

XVII CONGRESO ARGENTINO DE VIALIDAD Y TRANSITO

Presentación de Trabajo Técnico

“PROYECTOS VIALES DE PEQUEÑA INVERSIÓN QUE MEJORAN LA SEGURIDAD DE LOS USUARIOS”

Dedicado al Ing. Aníbal Vázquez

Autores

Inga. María Dolores Ruiz

Inga. Elisa Frígoli Albert

Inga. María Celeste Diez

Sr. Luis Ernesto Bianchi

Srita. Marilina Macey

Sr. Germán Fernández

Dirección postal completa: Calle 48 y 115 – La Plata - Bs As

Número de teléfono: (0221) 4236687

Dirección de correo electrónico: lapiv@ing.unlp.edu.ar

Dirección de correo electrónico: transportesunlp@yahoo.com.ar

1. Introducción

Antes de comenzar con el desarrollo de nuestro estudio, transcribimos unas palabras, que de alguna forma representan el espíritu de nuestro trabajo y que consideramos aún hoy tienen vigencia.

"No hay sino un medio de evitar accidentes en los caminos, es hacer que sean improbables, pero no improbables para una especie ideal, inexistente, de conductores o peatones prudentes, atentos, inteligentes, de rápida reacción, sino para los hombres tal cual son o tal cual llegan a ser en las diversas circunstancias de la vida diaria". Pascual Palazzo, 1937.

La combinación de los diferentes factores de la vía debe proporcionar a los usuarios del sistema de transporte una interacción y utilización de la infraestructura en forma clara, simple y segura, permitiendo incluso la rectificación o la reducción de las consecuencias de eventuales errores que estos puedan cometer.

Los elementos de la vía inciden de una manera o de otra:

- ◆ *En la identificación de situaciones y características peligrosas por el conductor;*
- ◆ *En la habilidad del conductor para mantener el control del vehículo;*
- ◆ *En la existencia de oportunidades de conflictos, tanto en número como el tipo;*
- ◆ *En las consecuencias de la salida de la calzada de un vehículo fuera de control, y*
- ◆ *En el comportamiento y la atención de los conductores.*

El conocimiento del efecto de las características de la vía sobre la seguridad de la circulación es limitado e impreciso todavía. No obstante, es un hecho que el esquema viario, en su conjunto, puede crear situaciones propicias para la ocurrencia de siniestros.

En general, es predominante la tendencia a subestimar los efectos de las características y de las condiciones de la vía sobre la ocurrencia de accidentes de tránsito, responsabilizando al factor humano, conductor, por errores de percepción o de reacción provocados por ambientes viarios demasiado complejos o exigentes.

La seguridad del sistema de transporte en su conjunto y la red vial debe tener en cuenta que el hombre tiene fallos, que no es perfecto, este punto ha de tenerse en cuenta a la hora del diseño de las infraestructuras.

Una red vial segura es la que se adecua a las realidades y limitaciones de la toma de decisiones del ser humano. Esto significa que el diseño y la administración del camino (incluyendo su geometría, superficie de rodamiento, sección transversal, señalamiento, dispositivos de control de tránsito, iluminación, etc.), tienen individualmente o en combinación que proporcionar un ambiente seguro al conductor. Es aquélla que está diseñada y administrada, de tal forma que:

- Advierta al conductor de cualquier circunstancia inesperada o fuera de lo común.
- Informe al conductor las condiciones que se va a encontrar en el camino.
- Guíe al conductor en segmentos inusuales de la carretera.
- Controle el paso del conductor por puntos conflictivos y tramos carreteros.
- Tolere el comportamiento errante o inapropiado de los conductores.
-

2. Consideraciones generales

Nuestro estudio estará centrado en caminos rurales indivisos (1+1).

2.1 Consideraciones relacionadas al Diseño Geométrico de un camino

El diseño geométrico es el proceso con el cual se diseña el trazado del camino en el terreno, para satisfacer las necesidades de los usuarios viales.

El uso de normas de diseño geométrico cumple tres objetivos interrelacionados.

- **Primero**, las normas tienen el objeto de dar niveles mínimos de seguridad y comodidad a los conductores mediante la provisión de adecuadas distancias visuales, coeficientes de fricción y espacio para las maniobras de los vehículos.
- **Segundo**, conforman el marco para el diseño económico.
- **Tercero**, aseguran la coherencia de los alineamientos.

Las normas de diseño adoptadas deben tomar en cuenta las condiciones ambientales del camino, características del tránsito, y comportamiento del conductor.

El diseño debe permitir al usuario entender cómo debe comportarse en términos de velocidad, tipo de tránsito, tipo de intersecciones que va a encontrar entre los puntos destacados.

La selección de las normas de diseño en general, se relacionan con la **función o categoría del camino, volumen de tránsito y topografía**, y con procedimientos adicionales para reconocer y tratar adecuadamente peligros potenciales.

La Jerarquía Funcional de un camino es tal que el tránsito se agrega como si se trasladara desde camino de Acceso → Colector → Arterial y normalmente los niveles de flujo se correlacionan con el tipo de camino.

2.2 Consideraciones relacionadas a la Sección transversal

Los parámetros de la sección transversal se relacionan con los flujos de tránsito de todos los tipos, y variarán con los requerimientos del tránsito vehicular y con las necesidades de peatones y vehículos no-motorizados, principalmente en zonas donde el camino proyectado atraviesa zonas urbanizadas.

El ancho de camino debe minimizarse para reducir los costos de construcción y mantenimiento, mientras sea suficiente para conducir segura y eficientemente la carga de tránsito.

Por otro lado, los principales efectos del ancho de los carriles, que conforman la calzada, sobre la seguridad vial están ligados a la separación entre vehículos que se cruzan o que realizan adelantamiento al circular en el mismo sentido y la viabilidad de efectuar determinadas maniobras propias de la conducción, en especial las asociadas a la pérdida del control del vehículo.

Los aumentos en el ancho de calzada, es decir los anchos de carriles, pueden llevar a un aumento de la velocidad de circulación de los vehículos, resultando en un posible refuerzo de otros problemas de seguridad, principalmente cuando no se acompaña en forma homogénea, con una adecuada gestión de los márgenes de la ruta.

La presencia de banquetas pavimentadas y sus diferentes anchos también influyen en la velocidad, seguridad vial de la ruta.

3 Aplicación de la Metodología para la actuación en la seguridad de una vía en un tramo de la Red Provincial de la DVBA

3.1 Introducción

A partir del análisis de distintas bibliografías vinculadas a nuestro trabajo, podemos concluir que el conocimiento actual sobre el efecto de los elementos de la infraestructura viaria sobre la seguridad es limitado e impreciso. Así, existen ciertos factores cuya influencia sobre la ocurrencia de accidentes puede ser cuantificada, otros factores sobre los cuáles solo se conoce la dirección de la influencia sobre la seguridad e incluso un tercer grupo de características de las cuáles no es conocido todavía su efecto sobre la seguridad vial.

3.2 Lineamientos

Analizando los peligros existentes en la vía y en sus márgenes, establecimos en nuestro estudio, los lineamientos a seguir en la aplicación de la Metodología de actuación en la seguridad de una vía, teniendo en cuenta la concepción de nuestro estudio, respecto a la generación de Proyectos viales de pequeña inversión, que mejoren la seguridad de los usuarios que circulan por una vía o ruta.

Los lineamientos establecidos son los siguientes.

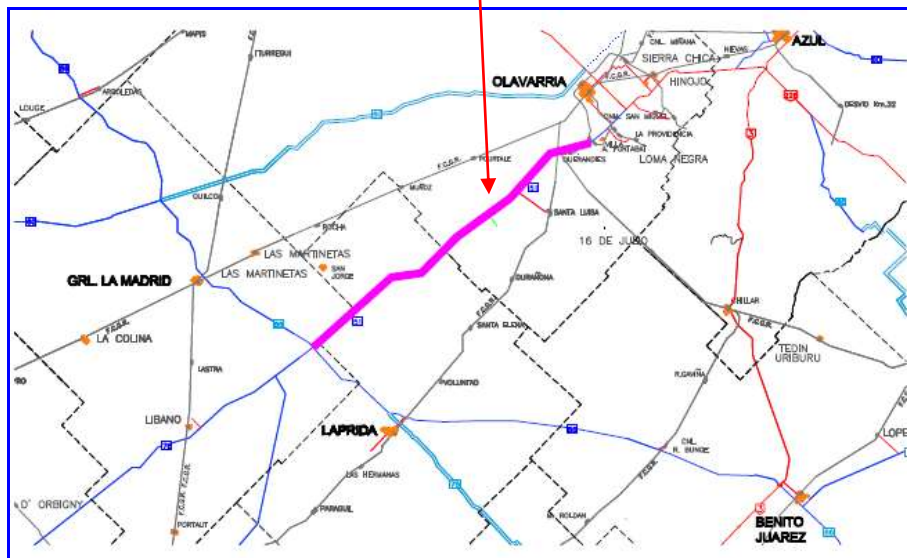
- ◆ Determinar o definir una serie de medidas que puedan influir en los accidentes dominantes y las características del camino.

- ◆ Seleccionar medidas que, de acuerdo con la experiencia, y antecedentes bibliográficos, que generen una reducción no solo en el número, sino también en la severidad (gravedad) de los accidentes de tipo dominante.
- ◆ Revisar que estas medidas no tengan consecuencias indeseables en la seguridad ni en la eficiencia del tránsito, o en términos ambientales.
- ◆ Las medidas deben ser eficientes, desde el punto de vista económico, es decir, que produzcan beneficios que compensen los costos.

3.3 Selección del Tramo

La Ruta seleccionada para el desarrollo de nuestro estudio, es la Ruta Provincial N° 51, el Tramo comprendido entre el Acceso a Loma Negra y su intersección con la Ruta Provincial N° 86, tramo que se desenvuelve en los Partidos de Olavarría, Laprida y General La Madrid, Provincia de Buenos Aires.

La Ruta Provincial 51 recorre de norte a sur la [provincia de Buenos Aires, Argentina](#), nace en la ciudad de [Ramallo](#), cabecera del partido homónimo, a partir del club náutico, y finaliza en la ciudad de [Bahía Blanca](#), en el cruce de la Ruta Provincial 252 y Ruta Nacional 3. Es uno de los principales corredores, vinculado a la actividad cerealera, ganadera y petroquímica, conectando importantes puertos como el de Bahía Blanca y San Nicolás.



En relación al tránsito en el siguiente cuadro se presentan los valores correspondientes al TMDA (Tránsito Medio Diario Anual), de la RP51, en cada uno de los tramos.

Fuente: División Tránsito- Departamento Planeamiento y Programación. Subgerencia Planificación Vial. Gerencia Técnica. DVBA

Ruta	Límites del Tramo	Long.(Km)	TMDA 2011	Clasificación							
				Año	Mes	Hs	Tipo de censo	Autos	Omnibus	CL	CP
51	Acc.LOMA NEGRA - RP86	81,07	3.479	2010		Hab	M	65	1	5	29

Del análisis de la información de tránsito presentada, se observa en cada uno de los tramos correspondientes a la Ruta Provincial 51, el alto porcentaje de tránsito pesado, que refleja lo descrito en los puntos anteriores respecto a la importancia de la RP 51, como corredor que estratégico en la actividad económica de la Provincia de Buenos Aires.

En el tramo seleccionado para nuestro estudio el porcentaje de tránsito pesado, corresponde casi al 30%.

A continuación se detallan una serie de puntos que caracterizan al Tramo seleccionado para nuestro estudio.

- Calzada del Tipo 1+1
- Ancho promedio: 7, 00 m
- Banquinas sin pavimentar
- Índice de estado:6,8
- Rugosidad:2,10
- Talud: 1.4
- Ancho zona de camino promedio: 60 m

3.4 Evaluación de los peligros en los márgenes en el tramo en estudio

A continuación describimos los peligros evaluados en nuestro tramo en estudio, teniendo en cuenta los lineamientos establecidos y la concepción del presente estudio en relación a generar, “Proyectos viales de pequeña inversión que mejoren la seguridad de los usuarios”, y las soluciones propuestas.

➤ Cunetas

En general se observó falta de mantenimiento de los márgenes y en algunos puntos agua acumulada en las zonas correspondientes a las cunetas.

Soluciones propuestas:

- Mantenimiento de las zonas de cuentas, con el fin de evitar la colmatación de las cunetas y el consiguiente posible acumulo de agua en la calzada y el riesgo de accidente por aquaplaning.
- Mantenimiento de la vegetación del margen de la vía.

➤ Puentes, viaductos y coronaciones de muros de sostenimiento

Los puentes existentes, vinculados al del Ferrocarril, donde opera la empresa Ferrosur Roca y el Arroyo Perdido, se detectó la falta de baranda en un sector del puente y barreras de contención, generando una discontinuidad en la protección.

Soluciones propuestas:

- Instalación de barandas en todo el sector de puentes.
- Instalación de nuevas barreras de contención, y su continuidad hasta el sector de inicio de la plataforma del puente.
- Aumentar las actividades de mantenimiento con el fin de evitar el deterioro de los elementos.
- Instalación de resaltos en las marcas viales que avisen al conductor antes de producirse la salida de la vía.
- Disminución de la velocidad de los vehículos que recorren el puente o viaducto mediante la instalación de bandas transversales de alerta, antes de ingresar al sector de puentes en estudio.
- Demarcación horizontal y señalamiento vertical.
- Tachas bidireccionales reflectivas, en los bordes de calzada y línea central.

➤ **Banquinas**

En todo el tramo en estudio, las banquetas no están pavimentadas. Se observó en varios sectores, el mal estado de la banqueta sin pavimentar y por otro lado diferencias de altura con el borde de calzada.

Soluciones propuestas

- Pavimentar las banquetas.

➤ **Ausencia y mal estado de la demarcación horizontal y el señalamiento vertical**

La demarcación horizontal son líneas o figuras, aplicadas sobre el pavimento, que tienen por misión delimitar carriles de circulación, separar sentidos de circulación, indicar el borde de la calzada, delimitar zonas excluidas a la circulación regular de vehículos, reglamentar la circulación, especialmente el adelantamiento, la parada y el estacionamiento, repetir o recordar una señal vertical, permitir los movimientos indicados, y anunciar, guiar y orientar a los usuarios. La ausencia de marcas viales en la vía aumenta el riesgo de que los vehículos sufran un accidente y abandonen la calzada, especialmente en condiciones de escasa visibilidad, al carecer de referencias para la circulación.

Highway Safety Improvement Program para el período de 1975-1995 y diversos estudios realizados en EEUU concluyen que la demarcación horizontal produce los siguientes porcentajes del Factor de reducción de accidentes (CRF):

- ◆ Con línea central: CRF 30 a 35%
- ◆ Con líneas de borde: CRF 4% a 44%

El señalamiento vertical: Su uso adecuado es fundamental para el funcionamiento eficiente y seguro de cualquier sistema viario. La señalización está compuesta por dos sistemas principales: las señales verticales, formadas por las placas, y las señales horizontales, que son las marcas en el pavimento. Los semáforos y los paneles de mensajes también forman parte de la señalización.

La falta de placas de señalización o la utilización inadecuada de esta puede llevar a los usuarios de la vía a cometer errores o mantener comportamientos incompatibles con el ambiente viario que pueden ocasionar accidentes graves. Fitzpatrick et al. (2000) apud Nodari (2003) resalta los cuatro principios básicos para el uso de las placas verticales de señalización:

- Localizar las placas suficiente antelación al punto de toma de decisión;
- *Proveer tiempo de respuesta;*
- *Proveer información redundante, y*
- *Evitar áreas donde la atención del conductor sea muy solicitada.*

Odgen (1996), reporta estudios que registran reducciones entre 20 y 62% en la frecuencia de los accidentes debido al empleo adecuado de la señalización vertical; en cuanto a la severidad de los accidentes, se reportan decrecimientos de 29% de las tasas de fallecidos y de 14% en las tasas de lesionados.

Delineadores o hitos de arista

Los delineadores o hitos de arista tienen por objeto delimitar los bordes de las vías durante las horas de oscuridad o de condiciones atmosféricas adversas y pueden también ser empleados para registrar los hectómetros de la carretera, función ésta que puede ser muy útil para los estudios sobre la vía en trabajos de conservación, registro de accidentes y otras labores

La delineación pretende dar a los conductores una clara indicación del trazado de la vía más adelante. Los delineadores usualmente consisten, o bien en tachos reflectivos ubicados en los bordes de la calzada o, más frecuentemente, en postes livianos de cerca de un metro de altura en el borde de la calzada, con una unidad reflectiva en la parte más alta. Ellos son particularmente útiles de noche si están equipados con reflectores o pintados con pintura reflectiva.

Un reporte de la OECD (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico) en 1975 sugirió que los postes delineadores deben cumplir los siguientes requerimientos:

Bajo costo, fáciles de transportar, fáciles de mantener, resistencia a condiciones atmosféricas severas, ningún peligro para los usuarios viales, y ningún obstáculo psicológico

para los usuarios viales con respecto a mantener el vehículo en una posición correcta cerca del borde de la vía.

Deben ser diseñados para asegurar un ancho adecuadamente visible a larga distancia, y a una altura suficiente para no ser ensuciados por el barro.

Si bien existen secciones que presentan una adecuada demarcación horizontal, en general se observó la falta de demarcación horizontal, o el mal estado de la misma.

En relación al señalamiento vertical, en general el tramo en estudio presenta buena señalización vertical, aunque se detectó en algunos puntos mal estado o falta de la correspondiente señal.

Como se describiera anteriormente la ausencia de marcas viales en la vía aumenta el riesgo de que los vehículos sufran un accidente y abandonen la calzada, especialmente en condiciones de escasa visibilidad, al carecer de referencias para la circulación, por ejemplo un día de niebla.

Soluciones propuestas:

Delimitación de los márgenes de la vía y línea central.

Instalación del señalamiento vertical faltante y reemplazo el que se encuentra en mal estado.

➤ **Alcantarillas transversales**

En el tramo en estudio, se observó en general la falta de señalamiento vertical correspondiente y la falta de la protección adecuada, ante una posible salida de un vehículo de la calzada, en los puntos donde existe una alcantarilla transversal al camino.

Soluciones recomendadas:

- Instalación de hitos de arista para evitar la salida de los vehículos de la calzada.
- Marcas viales con resaltos.
- Instalación de barreras de contención.
- Pintado de marcas viales que sirvan de guía a los conductores, especialmente en momentos de escasa visibilidad.
- Marcado del margen de la carretera: tachas bidireccionales reflectivas, hitos de arista.

⇒ **Curvas horizontales**

En el tramo en estudio, se identificaron tres curvas horizontales, que por su geometría, evaluamos necesaria su intervención.

Curva horizontal 1

Se detallan los siguientes puntos observados:

Banquinas descalzadas y en mal estado.

Demarcación horizontal faltante o en mal estado.

Carpeta asfáltica con deformaciones, principalmente en los sectores externos de la calzada.

Soluciones recomendadas:

- Instalación de hitos de arista y paneles de prevención.
- Marcas viales con resaltos.
- Pintado de marcas viales que sirvan de guía a los conductores, especialmente en momentos de escasa visibilidad.
- Marcado del margen de la vía: tachas bidireccionales reflectivas.
- Factibilidad de instalación de barreras de seguridad.
- Pavimentación sobre ancho de banquina.

Curva horizontal 2

Se detallan los siguientes puntos observados:

Banquitas descalzadas y en mal estado.

Alcantarillas transversales, sin su protección adecuada, considerando su ubicación en relación al desarrollo de la curva horizontal.

Soluciones recomendadas:

- Instalación de hitos de arista y paneles de prevención.
- Marcas viales con resaltos.
- Pintado de marcas viales que sirvan de guía a los conductores, especialmente en momentos de escasa visibilidad.
- Marcado del margen de la vía: tachas bidireccionales reflectivas.
- Factibilidad de instalación de barreras de seguridad.
- Pavimentación sobre ancho de banquina.
- Instalación de barreras de seguridad en las alcantarillas ubicadas próximas al desarrollo de la curva horizontal.

Curva horizontal 3

Se detallan los siguientes puntos observados:

Banquitas descalzadas y en mal estado.

Pórtico próximo al borde de calzada, con protección no adecuada, teniendo en cuenta los dos sentidos de circulación vehicular.

Alcantarillas transversales, sin su protección adecuada, considerando su ubicación en relación al desarrollo de la curva horizontal.

Soluciones recomendadas:

- Instalación de hitos de arista y paneles de prevención.
- Marcas viales con resaltos.
- Pintado de marcas viales que sirvan de guía a los conductores, especialmente en momentos de escasa visibilidad.
- Marcado del margen de la vía: tachas bidireccionales reflectivas.
- Factibilidad de instalación de barreras de seguridad.
- Pavimentación sobre ancho de banquina.
- Instalación de barreras de seguridad en las alcantarillas ubicadas próximas al desarrollo de la curva horizontal y en cercanías del pórtico existente.

Curvas horizontales 4 y 5

Se encuentran ubicadas generando un sector de curva y contra curva, próximo a la zona de puentes. Se observaron los siguientes puntos:

Banquitas descalzadas y en mal estado.

Demarcación horizontal en mal estado.

Soluciones recomendadas:

- Instalación de hitos de arista y paneles de prevención.
- Marcas viales con resaltos.
- Pintado de marcas viales que sirvan de guía a los conductores, especialmente en momentos de escasa visibilidad.
- Marcado del margen de la vía: tachas bidireccionales reflectivas.
- Pavimentación sobre ancho de banquina.

➤ **Intersecciones**

En el tramo en estudio, se identificaron dos intersecciones, vinculadas a los accesos a San Jorge y Santa Lucía, donde consideramos necesario generar una intervención.

Acceso a San Jorge:

Los puntos observados fueron los siguientes:

Existencia de un buen señalamiento vertical.

Existencia de luminarias.

Falta de dársenas pavimentadas de desaceleración y aceleración.

Refugio construido muy próximo al borde de calzada, sin su protección correspondiente.

Alcantarilla ubicada en el camino de acceso, sin su protección adecuada.

Soluciones recomendadas:

- Construcción y pavimentación de las dársenas de desaceleración y aceleración.
- Reubicación del refugio existente.
- Instalación de la baranda de seguridad correspondiente en la alcantarilla de acceso.
- Pintado de marcas viales que sirvan de guía a los conductores, especialmente en momentos de escasa visibilidad.
- Marcado del margen de la vía y delimitación de las dársenas propuestas: tachas bidireccionales reflectivas.
- Demarcación horizontal de bandas transversales con disposición semilogarítmica en proximidades al acceso.

Acceso a Santa Luisa:

Los puntos observados fueron los siguientes:

Existencia de un buen señalamiento vertical.

Falta de luminarias.

Falta de dársenas pavimentadas de desaceleración y aceleración.

Existencia de un refugio.

Alcantarilla ubicada en el camino de acceso, sin su protección adecuada.

Construcción ubicada próxima al borde de calzada, sin su protección adecuada.

Soluciones recomendadas:

- Construcción y pavimentación de las dársenas de desaceleración y aceleración.
- Instalación de luminarias.
- Instalación de de la baranda de seguridad correspondiente en la alcantarilla de acceso.
- Pintado de marcas viales que sirvan de guía a los conductores, especialmente en momentos de escasa visibilidad.
- Marcado del margen de la vía y delimitación de las dársenas propuestas: tachas bidireccionales reflectivas.
- Demarcación horizontal de bandas transversales con disposición semilogarítmica en proximidades al acceso.
- Instalación de la baranda de seguridad correspondiente en la edificación existente, que indica la localidad de Santa Luisa.

⇒ Árboles y malezas

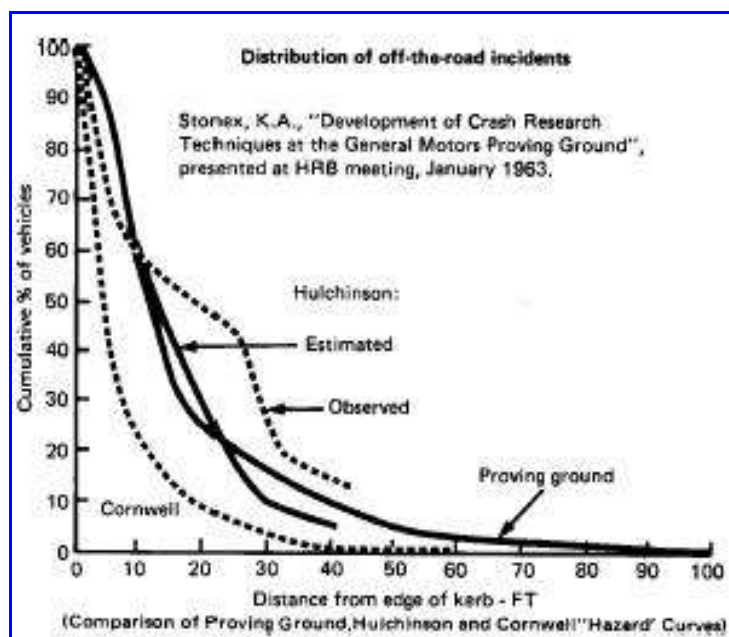
En relación a este punto, se observó en varios puntos del tramo en estudio arbustos y árboles, próximos al borde calzada, invadiendo la zona de banquina y en algunos casos reduciendo la visibilidad en zonas de curvas horizontales.

Los obstáculos en las márgenes de una vía dan lugar a siniestros graves, especialmente en cuanto a la mortalidad. Como antecedente se detalla en la siguiente tabla, estadísticas de accidentes en Francia.

TIPO DE OBSTÁCULO	ACCIDENTES	MUERTOS	HERIDOS	MUERTOS / ACCIDENTE (%)
Construcciones	1 484 (12 %)	225 (11 %)	2 091 (13 %)	15,2
Bordillos	641 (5 %)	87 (4 %)	872 (5 %)	13,6
Árboles	3 349 (27 %)	841 (43 %)	4 338 (26 %)	25,1
Postes de servicios	1 137 (9 %)	194 (10 %)	1 535 (9 %)	17,1
Otros postes y señalización	688 (6 %)	74 (4 %)	955 (6 %)	10,8
Otros obstáculos fijos	3 656 (30 %)	415 (21 %)	5 083 (31 %)	11,4
Barreras de seguridad	1 260 (19 %)	122 (6 %)	1 664 (10 %)	9,7
TOTAL	12 215	1 958	16 538	16,0

Fuente: Manual de buenas prácticas para el diseño de márgenes de carreteras convencionales.

El gráfico que se detalla a continuación, se describe la distribución de accidentes por fuera de la vía, donde se observa la incidencia de riesgo aumenta con la proximidad al borde de la calzada. La presencia de obstáculos al lado de la vía, mobiliario vial y urbano y árboles tiene dos alcances en materia de seguridad. La primera es el peligro potencial de colisión, y la segunda es su obstrucción de la visibilidad.



Los problemas surgen particularmente donde los obstáculos no son movibles, bien sea debido a su naturaleza, como árboles o proliferaciones de rocas, o porque se les necesita en lugares específicos, como las señales viales y algunas otros mobiliarios viales.

El crecimiento de la vegetación en temporadas determinadas puede causar problemas de visibilidad substanciales, particularmente al obstruir semáforos o señales.

Cuando se instala mobiliario vial, se debe poner cuidado en asegurar que se mantiene la visibilidad adecuada en todas las aproximaciones.

Es permisible que estructuras insustanciales, o aquellas especialmente diseñadas para colapsar ante un impacto, como postes de luz, se ubiquen en lugares críticos como las aproximaciones a las intersecciones. Sin embargo, objetos más grandes como SOS telefónicos o grandes señales viales se deben ubicar por fuera de esas áreas o deben ser protegidos por una barrera o cerca de seguridad.

Es difícil establecer un balance entre los beneficios por la presencia de árboles al lado de una vía y sus efectos en la gravedad de accidentes. Grandes árboles a cinco o más metros de distancia de la vía representan un riesgo tolerable. Sin embargo, no se deben sembrar árboles donde sea muy probable que los golpee un vehículo que se salga de la vía. Donde estos árboles ya existan, deberían ser removidos o protegidos con una barrera para deflectar a los vehículos que se acerquen y absorber la energía del impacto.

Las áreas por donde crucen la vía animales o peatones deberían estar libres de cualquier tipo de obstrucción al lado de la vía, para que puedan ser vistos claramente por los conductores que se acercan con una distancia de visibilidad de parada segura. El usuario vial también debe tener una visión clara de los vehículos que se aproximan en ambas direcciones en estas áreas.

La vegetación debe cortarse regularmente para asegurar que las distancias de visibilidad se mantienen.

Soluciones recomendadas:

- En los casos en los que sea posible trasplantar el árbol separándolo de la calzada, de manera que se aumente el espacio del que dispone el conductor para recuperar el control del vehículo en caso de abandono involuntario de la vía.
- Marcado reflectante de los árboles.
- Instalación de barreras de contención.
- Pintado de marcas viales en la carretera que sirvan de guía a los vehículos.
- Instalación de tachas bidireccionales reflectivas, para facilitar la conducción cuando la iluminación no sea suficiente.

- Resaltos en las marcas viales que avisen a los conductores antes de abandonar la vía.

3.5 Antecedentes de siniestros

En el Cuadro que se presenta a continuación se detallan los antecedentes de siniestros ocurridos en el tramo en estudio, información aportada por la División de Seguridad y Educación Vial de la DVBA.

Listado de accidentes con víctimas												
Ruta Prov. N° 51												
Tramo: Acceso Loma Negra-RP86												
Período: 01/01/2007 al 31/12/2011												
Progresiva	Fecha	Hora	Partido	Frontal	Cruce	calles	o Ruta	Vehículo 1	Vehículo 2	Vehículo 3	Muertos	Heridos
453,00	07/10/2008	01:35	Olavarría	Sí	No			automóvil	camión con acoplado		1	2
454,00	09/07/2008	20:50	Olavarría	No	No			motocicleta	automóvil		0	2
454,00	16/02/2010	23:50	Olavarría	No	No			automóvil			0	1
455,20	06/07/2008	21:15	Olavarría	No	No			automóvil	motocicleta		0	2
459,00	09/04/2008	05:25	Olavarría	No	No			camión con acoplado	automóvil		0	3
465,00	04/04/2010	16:00	Olavarría	No	No			camioneta			0	4
466,00	21/12/2010	14:00	Olavarría	No	No			automóvil			0	1
466,43	06/09/2009	16:15	Olavarría	No	No			automóvil			0	1
466,43	06/09/2009	10:00	Olavarría	No	No			camioneta			0	0
466,43	28/01/2008	20:00	Olavarría	No	No			camioneta			0	1
472,00	19/12/2010	07:45	Olavarría	No	No			tractor	semirremolque		1	1
477,00	05/02/2010	05:30	Olavarría	No	No			automóvil			0	1
480,00	20/02/2009	11:20	Olavarría	No	No			automóvil			0	1
482,00	24/01/2008	18:33	Olavarría	No	No			automóvil	camioneta	camión simple	0	2
486,00	30/04/2009	14:30	Olavarría	No	No			automóvil			0	1
486,00	27/04/2010	17:00	Olavarría	No	No			automóvil	camioneta		0	2
499,00	25/11/2007	21:00	Laprida	No	No			automóvil			0	1
500,00	05/07/2008	20:50	Laprida	No	No			automóvil			1	1
504,00	21/05/2010	07:50	Laprida	No	No			camioneta	camión simple	camión con acoplado	1	0
507,00	23/07/2011	01:30	Laprida	Sí	No			automóvil	camión simple		1	3
528,00	20/05/2009	22:00	Laprida	No	No			camioneta			1	0
528,00	01/11/2008	16:30	Laprida	No	No			motocicleta			0	1
534,50	18/09/2008	09:05	Gral. La Madrid	No	No			camión con acoplado			0	1
534,50	16/04/2008	09:00	Gral. La Madrid	No	No			camión con acoplado			0	1

4 Evaluación económica de las medidas adoptadas para mejorar la seguridad de una vía en un tramo de la Red Provincial de la DVBA

4.1 Valoración de las víctimas de un siniestro

Al estudiar la relación entre las categorizaciones de víctimas producto de un siniestro y el consecuente factor económico que surge por su pérdida o acción reparadora, se puede establecer, el siguiente cuadro de situación:

Víctima fatal:

Edad media de la víctima: 40 años, consecuentemente 20 años de potencial actividad perdida.

Salario medio de la víctima: \$5.000.-

Con Tasa de actualización del 12%, cada fallecido significaría aproximadamente una pérdida de \$550.000.-

Heridos Graves:

En función a los guarismos considerados por el Ministerio de Salud de la Provincia de Buenos Aires, los gastos hospitalarios equivalen en promedio a \$5.500.- diarios, en

cuidados intensivos. Si se considera un tiempo promedio de acuerdo a las internaciones verificadas en el Hospital Gral. San Martín de La Plata, de un mes de internación en el pabellón de Alta Complejidad traumática, equivale a \$165.000.-

En cuanto a la imposibilidad de concurrencia laboral, se consideran 6 meses sin trabajar (sueldo medio \$5000.)= \$30.000.- Total= \$195.000.

No obstante los esfuerzos, en función a las experiencias internacionales, se sabe que aproximadamente un 20% de los heridos graves, fallece.

Promedio de pérdidas por Herido grave: \$285.500.

Heridos Leves:

Para esta categorización de víctima, el MS considera un gasto al Estado de \$2500 en honorarios, insumos y hotelería hospitalaria y \$6000 en pérdidas sufridas que afectan al trabajo de la víctima.

Total: \$8.500.

Valor de las víctimas:

Víctimas involucradas en los accidentes del tramo

Periodo	Accidentes contabilizados	Heridos	Fallecidos	Total
2008	10	16	2	18

Establecemos un 20% de heridos graves

Periodo	Heridos leves	Heridos graves	Fallecidos	Total
2008	13	3	2	18

Pérdida en \$ por víctimas involucradas en los accidentes del tramo

Periodo	Heridos leves	Heridos graves	Fallecidos	Total
2008	136.000	856.500	1.100.000	\$2.092.500

Establecemos los siguientes valores de costos materiales por todos los accidentes sucedidos en 2008:

Vehículos	Deterioro	Valor vehiculo promedio	Número de vehículos involucrados	Total
Auto	80%	\$ 85.000	6	\$ 408.000
Camioneta	50%	\$ 150.000	2	\$ 150.000
Camión	50%	\$ 300.000	1	\$ 150.000
Camión c/acoplado	60%	\$ 800.000	4	\$ 1.920.000
Motocicleta	100%	\$ 20.000	3	\$ 60.000

En función al tramo estudiado, si se establece que por víctimas involucradas, se tiene una pérdida total de 2.092.500, en base al análisis efectuado y por daños materiales de los vehículos involucrados, sin contar cargas ni daños en la infraestructura tenemos: \$2.688.000.

Consecuentemente, en función a este esquema conservador de gastos, se concluye que el monto total por 10 accidentes ocurridos en este tramo referencial, el monto alcanzaría a \$4.780.000, o sea por accidente promedio podemos establecer un valor de \$478.000.

Establecemos un valor promedio mínimo del accidente en el tramo de \$478.000.

4.2 Otros costos a tener presente en cada accidente, ocurridos en la sección testigo

De la tabla costo social de accidentes que figura en el Trabajo de banquetas presentado en este congreso podemos ver los costos que intervienen en un accidente y se observa el lado conservador de nuestro cálculo se tomaron en cuenta sólo algunos ítems.

Trabajaremos en todos los estudios económicos con un valor de accidente promedio de \$478.000 y una tasa de 10 accidentes anuales en los 81 Km del tramo

4.3 Consideraciones tenidas en cuenta para el desarrollo de la evaluación económica para todos los escenarios

1. A partir del año 2 se realiza el mantenimiento de rutina sobre banquetas
2. No se considera ningún beneficio en el primer año.
3. El crecimiento del tránsito a lo largo del periodo de estudio es del 3% anual para todos los estudios.
4. El horizonte de estudio es 15 años.
5. La tasa de actualización establecida es del 12%
6. Sólo se tuvo en cuenta la tasa de crecimiento del tránsito y no la de los accidentes que deberían crecer proporcionalmente. (hipótesis conservadora)
7. En el primer año no se consideran beneficios por reducir accidentalidad, por costos operativos ni por disminución de tiempo de recorrido (hipótesis conservadora)
8. El TMDA y composición vehicular se estableció a partir de los datos brindados por la DVBA, correspondiente al tramo en estudio.

Ruta	Nº Tramo	Límites del Tramo	Zona	Long. (Km)	Nº de Carriles	Tipo Calzada	Nº Puesto	Tipo de Puesto	Año Medido	TMDA Año medido	TMDA 2011
51	22	Acc.LOMA NEGRA - RP86	IX	81,07	2	Pav.	911	Cobertura	2010	3378	3479

Clasificación en % (pares de ejes)							
Año	Mes	Hs	Tipo de censo	Autos	Omnibus	CL	CP
2007		Hab	M	65	1	5	29

Año de inicio del proyecto 2013 aplicando un crecimiento del 3% anual será
 $TMDA_{2013}=3691$ veh/día

4.4. Escenarios establecidos en el estudio

A partir de los puntos evaluados en el tramo en estudio, relacionados a la mejora de la seguridad de los usuarios que circulan por una vía, establecimos un total de cuatro escenarios de actuación. A continuación se desarrollará la evaluación económica de cada uno de ellos.

Escenario 1: Ejecución de banquetas pavimentadas de 2m y pavimentación de dos accesos y traslado de refugio

En este escenario sólo se agregan como beneficio lo generado por la banquina. Si bien los costos se tienen en cuenta, no se agregan los beneficios de los accesos ni del traslado del refugio (Hipótesis conservadora)

Escenario 2: Demarcación horizontal y colocación de tachas bidireccionales reflectantes.

En este escenario sólo se agregan como beneficio lo generado por la demarcación horizontal. Si bien los costos se tienen en cuenta, no se agregan los beneficios de la colocación de tachas bidireccionales reflectantes (Hipótesis conservadora)

Escenario 3: Ejecución de Señalamiento vertical, barandas flex beam, hitos de arista y extracción de árboles.

En este escenario sólo se agregan como beneficio lo generado por el Señalamiento vertical. Si bien los costos se tienen en cuenta, no se agregan los beneficios de la colocación de barandas flex beam, hitos de arista y extracción de árboles. (Hipótesis conservadora)

Escenario 4: Escenario1+Escenario 2+Escenario 3

4.4.1 Escenario 1: Ejecución de Banquetas pavimentadas de 2m y pavimentación de dos accesos

Para establecer la velocidad se desarrolló la siguiente metodología aplicada en la pag 2 del trabajo publicado en este congreso "La importancia de las banquetas en la seguridad vial"

donde se partió de los siguientes datos: ancho de carril y banquetas, para nuestro estudio se establecieron carriles mayores o iguales a 3,3 m y menores de 3,6m. Se consideró una velocidad a flujo libre estimada por tipo de vehículo de acuerdo a datos obtenidos en distintos tramos de la red rural con banquina de 2 metros. Autos y Pick up desarrollan una velocidad a flujo libre base de 100Km/h. Ómnibus desarrollan una velocidad a flujo libre de 90 Km/h. Camiones livianos y pesados desarrollan una velocidad a flujo libre de 80 Km/h y estas velocidades establecidas son conservadoras ya que en la realidad se desarrollan velocidades más altas

Desarrollo de metodología para el cálculo de reducción de accidentes Trabajamos con las tablas 12, 13 y 18, trabajo publicado en este congreso “La importancia de las banquetas en la seguridad vial”; de acuerdo a las estadísticas tomamos sobre la base de 10 accidentes anuales donde un 37% es debido accidentes por vuelco y otros contabilizados que se producían dentro del tramo, lo que nos da un total de reducción de 2 accidentes anuales de acuerdo a la metodología implementada por la presencia de banquetas pavimentadas. Establecemos un valor promedio mínimo del accidente en el tramo de \$478.000. Al trabajar con estadísticas, estamos acotados con las diferencias que producen banquetas mayores que 1,8 m, el manual de capacidad establece este límite así mismo el cálculo de AMF se establece con banquetas mayores a 2,4m.

Los valores de la inversión inicial en banquetas son tomados de acuerdo a presupuestos establecidos sin impuestos, pues en el análisis trabajamos con valores económicos. En la Tabla siguiente se detallan los costos económicos de la banquina pavimentada en caminos rurales indivisos (1+1)

Ancho de banquina (m)	Costo financiero estimado de banquina pavimentada por kilómetro (\$/km)	Costo estimado económico de banquina pavimentada por kilómetro (\$/km)
2	765.700	578.104

El análisis que se va a desarrollar tiene por objetivo efectuar una valoración de la importancia de la construcción y mantenimiento de las banquetas pavimentadas y la demarcación horizontal, no solo desde el punto de vista de la Capacidad de la Vía, sino también desde la Seguridad Vial.

Consideramos que la mejora de la carpeta de rodamiento, sino va acompañada de una adecuada gestión de los márgenes de la ruta, suele redundar en un empeoramiento de la siniestralidad, al favorecer la aparición de velocidades inadecuadas.

Nuestro estudio se centró en los caminos rurales de dos carriles de circulación indivisos (1+1), pertenecientes a la red primaria de la Dirección de Vialidad de la Provincia de Buenos Aires. Se tuvo en cuenta la influencia de:

- ✓ Velocidad
- ✓ Ocurrencia de accidentes
- ✓ TMDA
- ✓ Clasificación vehicular
- ✓ Ancho de banquina

Del estudio realizado en banquetas su incidencia en el tránsito es el que da un valor óptimo económicamente. Los Volúmenes de Tránsito corresponden a la Publicación TMDA -2010-2011-División Tránsito –DVBA.

Calculo del Beneficio por los costos operativos para un vehículo promedio anual para banquina de 2 m

Tramo de 81 km de longitud, con datos obtenidos RP51 Tramo: Acceso Loma Negra - RP86 como promedios ponderados de la Red Primaria correspondiente a caminos rurales indivisos (1+1).

Tipo de vehículo	Long (Km)	Sin Banquina			Con Banquina			Beneficio (\$/veh) (c) (c)=(a)-(b)	Clasificación vehicular (d)	Beneficio (e) (e)=(c)*d
		Velocidad (Km/h)	Costo (*) (\$/veh/Km)	Costo (\$/veh) (a)	Velocidad (Km/h)	Costo (*) (\$/veh/Km)	Costo (\$/veh) (b)			
auto	81,00	92,50	2,12	171,74	99,30	2,05	165,97	5,77	0,65	3,75
ómnibus	81,00	82,50	14,66	1187,52	89,30	14,05	1138,13	49,39	0,01	0,49
camión liviano	81,00	72,50	7,36	596,26	79,30	7,16	579,80	16,46	0,05	0,82
camión pesado	81,00	72,50	12,60	1020,44	79,30	12,35	1000,03	20,41	0,29	5,92
Total										10,99

Beneficio (f1) (\$/veh/año)
4010,566

(*) Valores obtenidos de la Tabla de Costos operativos 2012- DVBA

Costos de las mejoras						Calculo de VPN (Valor presente neto), TIR (Tasa interna de retorno), B/C e IR (índice de rentabilidad)					
Designación	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal financiero (\$)	Subtotal económico (\$)	Año	TMDA	Beneficio por reducción de CO y tiempo	Beneficio por reducción de accidentes	Inversión	Mantenimiento
Banquina pavimentada	Km	81	765.700	62.021.700	46.826.384	1	3.691			-\$ 49.846.384	
Pavimentación de dos Accesos (se incluye en el costo el traslado de refugio)	Km	4	1.000.000	4.000.000	3.020.000	2	3.802	\$ 15.247.090	\$ 956.000		-\$ 103.000
Total =			\$66.021.700	\$66.021.700	\$ 49.846.384	3	3.459	\$ 13.870.679	\$ 956.000		-\$ 103.000
						4	3.562	\$ 14.286.800	\$ 956.000		-\$ 103.000
						5	3.669	\$ 14.715.404	\$ 956.000		-\$ 103.000
						6	3.779	\$ 15.156.866	\$ 956.000		-\$ 103.000
						7	3.893	\$ 15.611.572	\$ 956.000		-\$ 103.000
						8	4.009	\$ 16.079.919	\$ 956.000		-\$ 103.000
						9	4.130	\$ 16.562.317	\$ 956.000		-\$ 103.000
						10	4.254	\$ 17.059.186	\$ 956.000		-\$ 103.000
						11	4.381	\$ 17.570.962	\$ 956.000		-\$ 103.000
						12	4.513	\$ 18.098.091	\$ 956.000		-\$ 103.000
						13	4.648	\$ 18.641.033	\$ 956.000		-\$ 103.000
						14	4.787	\$ 19.200.264	\$ 956.000		-\$ 103.000
						15	4.931	\$ 19.776.272	\$ 956.000		-\$ 103.000
						i=12 % TIR = 31% VAN= \$54.210.338 IR = 1,22 B/C = 2,20					

4.4.2 Escenario 2: Ejecución de Demarcación horizontal y tachas bidireccionales:

Si tomamos el valor de accidente promedio de: \$478.000. Una tasa de 10 accidentes anuales. Según los datos de investigaciones realizadas la suma de señalamiento horizontal en borde y el eje, produce una disminución del 36% (ver pag.5) de todos los accidentes que se producen en la vía, nosotros tomaremos 30%, siempre menor a lo establecido. Además agregamos la colocación de tachas bidireccionales reflectivas. Consideramos un mantenimiento anual y una nueva demarcación cada 5 años.

Tramo de 81 km de longitud, con datos obtenidos RP51 Tramo: Acceso Loma Negra - RP86 como promedios ponderados de la Red Primaria correspondiente a caminos rurales indivisos (1+1).

Costos de las mejoras						Calculo de VPN (Valor presente neto), TIR (Tasa interna de retorno), B/C e IR (índice de rentabilidad)			
Designación	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal financiero (\$)	Subtotal económico (\$)	Año	Beneficio	Inversión	Mantenimiento
Señalización	m ²	24.300	103.04	2.503.872	1.890.423	1		-\$ 2.029.012	
Señalización	m ²	729	196.49	143.241	108.147	2	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
Refuerzo de marcación con tachas	unidad	800	50.4	40.320	30.442	3	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
Total =				\$ 2.687.433	\$ 2.029.012	4	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						5	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						6	\$ 1.434.000	-\$ 2.029.012	
						7	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						8	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						9	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						10	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						11	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						12	\$ 1.434.000	-\$ 2.029.012	
						13	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						14	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						15	\$ 1.434.000		-\$ 405.802
						i=12% TIR = 44% VAN = \$3.398.368 IR = 1,67 B/C = 1,56			

4.4.3 Escenario 3: Ejecución de Señalamiento vertical, barandas flex beam, hitos de arista y extracción de árboles

Si tomamos el valor de accidente promedio de: \$478.000. Una tasa de 10 accidentes anuales. Según los datos de investigaciones realizadas la suma de señalamiento vertical, produce una disminución del 20 % y 60% (ver pag.5) de todos los accidentes que se producen en la vía, nosotros tomaremos 40%, un valor medio entre lo establecido. Además agregamos la colocación de barandas flex vean hitos de arista y extracción de árboles que se encuentran próximos al borde de calzada. Consideramos un mantenimiento anual y una nueva intervención cada 5 años.

Tramo de 81 km de longitud, con datos obtenidos RP51 Tramo: Acceso Loma Negra - RP86 como promedios ponderados de la Red Primaria correspondiente a caminos rurales indivisos (1+1).

Costos de las mejoras						Calculo de VPN (Valor presente neto), TIR (Tasa interna de retorno), B/C e IR (índice de rentabilidad)			
Designación	Unidad de medida	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Subtotal financiero (\$)	Subtotal económico (\$)	Año	Beneficio	Inversión	Mantenimiento
Señalización vertical	m ²	608	863,13	524.351	395.885	1		-\$ 4.251.722	
Baranda flex beam	m	8100	594,35	4.814.235	3.634.747	2	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
Hitos de arista	unidad	1067	260	277.334	209.387	3	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
Extracción de árboles	unidad	31	500	15.500	11.703	4	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
Total				5.631.420	\$ 4.251.722	5	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
						6	\$ 1.912.000	-\$ 4.251.722	
						7	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
						8	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
						9	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
						10	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
						11	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
						12	\$ 1.912.000	-\$ 4.251.722	
						13	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
						14	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
						15	\$ 1.912.000		-\$ 212.586
						i=12% TIR = 30% VAN = \$ 3.559.210 IR = 0,84 B/C = 1,39			

4.4.4 Escenario 4: Ejecución de Banquinas pavimentadas de 2m, *Demarcación horizontal y tachas bidireccionales, Señalamiento vertical, barandas flex beam, hitos de arista y extracción de árboles.*

Escenario 4= Escenario 1+Escenario2+Escenario3

**Tramo de 81 km de longitud, con datos obtenidos RP51 Tramo: Acceso Loma Negra -
RP86 como promedios ponderados de la Red Primaria correspondiente a
caminos rurales indivisos (1+1).**

Año	Tmda	Beneficio		Inversión	Mantenimiento
1	3.691			-\$ 56.127.118	
2	3.802	\$ 15.247.090	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
3	3.459	\$ 13.870.679	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
4	3.562	\$ 14.286.800	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
5	3.669	\$ 14.715.404	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
6	3.779	\$ 15.156.866	\$ 4.302.000	-\$ 6.280.734	-\$ 81.000
7	3.893	\$ 15.611.572	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
8	4.009	\$ 16.079.919	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
9	4.130	\$ 16.562.317	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
10	4.254	\$ 17.059.186	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
11	4.381	\$ 17.570.962	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
12	4.513	\$ 18.098.091	\$ 4.302.000	-\$ 6.280.734	-\$ 81.000
13	4.648	\$ 18.641.033	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
14	4.787	\$ 19.200.264	\$ 4.302.000		-\$ 699.389
15	4.931	\$ 19.776.272	\$ 4.302.000		-\$ 699.389

i=12%
TIR = 32%
VAN = \$60.552.658
IR = 1,21
B/C = 2,03

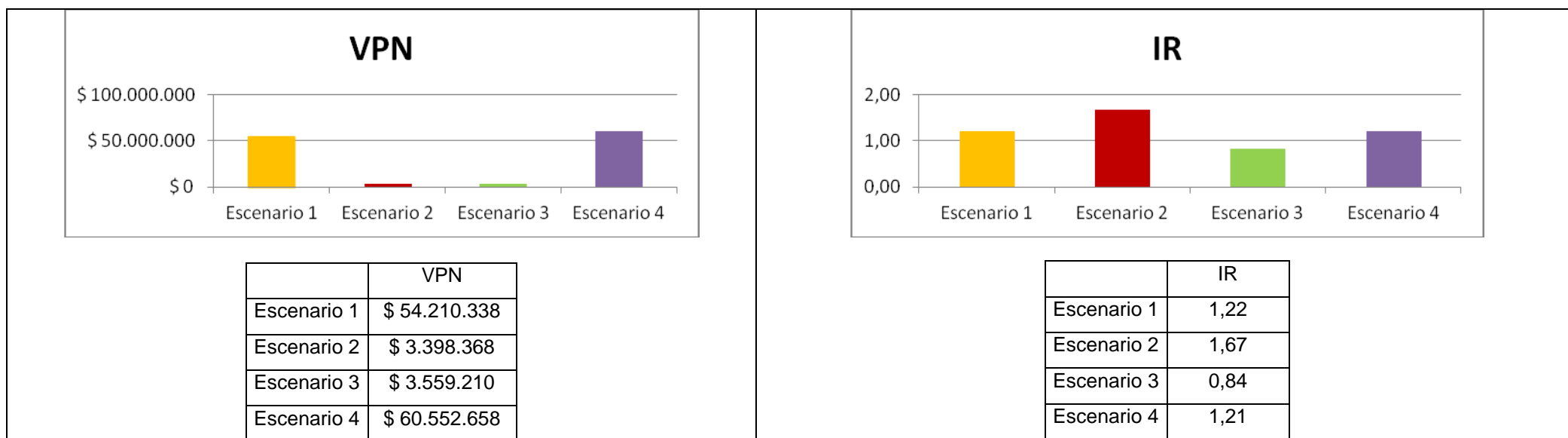
4.4.5. Resultado de los indicadores para los distintos escenarios

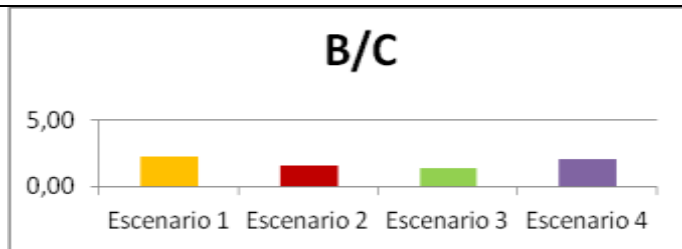
Escenario 1: Ejecución de banquetas pavimentadas de 2m y pavimentación de dos accesos y traslado de refugio

Escenario 2: Demarcación horizontal y colocación de tachas bidireccionales reflectantes.

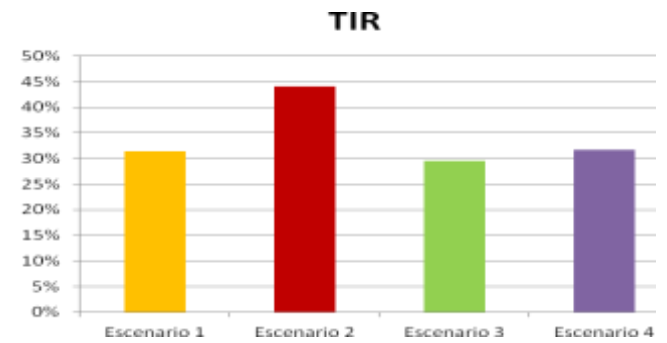
Escenario 3: Ejecución de Señalamiento vertical, barandas flex beam, hitos de arista y extracción de árboles.

Escenario 4: Escenario1+Escenario 2+Escenario 3





	B/C
Escenario 1	2,20
Escenario 2	1,56
Escenario 3	1,39
Escenario 4	2,03



	TIR
Escenario 1	31%
Escenario 2	44%
Escenario 3	30%
Escenario 4	32%

5. Conclusiones

Como ingenieros viales debemos realizar obras que eviten los posibles accidentes, pensando no sólo en el conductor que se encuentra en un estado óptimo sino también en aquel que por distintas razones puede reaccionar más tardíamente o cometer errores propios del diario acontecer.

El manejo de los fondos públicos, requiere que los recursos invertidos sean de la forma más eficiente posible, pues un error en la inversión produce un desmejoramiento en el nivel de vida medio. Las mejoras en diseño geométrico, en los costados de la vía (banquinas, cunetas, obstáculos etc.), mantenimiento del señalamiento vertical y demarcación horizontal, etc.; son medidas de bajo costo que muchas veces son determinantes para lograr una reducción en el volcamiento de vehículos o de graves accidentes y por lo tanto mejoran la vida de la sociedad.

El diseño debe permitir al usuario de la vía entender cómo debe comportarse en términos de velocidad, tipo de tránsito, tipo de intersecciones que va a encontrar entre los puntos más destacados.

Las condiciones de la vía en lo que respecta principalmente a la demarcación horizontal y señalamiento vertical y de sus márgenes influyen siempre de forma decisiva en la gravedad de este tipo de siniestro, siempre y cuando el estado del pavimento sea el adecuado.

Actuando adecuadamente sobre los elementos peligrosos existentes en las proximidades de la vía y en su demarcación y señalamiento, pueden reducir en gran medida sus consecuencias.

En los diferentes estudios realizados, fuimos incorporando la importancia de las banquinas en la ejecución de los proyectos, por ejemplo para los conductores de cargas móviles como el ganado, las rutas sin banquinas resultan desechadas en su elección. A su vez mantener la demarcación, el señalamiento, las barandas de contención, se encuentran entre las medidas de mayor rentabilidad que se pueden aplicar para la mejora de la seguridad vial. Es interesante aclarar que los beneficios incorporados a las obras fueron los valores mínimos ya que en muchos casos estas intervenciones mejoran los costos operativos que

únicamente se incorporó para el caso de banquetas, luego se trabajó sólo con la disminución de accidentes.

Si bien en nuestro estudio no se tuvo en cuenta, en función de las características que presenta el perfil del tramo en estudio, consideramos de suma importancia que sea considerado en los nuevos proyectos y en proyectos como repavimentación la inclinación de los taludes, con el fin de disminuir las consecuencias de los siniestros que se pueden producir como consecuencia de la salida de una vía.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio, permiten considerar que se cuenta con herramientas cuya inversión económica es baja, para dotar a las rutas de la demarcación, señalamiento, balizamiento y elementos de contención adecuados para hacerlas más seguras.

6- Bibliografía

1. A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 2001
2. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993. AASHTO. Washington, D.C., Estados Unidos de América.
3. Bennett, Christopher R.; Alondra Chamorro, Chen Chen, Hernán de Solminihaç, Gerardo W. Flintsch (2005). Data Collection Technologies for Road Management. The World Bank, East Asia Pacific Transportation Unit. Washington, D.C., Estados Unidos de América.
4. Cortés, Pablo (2006) "Manual de diseño vial seguro". DNV. Buenos Aires Argentina
5. Díaz Pineda, Jacobo y otros.(2010) Manual de buenas prácticas para el diseño de márgenes de carreteras convencionales Dirección General de Tráfico y la Asociación Española de la Carretera
6. Estudio Para La Elaboración De Un Manual Que Sirva De Guía A Los Entes Territoriales De Carácter Municipal Y Departamental Para El Diseño Y Ejecución De Sus Planes De Seguridad Vial (2004) Universidad De Los Andes Instituto Ser De Investigación. Bogota Colombia.

7. Galves Torres, José Ignacio (2007). Prácticas innovadoras de seguridad vial en Europa INECO TIFSA.
8. Gouvêa Campos, Vânia Barcellos y Sampedro Tamayo, Amílcar (2008) Efecto de los elementos de la infraestructura viaria sobre la seguridad de la circulación Instituto Militar de Engenharia, Brasil.
9. Gouvea Campos, Vania Barcellos y Sampedro Tamayo, Amílcar (2007) Efecto de los elementos de la infraestructura viaria sobre la seguridad de la circulación. Programa de Pos Graduación en Ingeniería de Transportes, Instituto Militar de Engenharia, Brasil
10. Highway Capacity Manual,(2000) Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C: 2000
11. Highway Safety Design and Operations Guide, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. 1997
12. Ings. Berardo, María Graciela ; Baruzzi, Alejandro ; Vanoli, Gustavo; Freire, Rodolfo; Tartabini, Mauro ; Dapás, Oscar (2007) Identificación de tramos con concentración de accidentes en rutas nacionales de la provincia de Córdoba (República Argentina). Universidad Nacional de Córdoba
13. Kerali, H. G. R. (2000). The Highway Development and Management Series. Volume One: Overview of HDM-4. World Road Association (PIARC). París, Francia.
14. Laura, Guillermo (2011) Autopistas Y Ferrocarriles: Caminos Para El Desarrollo.Comentarios Al Proyecto De Ley Promitt Y Al Documento Del Instituto Del Transporte De La Academia De Ingeniería. Fundación Metas Siglo XXI
15. Leclair, Raul (2004) Manual Centroamericano De Normas Para El Diseño Geométrico De Las Carreteras Regionales 2da. Edición Convenio No. 596-0184.20, PROALCA II, SIECA. Guatemala
16. Mahboub, K. C. (2004). "Pavement Management Systems". Apéndice "E" de Huang, Y. H. (2004). Pavement Analysis and Design. 2ª edición, Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, NJ, Estados Unidos de América.
17. Manual Centroamericano De Normas Para El Diseño Geométrico De Las Carreteras Regionales (2001).Guatemala
18. Ministerio del Interior Dirección Gral de Tráfico (2007) "Nuevas normas para la Seguridad" España
19. Mondino Eduardo (2005) Informe Especial Sobre Seguridad Vial En Argentina Defensor del Pueblo de la Nación

20. Muñoz Medina, Miguel María (2006) Libro Verde de la Seguridad Vial. Asociación Española de la Carretera
21. NCHRP 440 – Accident Mitigation Guide for Congested Rural Two-Lane Highways
22. NCHRP Report 369 Transportation Research "Use of Shoulders and Narrow Lanes to Increase Freeway Capacity"
23. NCHRP Report 502 (2003) Geometric Design Consistency on High-Speed Rural Two-Lane Roadways Transportation Research Board
24. NCHRP Report 633 (2009) Impact of Shoulder Width and Median Width on Safety Transportation Research Board.
25. Ogden K. (1996) Safer roads: A guide to road safety engineering. Institute of Transport Studies. Department of Civil Engineering. Monash University. Melbourne, Australia..
26. Ray Krammes Effectiveness synthesis for Horizontal Curves, March 2005
27. Record 1796 Transportation Research (2002) Geometric Design and the Effects on Traffic Operations, , Washington D.C.
28. Report FHWA-HRT-09-031 (2009) Safety Evaluation of Lane and Shoulder Width Combinations on Rural, Two-Lane, Undivided Roads Federal Highway Administration (FHWA)
29. Report No FHWA-RD-79-25 (1978) Effectiveness of Alternative Skid Reduction Measures, FHWA
30. Report No.FHWA-RD-99-207(2000). Prediction of the Expected Safety Performance of Rural Two-Lane Highways. US Department of Transportation.
31. Road Safety Audits for Locals: Low Cost Safety Improvements Federal Highway Administration April 19-20, 2007.
32. Secretaría de Tránsito y Transporte de Bogotá Del consultor (Cal & Mayor y Asociados, S.C.) (2005) Manual de Planeación y Diseño para la Administración del Tránsito y el Transporte.
33. Sierra; Francisco J. (2001), La seguridad vial y las velocidades máximas señalizadas en las autopistas. XIII Congreso Argentino de Vialidad y Tránsito. Buenos Aires. Argentina
34. Solminihaq Tampier, Hernán de (2001). Gestión de Infraestructura Vial. 2ª edición, Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.
35. Sunley, William T (1990)“ What's That Extra Two Feet Of Lane Or Shoulder Width Worth?” Engineer of Local Roads and Streets Illinois Department of Transportation .

36. TRR334 Maintenance of Pavements, Lane Marking, and Roadsides. Transportation Research Board. 1992 Edition Washington, D.C. : Transportation Research Board. Transportation Research Record
37. U.S. Department of Transportation, USDOT (2003). Economic Analysis Primer. USDOT, Federal Highway Administration, Office of Asset Management, Washington, D.C., Estados Unidos de América.
38. Xumini, Luis M. (2009) La seguridad vial y las infraestructuras. Trabajo publicado en la revista Rutas de España N°130.
39. Zegeer, C.V., Reinfurt, D.W., Hummer, J., Herf, L., and Hunter, W. Safety (1988)Effects of Cross-Section Design for Two-Lane Roads. Transportation Research Record 1195, Transportation Research Board

➤ **Se emplearon además múltiples informes de investigación que se hallan en Internet.**

- Federal Highway Administration FHA; online: www.transportation.org ; USA.
- Dirección Nacional de Vialidad de Chile; on line: www.vialidad.cl; Chile
- Transportation Research Board of The Nacional Academy (TRB) www.trb.org
- Asociación de Carreteras de España; on line, <http://www.carreteros.org> ; España.
- Luchemos por la vida www.luchemos.org.ar
- AMPROS - Asociación Mendocina de Profesionales de la Salud - www.ampros.org.ar/ver_noticia.php?id=36&as=NOT
- <http://seguridadvial.blogspot.com/>
- <http://www.cesvi.com.ar>