a emplear

Como resumen de todo lo establecido anteriormente, los sistemas de contención se subdividen en los siguientes tipos:

- Barrera semirrígida a instalar sobre márgenes de la RN 39 (verde)
- Barreras rígidas a instalar sobre márgenes de la RN 39 (punteado blanco)
- Barrera semirrígida a instalar sobre las marginales o puntos secundarios (anaranjado)
- Refuerzos a sistemas semirrígidos existentes (celeste)

En cuanto a los dos primeros puntos, se resumen las longitudes, niveles de contención, deflexiones dinámicas a considerar y niveles de contención de cada barrera sugerida para cada tramo.

Cuadro 7. Cuadro resumen de aspectos técnicos de barreras a instalar en márgenes

Tramo	Margen	Nivel de contención	Tipo de sistema	Ancho de trabajo (m)	Longitud total (m)
G-H	Suroeste	NCC2	Semirrígido	≤ 1.9	520
H-I	Oeste	NCC2	Semirrígido	≤ 1.5	265
I-J	Oeste	NCC2	Semirrígido	< 0.8	230
I-J	Sur	NCC2	Semirrígido	≤ 1.8	120
I-J	Norte	NCC2	Semirrígido	≤ 1.8	40
I-J	Este	NCC2	Semirrígido	≤ 1.9	110
J-K	Norte	NCC2	Semirrígido	≤ 1.0	140
J-K	Norte	NCC5	Rígido	-	42
K-L	Sur (fig. 54)	NCC2	Semirrígido	≤ 2.0	265
K-L	Sur (fig. 55)	NCC2	Semirrígido	≤ 0.8	370
K-L	Sur (fig. 56)	NCC2	Semirrígido	≤ 0.8	85
K-L	Norte	NCC2	Semirrígido	≤ 0.7	450
K-L	Norte y Sur	NCC5	Rígido	-	150
M-Ñ	Ambos	NCC2	Semirrígido	< 0.8	850
Ñ-O	Noroeste	NCC2	Semirrígido	≤ 1.0	220
Ñ-O	Sureste	NCC5	Rígido	-	100
S-T	Norte y Noreste	NCC2	Semirrígido	< 0.8	130
S-T	Ambos	NCC5	Rígido	-	53

Con relación a las barreras semirrígidas ubicadas sobre las marginales, estas no requieren una rigidez particular puesto que las velocidades de diseño y operación de dichas carreteras son muy bajas. Sin embargo, sigue siendo necesaria la instalación por los factores mencionado anteriormente. De esta manera, no existe restricción en las deflexiones dinámicas, por lo que se recomienda un sistema de contención nivel NCC2 que sea económico y lo suficiente fuerte para resistir una colisión leve de un vehículo.

Cuadro 8. Cuadro resumen de aspectos técnicos de barreras a instalar en marginales

Tramo	Margen	Nivel de contención	Tipo de sistema	Ancho de trabajo (m)	Longitud total (m)
I-J	Noreste	NCC2	Semirrígido	2	285
K-L	Norte	NCC2	Semirrígido	2	110
K-L	Sur	NCC2	Semirrígido	2	55

6.3 Instalación de atenuadores de impacto

Con la finalidad de amortiguar el impacto de un vehículo ante un obstáculo estructural de la vía, se deben instalar atenuadores de impacto. La función de este es básicamente como un paracaídas, que se enfoca en aumentar el nivel de desaceleración del vehículo a la hora de colisionar con un obstáculo.

En particular, se justifica la instalación de atenuadores de impacto en los siguientes casos:

- “Narices” en rampas de salida: Ocurre en la divergencia de salida o bifurcación de un carril. Es necesaria la instalación en caso de no contar con una longitud de al menos 60 m a partir del punto de apertura del carril (Valverde, 2014).
- Comienzo de medianas de barrera doble: En este caso, si existe una distancia menor a los 40 m entre el inicio de este tipo de mediana y el primer obstáculo

situado en la misma, se requiere la implementación del atenuador (FOMENTO, 1995).

La RN 39 cuenta con tres pasos elevados que presentan la necesidad de la instalación de amortiguadores producto del inicio de la barrera de contención. A continuación, se detallará el tipo de atenuador y la localización exacta de los mismos como obras para solventar el problema de seguridad vial que representan los obstáculos descritos en el párrafo anterior.

6.3.1 Re-instalación de dos atenuadores de impacto en paso elevado de Rotonda Alajuelita

Durante la construcción de esta obra, se instalaron adecuadamente los atenuadores de impacto en los dos puntos de colisión correspondientes al inicio del sistema de contención lateral rígido. Sin embargo, tanto en la auditoría como en la inspección de campo durante la realización de este documento, se constató que dichos amortiguadores están colisionados tanto frontal como lateralmente, tal y como se evidencia en las figuras 88 y 89.



Figura 88. Estado amortiguador este paso elevado Alajuelita

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39



Figura 89. Estado amortiguador oeste paso elevado Alajuelita

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39

Un atenuador de impacto colisionado constituye un riesgo de seguridad vial, que puede tener implicaciones fatales en caso de una colisión. Por ello se propone la re-instalación de un amortiguador que cumpla con los siguientes requisitos:

- Nivel de contención CCA2: Nivel para carreteras separadas con velocidades de diseño que oscilen entre 65 y 85 km/h.
- Clasificación TL2: Certificación de estándar a cumplir según los ensayos normados por el Manual de Evaluación de Seguridad Vial de Estados Unidos "MASH" (Valverde, 2013).

Para que el nuevo amortiguador de impacto sea aceptado, debe contar con la certificación de haber sido ensayado con la normativa descrita anteriormente, obteniendo la clasificación tipo TL 2. Alternativamente, puede ser evaluado con la normativa europea EN 1317, cumpliendo con una clasificación 80.

6.3.2 Instalación de dos atenuadores de impacto en paso elevado Rotonda I Griega

En el año 2002, se construyó el paso elevado de la RN 39 sobre la rotonda de la I Griega. Al término de su construcción, el inicio de las barreras rígidas del paso no contaba con la protección necesaria, y al día de hoy, el borde presenta escoriaciones que evidencian las colisiones sucedidas en dicho punto.



Figura 90. Estado "nariz" de barrera oeste paso elevado I Griega

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39



Figura 91. Estado "nariz" de barrera este paso elevado I Griega

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39

Ambas imágenes corresponden a los dos inicios de la barrera rígida del paso elevado en cuestión. Es específicamente en estos puntos que se propone la instalación de atenuadores de impacto que cumplan con los requerimientos establecidos en el inciso 6.3.1 del presente documento.

6.3.3 Instalación de atenuadores de impacto en rotonda San Sebastián

Durante el recorrido se identificó el mismo problema diagnosticado en los incisos 6.3.1 y 6.3.2, sin embargo, no se encuentra señalado en la auditoría. Si bien el problema no es tan evidente y dicha estructura no presenta señales claras de colisiones, sigue siendo un problema de seguridad a tratar y que satisface las necesidades establecidas en la sección 6.3 para que la instalación del mismo sea justificable.

Se propone, específicamente en el comienzo de la barrera rígida que divide las rampas de salida del flujo principal de la circunvalación en sentido oeste-este, la instalación de atenuadores de impacto que tengan las mismas características de los incisos 6.3.1 y 6.3.2.

6.3.4 Instalación de atenuador de impacto en paso elevado de La Hispanidad

Uno de los detalles que no fueron señalados en la Auditoría de Seguridad Vial pero que fueron revisados en los recorridos fue la presencia de una "nariz" en el comienzo de la barrera rígida lateral del paso elevado de La Hispanidad en su acceso sur. También se evidencian escoriaciones y representa un obstáculo con alta susceptibilidad a ser colisionado puesto que el carril de salida es un carril de entrecruzamiento, lo cual aumenta la probabilidad de que un conductor se vea forzado a hacer la maniobra de salida cerca del paso elevado y en consecuencia cerca de dicho obstáculo.

6.3.5 Instalación de atenuador de impacto para inciso 6.1.7

Dada la propuesta de una barrera divisoria nueva cuyo comienzo es contiguo al semáforo de Hatillo 4, existirá una nariz que se debe resguardar con base en el fundamento técnico explicado en la sección 6.3. Este amortiguador deberá satisfacer los mismos requerimientos que los anteriores y se ubicará en la terminal señalada en la figura 69, inciso 6.1.7.

6.3.6 Resumen de amortiguadores de impacto requeridos

A continuación se muestran tabulados la cantidad total de amortiguadores de impacto requeridos, con su respectiva ubicación y las características técnicas que deben cumplir para que su funcionamiento sea el adecuado.

Cuadro 9. Localización y especificación de amortiguadores de impacto requeridos

Sección	Ubicación	Nivel de contención	Clasificación (MASH/EN 1317)	Cantidad
6.3.1	Paso elevado Alajuelita	CCA2	TL2 / 80	2
6.3.2	Paso elevado I griega	CCA2	TL2 / 80	2
6.3.3	Paso elevado San Sebastián	CCA2	TL2 / 80	1
6.3.4	Paso elevado Hispanidad	CCA2	TL2 / 80	1
6.3.5	Mediana nueva Hatillo 4	CCA2	TL2 / 80	1
Total				7

6.4 Refuerzos de contención en bases de puentes

Cuando un obstáculo se ubica muy cerca de una barrera, y este tiene una altura superior a la misma, hay que considerar la posibilidad de que vehículos más altos se inclinen e impacten la estructura (Valverde,2014).

Esto toma particular trascendencia cuando se trata de obstáculos como bases de puentes. A diferencia de los casos anteriores, ya no trata únicamente de proteger al conductor de la colisión, sino también de resguardar un elemento que da soporte a una estructura grande. Uno o más impactos serios podrían llegar a provocar que la estructura colapse y se generen inconvenientes mayores.

Debido a lo anterior, aunado al principio fundamental de proteger a los usuarios de una vía de alta velocidad de obstáculos rígidos, se proponen medidas específicas en los puentes vehiculares y peatonales y que pasan por encima de la RN 39. Producto de las

características del alineamiento de la ruta, esta es cruzada por 12 puentes peatonales y 5 pasos elevados de otras rutas, por lo que es de esperar que existan problemas asociados a este tema.

6.4.1 Instalación de barreras rígidas en bases de puente peatonal Hatillo 6

Esta propuesta se encuentra contemplada dentro del inciso 6.2.3. Se propone la instalación de barreras rígidas en ambos costados de la vía, de ser posible, con la finalidad de resguardar a los peatones ante una posible salida de vehículo y también proteger a los usuarios de la carretera de los obstáculos rígidos que constituyen las bases del puente.

6.4.2 Instalación de barreras rígidas en bases de puente peatonal Hatillo 4

Se señala en la auditoría de seguridad vial que las bases del puente peatonal que cruza la circunvalación en el sector de Hatillo 4, específicamente 300 m oeste del paso elevado en la rotonda de Alajuelita, no cuentan con la protección adecuada y se encuentran dentro de la zona libre necesaria.



Figura 92. Bases de puente peatonal en mediana sin resguardar

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39



Figura 93. Bases de puente peatonal en margen sin resguardar

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39

Dada la existencia de los obstáculos rígidos que se muestran en las figura 92 y en la figura 93, se requiere un sistema de contención que resguarde dichos elementos. Debido a que no existen espacios considerables para que se generen deflexiones, se propone instalar un sistema rígido tanto en las márgenes como en la medianera.

Esta propuesta está integrada para el caso del refuerzo requerido en las bases centrales del puente peatonal, en la figura 68, inciso 6.1.7. Por otro lado, los refuerzos de las bases laterales ubicadas en las márgenes de la RN 39, se contemplan en la figura 77 del inciso 6.2.6.

6.4.3 Instalación de barrera rígida en bases del puente calle 11 (RN 175)

El paso elevado de la RN 175 se ubica al costado oeste del parque de la paz, específicamente diagonal al Megasuper de Paso Ancho, en el costado sureste. Las bases en los márgenes de la vía se encuentran debidamente alejadas de la misma, sin embargo, en la medianera están ubicados dos pilares del puente que no se encuentran resguardados por ningún tipo de sistema, representando un obstáculo en una posible trayectoria de colisión.



Figura 94. Bases paso elevado RN 204

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39

En este punto, la medianera cuenta con el ancho suficiente para la instalación de barreras rígidas. Esta medida va de la mano con la propuesta 6.1.4. Al prolongar la barrera rígida en este punto, se debe realizar una bifurcación de modo que resguarde ambas caras de las bases del puente. Dicha bifurcación se debe realizar de manera gradual, de modo que no sea una transición súbita y represente un peligro para los conductores.



Figura 95. Ubicación de bases de puente RN 204

6.4.4 *Instalación de barrera semirrígida reforzada en bases del puente RN 204*

La RN 204, ruta importante que comunica a los distritos de San Francisco de Dos Ríos, Zapote y el sur de Los Yoses, cuenta con un paso elevado sobre la RN 39 que se ubica 450 m al noreste de la rotonda de las Garantías Sociales. La particularidad de este puente es que presenta pilares que se apoyan en la mediana de la vía, y estos no cuentan con ningún tipo de protección ante la salida de un vehículo, tal y como se muestra en la siguiente figura:



Figura 96. Bases paso elevado RN 204

Se propone un sistema de contención semirrígido de baja deflexión dinámica (≤ 0.7 m). Medidas de este tipo se implementaron en la autopista Florencio del Castillo para las bases del puente del intercambio hacia La Galera.



Figura 97. Ejemplo sistema de contención en bases de paso elevado Florencio del Castillo

Como se evidencia en la foto, se implementa una barrera de triple onda cuyas deflexiones dinámicas oscilan entre los 0.6 y 0.8 metros, y adicionalmente es reforzada con una estructura metálica para prevenir el volcamiento.

7. Obras adicionales

En esta sección se incluyen todas aquellas obras específicas que no entran en la categorización de las secciones anteriores, pero siguen siendo preponderantes en temas de seguridad vial tanto para los peatones como para los usuarios de la vía.

7.1 Instalación de mallas en medianera

En las especificaciones técnicas de diseño y construcción de pasos peatonales superiores definidas por el MOPT, se establece en el inciso 5 de los requisitos obligatorios del puente peatonal, la instalación de mallas a un mínimo de 100 metros a cada lado del puente en la mediana con la finalidad de desalentar o imposibilitar el paso de los peatones por debajo del mismo.

Esta propuesta consiste en integrar a las medidas anteriores la instalación de mallas en la medianera. Las especificaciones de las mallas deberán suplir las necesidades escénicas que quedan fuera del alcance de los aspectos a destacar en este documento.

En resumen, existen 12 puentes peatonales, sin embargo, no es tan simple como asignar 200 m de malla a cada puente debido a que no todos cuentan con una mediana continua en su parte inferior para la instalación de la misma producto de la cercanía de intersecciones. A continuación, se muestra la cantidad de metros de malla requeridos y sugeridos a instalar en cada puente:

Cuadro 10. Resumen de longitudes requeridas de malla en mediana

Número de puente	Ubicación	Longitud 1 (m)	Longitud 2 (m)
1	Contiguo a semáforo Hatillo 8	10	100
2	Contiguo a semáforos Hatillo 2 y 6	20	100
3	Costado oeste plaza de fútbol Hatillo 3	100	100
4	Contiguo a semáforo Hatillo 4	90	100
5	300 m este de paso elevado Alajuelita	100	100
6	350 m oeste de paso a desnivel San Sebastián	100	100
7	350 m este de paso a desnivel San Sebastián	100	100
8	Contiguo a Parque de La Paz	100	100
9	Zapote entrada a Barrio Córdoba	100	100
10	Contiguo a rotonda La Bandera	68	100
11	Contiguo a cementerio Guadalupe	100	100
12	Contiguo a Walmart Guadalupe	56	100
Longitud total de malla requerida		2144 m	

7.2 Reconstrucción puente en Barrio 15 de Setiembre

Conocido por algunas fuentes bibliográficas como "puente piano" (Aguilar, 2014), este es el paso peatonal elevado número 5 dentro de la clasificación realizada en la sección 7.1 de este documento. De los puentes peatonales visitados, es el que se encuentra en peor estado para los peatones, siendo incluso peligroso en su parte elevada al contar con un agujero longitudinal en la pasarela superior y no estar resguardada adecuadamente.

Adicionalmente, la ubicación del mismo no se puede catalogar como óptima debido a que en sus cercanías (alrededor de 200 m a 350 m hacia el este del puente) se ha evidenciado tanto en recorridos como en resultados de la auditoría el cruce de peatones a través de la vía.

Particularmente, este puente cuenta con la complejidad adicional de que se ubica en un punto estrecho de la vía y es exclusivamente por este que existe un cambio súbito de tres a dos carriles en el sentido Oeste a Este. El reemplazo o modificación de este puente peatonal por uno que ocupe menos espacio o la reconstrucción de otro puente con las condiciones de seguridad adecuadas solamente 40 m hacia el este de la ubicación actual es una medida que no es económica pero que generará muchos beneficios como los que se enlistan a continuación:

- ✓ Infraestructura nueva y segura que incite a los peatones a hacer uso de la misma, contribuyendo a una reducción de peatones que cruzan indebidamente por la vía.
- ✓ Paso elevado que, con el debido fundamento técnico, podrá contar con una ubicación que sea óptima y beneficiosa para la mayor cantidad de peatones.
- ✓ Ingreso seguro de los peatones a la estructura, asumiendo que el diseño del paso elevado tomará en cuenta dicho aspecto de manera imperativa.
- ✓ Distanciamiento adecuado con respecto a la calzada del obstáculo que constituyen los elementos estructurales del paso elevado, lo cual permitiría resguardarlo de mejor manera.

- ✓ Ubicación menos conflictiva para los usuarios de la vía, ya que actualmente se ubica a 30 m de una intersección tipo CEDA de un carril de incorporación proveniente de la rotonda de Alajuelita.
- ✓ El ancho de la calzada en este punto crítico podrá aumentarse de modo que se mantengan continuos los tres carriles por sentido, favoreciendo tanto el nivel de servicio como la seguridad vial de la ruta.

7.3 Adecuación puente peatonal Hatillo 8

La Auditoría de Seguridad Vial señala problemas de cruce de peatones debajo del puente peatonal, que no podrán ser solucionados simplemente con la instalación de mallas debido a que el paso elevado solo cuenta con escaleras para poder ascender. Ejemplo de esto se evidencia en la siguiente imagen, en donde una mujer se ve forzada a cruzar sobre la vía debido a que no puede subir con el coche que lleva.



Figura 98. Cruce forzado debajo del puente peatonal Hatillo 8

Fuente: Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39

Dadas estas condiciones, la solución para propiciar el cruce adecuado de peatones haciendo uso del puente peatonal es la instalación de un ascensor o la construcción de una rampa adicional. Puentes peatonales similares como el ubicado en la cercanía de la

plaza de Hatillo 3 o cerca del acceso de Barrio Córdoba en Zapote, fueron acondicionados con ascensores que, durante los recorridos de inspección de este trabajo, se evidenció el funcionamiento adecuado del sistema y el aprovechamiento del mismo por parte de los peatones.

Entendiendo los peligros que conlleva forzar tanto a personas discapacitadas, como a padres o madres de familia con un coche cruzar aprovechando lapsos de un ciclo de semáforo que no está facultado para generar una interrupción tal que permita la existencia un paso peatonal seguro, es fundamental que el puente peatonal se acondicione con una de las dos medidas anteriormente sugeridas.

Toma preponderancia la recomendación del ascensor dada la falta de espacio, el éxito en otros lugares y la similitud de la infraestructura con respecto a estos mismos sitios.

8. Estimación de costos y conjunto de obras

El presupuesto que se desarrolla contempla costos generales de las medidas sugeridas. La finalidad del mismo consiste en ofrecer un estimado, a groso modo, de los costos, para orientar al CONAVI en la asignación del presupuesto para el conjunto de obras propuesto.

La estructura del presupuesto parte de costos unitarios obtenidos mediante solicitud de cotizaciones a diferentes empresas vía correo electrónico y consulta telefónica. Los costos obtenidos mediante correos electrónicos se adjuntan en los anexos del documento. A continuación, se resumirán los costos asociados a cada conjunto de obras, que corresponden a los títulos de cada capítulo del documento.

Cuadro 11. Estimación de costos por tipo de obra

Inciso	Rubro	Cantidad	Costo unitario (₡)	Costo total (₡)
3.1	Cierre con barrera New Jersey	5	400,000.00	2,025,000.00
3.2	Ampliación de carretera	660 m ²	36,000.00	23,760,000.00
4.1	Traslado de parada	1	200,000.00	200,000.00
4.2	Nueva bahía de autobús	3	6,200,000.00	18,600,000.00
4.3	Reubicación de paradas	4	200,000.00	800,000.00
5.1	Líneas alertadoras	945 m	5,000.00	4,725,000.00
5.2	Señales de tránsito	21	95,000.00	1,995,000.00
5.3.1	Demarcación	1 km	1,200,000.00	1,200,000.00
5.3.2	Estoperoles	42 un	8,000.00	36,000.00
5.4	Demarcación retroreflectiva	2	28,400.00	56,800.00
6.1	Mediana rígida a doble cara	2046 m	40,500.00	82,863,000.00
6.1	Mediana rígida a una cara	4834 m	39,000.00	188,526,000.00
6.2	Barrera semirrígida	4440 m	58,045.00	257,719,800.00
6.2	Barrera rígida	345 m	126,800.00	43,746,000.00
6.2	Barrera semirrígida marginal	450 m	54,000.00	24,300,000.00
Inciso	Rubro	Cantidad	Costo	Costo total (₡)

			unitario (€)	
6.3	Atenuadores de impacto	6 un.	10,520,000.00	63,120,000.00
7.1	Mallas	2144 m	69,000.00	147,936,000.00
7.2	Puente peatonal	1	90,000,000.00	90,000,000.00
7.3	Ascensor	1	24,000,000.00	24,000,000.00
Total			€ 975,608,600.00	

Con base en el análisis técnico establecido en el capítulo 2, específicamente en el cuadro 4, se establecen conjuntos de obras correspondientes al nivel de riesgo del problema que se pretende resolver, los cuales están clasificados en dicho cuadro.

Los conjuntos de obras se subdividen en tipos de obras, los cuales representan el nivel de título 2 de la estructura de este documento. Estos adicionalmente contemplan la coherencia en el orden de realización de las obras .

Cuadro 12. Conjunto de obras propuesto

Orden conjunto de obras	Inciso	Obras por realizar
1	3.1	Cierre de accesos e intersecciones indebidas
	5.1	Medidas de tráfico calmado
	7.1	Instalación de mallas en medianera
	6.1	Sistemas de contención en medianera y ajustes en geometría de la vía
2	6.2	Instalación de barreras de contención en márgenes
	6.3	Instalación de amortiguadores de impacto
	6.4	Refuerzos de contención en bases de puentes
3	4.1	Traslado de paradas de autobús a marginal
	4.2	Construcción de bahías de autobuses
	4.3	Reubicación de parada de autobús
4	5.2	Instalación de señales verticales
	5.3	Mantenimiento y modificación a señalización horizontal
	5.4	Demarcación de obstáculos riesgosos
5	7.2	Reconstrucción puente peatonal Barrio 15 de setiembre
	7.3	Instalación de ascensor puente peatonal Hatillo 8
	3.2	Modificaciones a accesos e intersecciones indebidas en la ruta

9. Conclusiones y recomendaciones

9.1 Conclusiones

- La Ruta Nacional N°39 es una carretera urbana confinada por aglomeraciones urbanas que ha sido modificada para aumentar su capacidad, sin embargo el derecho de vía es limitado, lo que ocasiona diferentes problemas de seguridad vial como anchos de carril insuficientes, ausencia de bahías de autobús, ausencia de espaldones, presencia de obstáculos constantes, cambios abruptos de sección, entrecruzamientos indebidos, cruce de peatones y ciclistas a través de la vía, accesos indebidos a negocios, entre otros.
- Con la finalidad de mejorar el nivel de servicio de la vía y reducir la susceptibilidad de accidentes, se requieren cerrar 4 accesos de vía pública que generan intersecciones en la vía, todos ubicados en el tramo entre pasos a desnivel de San Sebastián y Alajuelita.
- Los problemas de seguridad vial asociados a anchos de carril inadecuados y ausencia total de espaldón pueden ser resueltos aprovechando el espacio disponible como derecho de vía de la mediana en algunos tramos.
- La Ruta Nacional N°39 cuenta con múltiples paradas de bus en las que los vehículos se detienen en un carril de la vía. Debido a esto se sugiere la construcción de 3 nuevas bahías de autobús y, producto de la falta de espacio, el traslado de 5 paradas más.
- Las características de la ruta en estudio provocan que se desarrollen altas velocidades en tramos donde el volumen de tránsito es elevado y existen muchos entrecruzamientos, intersecciones a nivel o diferentes peligros. Es por ello que se opta por implementar medidas de tráfico calmado para reducir la velocidad en 5 puntos donde se detectan problemas de velocidad y accidentabilidad.
- Se requiere implementar señalización vertical, no solo para los fines usuales de alertar y orientar a los usuarios de la vía, sino también para controlar la presencia de peatones y ciclistas en la misma.
- La falta de espacio en muchos casos impide generar obras que protejan ante la presencia de obstáculos en las márgenes, por lo que existen puntos específicos en

los que no queda más opción que alertar al conductor de la presencia de los mismos a través de demarcaciones que llamen la atención.

- Se requiere instalar, en aproximadamente 7 km de la vía, sistemas de contención en la mediana que garanticen la seguridad vial necesaria, ya sea para la división de los flujos o para la protección ante obstáculos presentes en la misma.

9.2 Recomendaciones

- Entendiendo que al momento de la realización del presente documento se están comenzando las obras del paso a desnivel de la rotonda de las Garantías Sociales, se recomienda velar por que exista una integración segura con los tramos adyacentes y evitar problemas de disminución de anchos de vía y empeoramiento de la superficie de rodamiento tal y como sucede en el tramo confinado entre los pasos a desnivel de San Sebastián y Paso Ancho.
- Con la finalidad de no incurrir en el error de proponer medidas que no vayan a cumplir una vida útil conveniente, se requieren estudios de factibilidad que contemplen el tiempo que durarían las obras en caso de que luego sean removidas por uno de los proyectos.
- Dado que las propuestas involucran el aprovechamiento de las marginales, se requiere mejoras en estas tanto en su estructura de pavimento, como señalización y anchos de vía.
- Es necesario un análisis detallado del flujo peatonal que atraviesa la vía, de esta manera se puede contar con estudios que respalden los puntos conflictivos de cruce de peatones para la construcción de puentes peatonales.
- Para proponer medidas específicas que favorezcan la circulación segura de los ciclistas, resulta necesario realizar estudios de circulación para establecer rutas aledañas, de manera que los ciclistas no se vean obligados a utilizar la RN 39, entendiendo que las condiciones de espacio imposibilitan la existencia de ciclovías adecuadas.

- El establecimiento de un proceso de inspección que identifique que los sistemas de contención se encuentren funcionando adecuadamente es fundamental para tomar las medidas posibles, entendiendo que con base en lo que se establece en este documento, un amortiguador colisionado se convierte en un peligro inminente en la vía.
- Se recomienda de manera general que los sistemas de contención a emplear cuenten con certificados del fabricante de ensayos a escala real para las características establecidas de nivel de contención y ancho de trabajo del sistema.
- Establecer un plan de mantenimiento de los sistemas de contención propuestos para evitar que dejen de funcionar o que incluso se transformen en un peligro; ejemplo: amortiguadores de impacto colisionados.
- Seguir la ejecución de las obras de manera integral, entendiendo que algunas de las propuestas van de la mano de la realización de otras y puede ser eficiente realizarlas en simultáneo para ese caso.
- Contemplar, para futuros proyectos de ampliaciones, los pasos elevados en las rotondas de las Garantías Sociales y La Bandera y demás que se realicen a lo largo de la RN 39, que estas obras deben integrarse adecuadamente a los segmentos adyacentes de la vía, de modo que no queden subtramos con malas condiciones de funcionalidad producto de no intervenirlos durante dicho proyecto.
- Es recomendable realizar estudios de factibilidad técnica de la implementación de las medidas que cuenten con menor aceptación o menor urgencia para contar con un sustento objetivo para no aplicarlas. Asimismo, se recomienda también realizar estudios de factibilidad económica para aquellas obras que ya sea requieran inversiones adicionales a las propuestas en este documento o bien cuenten con menor aceptación, para tener el respaldo técnico que justifique su implementación.
- Identificar aquellas obras que pueden ser afectadas por grupos detractores, y, con base en los criterios técnicos estipulados en el presente documento que justifican dichas medidas, realizar la negociación pertinente explicando la necesidad de llevar a cabo la obra. Parte de la justificación técnica involucra los principales argumentos que pueden respaldar las inquietudes o controversias de detractores.
- Realizar análisis funcionales para proceder a construir una de las rehabilitaciones recomendadas de los accesos (intersecciones) cerrados en caso de que esto tenga

implicaciones negativas claras en el nivel de servicio. Si por alguna razón se decide rehabilitar alguno de los accesos no contemplados para ello o bien rehabilitar uno de los sugeridos con una propuesta distinta a la recomendada en este documento, se deberá verificar que dicha opción nueva cumpla los requisitos mínimos de seguridad vial y no se retomen las características anteriores del mismo.

- Si bien no forma parte del alcance del documento, el estado de la estructura de pavimento de la RN 39 y sus sistemas de drenaje inciden directamente en el confort y en la seguridad de la vía. Por lo que se recomiendan auditorías específicas del estado de la vía en estos aspectos de manera que se puedan proponer soluciones pertinentes.

Fuentes de consulta

Aguilar, K. (2014). *39: plan de movilidad integral para carretera de circunvalación*. Montes de Oca: UCR.

Araya, J. (2017). *Capacidad de intersecciones sin semáforo*. San José.

Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. (2010). *Medidas de Tráfico Calmado Guía Práctica*. Santiago.

Del Pino, J. (2012). *Barreras metálicas de seguridad en administraciones públicas*. Madrid.

Espinoza, R. (2014). *Metodología para evaluar la susceptibilidad de accidentes de tránsito considerando parámetros de seguridad vial de la infraestructura en vías urbanas*. San Pedro: Universidad de Costa Rica.

Gómez, N., & Castro, F. J. (2012). *Estudio de la distribución espacial de accidentes de tránsito con víctimas en el cantón de San José*. San José: Consejo de Seguridad Vial.

Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2017). *Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39*. San José.

Rodríguez, I. (3 de Noviembre de 2016). Accidentes viales toman tercer lugar como causa de muerte en Costa Rica. *La Nación*, pág. 2.

Rodríguez, R., & Cubillo, M. (2017). *Auditoría de Seguridad Vial Ruta Nacional N°39*. San José: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Rojas, J. L. (2014). *Análisis de sitios de concentración de choques en el anillo de circunvalación*. San Pedro: UCR.

- Rojas, L. (2014). *Análisis de sitios de concentración de choques en el anillo de circunvalación*. San Pedro: UCR.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2011). *Manual Centroamericano de Normas para el Diseño Geométrico de Carreteras*.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana. (2015). *Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control de Tránsito*. Guatemala.
- Tejeda, J. (2013). *Análisis de sitios de concentración de accidentes y propuesta de soluciones técnicas en el Cantón Central de San José*. Montes de Oca: Universidad de Costa Rica.
- Valverde, G. (2008). *Informe de Auditoría Técnica de Seguridad Vial Carretera Florencio del Castillo*. San Pedro: Universidad de Costa Rica.
- Valverde, G. (2009). *Análisis de Seguridad Vial en los Márgenes de la Carretera Florencio del Castillo*. San Pedro: LANAMME.
- Valverde, G. (2013). *Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras de Costa Rica*.
- Valverde, J. T. (2013). *Análisis de sitios de concentración de accidentes y propuesta de soluciones técnicas en el Cantón Central de San José*. San Pedro de Montes de Oca: Universidad de Costa Rica.
- Zuñiga, J. C. (2017). *Anuario de Información de Tránsito 2017*. San José: MOPT.

Anexos

Cuadro 13. Dimensiones típicas para una parada de autobús

Diseño	Entrada (m)	Parada (m)	Salida (m)	Ancho (m)	Longitud Total(m)
Para un bus	9	15	15	3	39
Para un bus	12	15	20	4	47
Para dos buses	9	30	15	3	54
Para dos buses	12	30	20	4	77
Para tres buses	12	45	20	4	77

Fuente: Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.
Modificado por: Lapentti, 2017.



Figura 99. Dimensionamiento recomendado de bahía de autobús

Fuente: Manual Centroamericano de normas para el Diseño Geométrico de Carreteras.

Cuadro 14. Separación de líneas logarítmicas

		Diferencia de velocidades (km/h) / Número de líneas requeridas						
		20/13	30/20	40/26	50/32	60/38	70/44	80/51
S E P A R A C I O N m E N T R E L I N E A S (m.)		15.25	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25	15.25
		11.75	12.55	13.10	13.50	13.70	13.90	14.05
		9.55	10.70	11.50	12.05	12.50	12.80	13.05
		8.05	9.30	10.25	10.90	11.45	11.85	12.15
		6.95	8.25	9.25	10.00	10.60	11.05	11.40
		6.10	7.40	8.40	9.20	9.80	10.30	10.70
		5.50	6.70	7.70	8.50	9.15	9.70	10.10
		4.95	6.10	7.15	7.95	8.60	9.15	9.60
		4.50	5.65	6.60	7.40	8.10	8.65	9.10
		4.15	5.25	6.20	7.00	7.65	8.20	8.65
		3.85	4.85	5.80	6.60	7.25	7.8	8.25
		3.55	4.55	5.45	6.25	6.90	7.45	7.90
			4.30	5.15	5.90	6.55	7.10	7.55
			4.05	4.90	5.60	6.25	6.80	7.25
			3.85	4.65	5.35	6.00	6.55	7.00
			3.65	4.45	5.10	5.75	6.30	6.75
			3.45	4.25	4.90	5.50	6.05	6.50
			3.30	4.05	4.70	5.30	5.80	6.25
			3.15	3.90	4.50	5.10	5.60	6.05
				3.75	4.35	4.90	5.40	5.85
				3.60	4.20	4.75	5.25	5.65
				3.45	4.05	4.60	5.10	5.50
				3.30	3.90	4.45	4.95	5.35
				3.20	3.75	4.30	4.80	5.20
				3.10	3.65	4.20	4.65	5.05
					3.55	4.10	4.50	4.90
					3.45	4.00	4.35	4.75
					3.35	3.90	4.25	4.65
					3.25	3.80	4.15	4.55
					3.15	3.70	4.05	4.45
				3.10	3.60	3.95	4.35	
					3.50	3.85	4.25	
					3.40	3.75	4.15	
					3.30	3.65	4.05	
					3.20	3.55	3.95	
					3.10	3.45	3.85	
					3.05	3.35	3.75	
						3.30	3.65	
						3.25	3.55	
						3.20	3.45	
						3.15	3.40	
						3.10	3.35	
						3.05	3.30	
							3.25	
							3.20	
							3.15	
							3.10	
							3.05	
							3.00	
							2.95	
I		84.15	122.30	158.40	194.40	231.25	266.35	304.20
II		91.95	134.30	174.00	213.60	254.05	292.75	334.80

I: Longitud de espaciamiento

II: Longitud total (espaciamiento + anchura de línea)

Fuente: Manual Centroamericano de Dispositivos Uniformes para el Control del Tránsito, 2014

Cuadro 15. Niveles de contención de amortiguadores de impacto

Nivel de contención CCA	EN 1317	MASH
CCA1	50	TL1
CCA2	80	TL2
CCA3	100	TL3
CCA4	112	TL3

Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras en Costa Rica

Cuadro 16. Criterios para seleccionar la clase de contención de amortiguador de impacto

Tipo de vía	Velocidad, V (km/hr)	Clase de contención
Autopistas y carreteras separadas	$V > 100$	CCA4
	$85 < V \leq 100$	CCA3
	$V \leq 85$	CCA2
Carreteras interurbanas de calzada única	$85 < V \leq 100$	CCA3
	$65 < V \leq 85$	CCA2
	$V \leq 65$	CCA1
Carreteras en zonas urbanas y áreas de peaje	$V \leq 65$	CCA1

Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras en Costa Rica

Cuadro 17. Clasificación de la gravedad de los accidentes

Nivel de riesgo	Gravedad del accidente	Condiciones
Riesgo alto	Muy grave	Caídas por precipicios Caídas desde la plataforma de un puente u otra estructura similar Colisiones con estructuras a nivel inferior, donde se preste un servicio o se almacenen mercancías peligrosas. Nudos e intersecciones complejas.
	Accidente grave para terceros	Invasión de otras vías paralelas (líneas férreas, carreteras, ciclovías). Irrupción en zonas donde se localizan terceros vulnerables (parques recreativos, por ejemplo). Choque con elementos que puedan producir la caída de objetos de gran masa sobre la plataforma de la vía o puente.
	Accidente grave	Caídas en masas de agua. Choque con pilares de puentes o entradas o túneles. Colisiones con laderas rocosas.
Riesgo normal	Accidente normal	Choque con elementos como: Árboles. Postes y soportes de luminarias, señales, rótulos y vallas. Muros, paredes, muros de retención, muros de suelo reforzado, muros de tierra armada, tablestacas, pantallas antirruído. Estructuras del sistema de drenaje. Cunetas o canales de sección no traspasable. Taludes transversales. Vuelco (paso por taludes paralelos no traspasables)

Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras en Costa Rica

Cuadro 18. Valores mínimos de camiones de más de 5 ejes y más requeridos para justificar una barrera de muy alta contención (NCC6)

TPD	Camiones de más de 2 ejes (veh/día)	
	Calzada simple	Doble calzada
≤ 1000	25%	30%
> 1000	15%	20%

Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras en Costa Rica

Cuadro 19. Valores mínimos de camiones de más de 2 ejes requeridos para justificar una barrera de alta contención (NCC5)

TPD	Camiones de más de 2 ejes (veh/día)	
	Calzada simple	Doble calzada
≤ 1000	300	360
1000 – 3000	$300 + 0,10 \times (\text{TPD} - 1000)$	$360 + 0,12 \times (\text{TPD} - 1000)$
3000 – 7000	$500 + 0,08 \times (\text{TPD} - 3000)$	$600 + 0,10 \times (\text{TPD} - 3000)$
> 7000	$820 + 0,06 \times (\text{TPD} - 7000)$	$1000 + 0,08 \times (\text{TPD} - 7000)$

Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras en Costa Rica

Cuadro 20. Valores mínimos de camiones de 2 y más ejes requeridos para justificar una barrera de contención media alta (NCC4)

TPD	Camiones de 2 y más ejes (veh/día)	
	Calzada simple	Doble calzada
≤ 1000	120	150
> 1000	12%	15%

Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras en Costa Rica

Cuadro 21. Valores mínimos de buses y camiones de 2 y más ejes requeridos para justificar una barrera de contención media (NCC3)

TPD	Buses y camiones (veh/día)	
	Calzada simple	Doble calzada
≤ 1000	250	300
> 1000	25%	30%

Fuente: Guía para el análisis y diseño de seguridad vial de márgenes de carreteras en Costa Rica

Cuadro 22. Tránsito promedio diario y distribución de vehículos en la RN 39

Ruta	Sección	Estación	Año	TPD	Liviano	Car_liv	Bus	2 ejes	3 ejes	4 ejes	5 ejes	6 ejes
39	19090	0	2015	51441	72,9	15,38	2,81	4,11	1,37	0,3	2,43	0,7
39	19091	109	2015	81342	74,26	14,39	2,5	5,29	1,52	0,16	1,63	0,25
39	19092	109	2015	81342	74,26	14,39	2,5	5,29	1,52	0,16	1,63	0,25
39	19093	178	1994	24825	74,27	19,5	1,15	4,37	0,51	0	0,2	0
39	19094	218	2015	88585	75,73	15,04	2,11	4,07	1,4	0,14	1,27	0,24
39	19095	145	2017	84430	73,35	16,05	0,47	6,72	1,39	0	2,01	0
39	19096	213	2017	79853	71,59	17,11	0,43	7,25	1,76	0	1,87	0
39	19097	126	2015	68778	73,37	16,34	1,02	6,53	0,91	0,34	1,1	0,39
39	19098	743	2015	77031	73,37	16,34	1,02	6,53	0,91	0,34	1,1	0,39
39	19099	817	2015	69032	76,67	13,51	1,16	6,11	1,04	0,2	1,03	0,28
39	19100	818	2015	66359	76,28	13,52	1,63	5,81	1,09	0,2	1,12	0,35
39	19101	209	2015	59111	80,72	12,84	0,94	3,88	0,59	0,15	0,64	0,24
39	19102	133	2015	56162	82,18	12,12	0,91	3,55	0,54	0,14	0,38	0,18
39	19089	137	2015	69193	81,71	12,17	1,82	3,3	0,5	0,05	0,35	0,1
39	19103	177	2015	70142	81,63	12,21	1,48	3,33	0,51	0,06	0,55	0,23
39	19103	186	2017	50944	77,52	14,41	0,32	4,9	1,06	0,07	1,73	0
39	19105	184	2015	35983	78,91	14,13	1,58	4,09	0,56	0,06	0,5	0,17

Fuente: Anuario de tránsito 2017

Modificado por: Lapentti, 2019

2.-Bahía de Autobuses

Item	Descripción	Unidad	Precio
1	Bahía de Autobuses (Obra Civil+Equipamiento)	ud	\$10.000
Propuesta de Desglose			
	Obra Civil		
	INGENIERÍA		
	Topografía para ingeniería de detalle	glo	
	Campaña complementaria de estudio de suelos	glo	
	Estudio de Ingeniería de Detalle	glo	
	LIMPIEZA Y REMOCIONES		
	Limpieza y Desmonte	m ²	
	Remoción Individual de árboles	u	
	Remoción de estructuras menores y obstrucciones	u	
	Remoción de Señales	u	
	Remoción de pavimento	m ²	
	PAVIMENTO		
	Subbase de agregados	m ³	
	Base de agregados BE-35	m ³	
	Carpeta de concreto asfáltico en caliente para Rodadura (AC-30) diseñado por metodología Marshall	m ³	
	Carpeta de concreto asfáltico en caliente para Base (AC-30) diseñado por metodología Marshall	m ³	
	Riego de imprimación de emulsión asfáltica	m ²	
	Riego de liga, de emulsión asfáltica	m ²	
	Acera espesor =0,12 metros	m ²	
	Cordoncillo de concreto Prefabricado	m	

Figura 100. Resultados de cotización de bahía de autobús

Fuente: ESFERA, 2019

3.-Amortiguador de Impacto

Item	Descripción	Unidad	Precio
1	Amortiguadores de impacto amarillo, similar a la imagen mostrada (sistema para obras temporales) • ACZ 350 	ud	\$15.000
2	Amortiguador de impacto paralelo (ancho de base 60cm)  SISTEMA PARALELO	ud	\$17.000

Figura 101. Resultados de cotización para amortiguadores de impacto

Fuente: ESFERA, 2019

Item	Descripción	Unidad	Precio	Cantidad	Sub Total
1	Materiales				
	Malla Acmafabr (malla segregatoria 2,50mx 2,00m)	Und	\$120,00	1,0	\$120,00
2	Mano Obra				
	Cuadrilla de colocación. (Encargado + 5 personas)	hr	\$32,02	1,0	\$32,02
3	Equipos				
	Herramientas Menores	hr	\$7,86	1,0	\$7,86
	Vehículo transporte de cuadrilla y herramientas (Rótulos, conos, señalización caminera, materiales de instalación y retiro de material de desecho.)	und	\$21,01	1,0	\$21,01
	Señalización (en el sitio de las obras)	hr	\$100,00	1,0	\$100,00
	Neto	gl			\$280,89
	Por metro Lineal	ml			\$112,35

Figura 102. Resultados de cotización para mallas en mediana

Fuente: ESFERA, 2019

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Tubería de alcantarillado						4,064		625,533,772		3.14%		
Sub base de agregados						41,004		553,111,296		2.77%		
Miembros estructurales de concreto						18,779		494,515,560		2.48%		
Barrera de seguridad tipo New Jersey continua						12,164		492,993,733		2.47%	ml	€40.528,92
Pago de Controversia N° 1 Desvios Provisionales, según clausula 20.5 Transacción Amigable, según el Acuerdo del Consejo de Administración del CONAVI ACA 01-15-0795, Artículo VII Sesión n° 1274-15 del 18-12-2015.						-		395,537,268		1.98%		
Muro de tierra armada						4166,384		383,730,174		1.92%		
Puentes peatonales						4		337,477,813		1.69%		
Acero de Refuerzo						287,756		310,505,949		1.56%		
Baranda de concreto para puentes tipo media New Jersey						1986,066		251,846,451		1.26%	ml	€126.806,69
Monto provisional (Trabajo a costo más porcentaje)												

Figura 103. Resultados de cotización costos varios

Fuente: Bela Consultores S.A