



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

# **Estimación del impacto en la seguridad vial de mejoras efectuadas en sitios de conflicto por la SICT en los últimos años**

---

Isaac Sarmiento Castellanos  
Alberto Mendoza Díaz

Publicación Técnica No. 660  
**Sanfandila, Qro.**  
2021

ISSN 0188-7297



Esta investigación fue realizada en la Coordinación Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, por el Ing. Isaac Sarmiento Castellanos y el Dr. Alberto Mendoza Díaz.

Esta investigación es el producto final del proyecto de investigación interna SI-04/21 “Estimación del impacto en la seguridad vial de mejoras efectuadas en sitios de conflicto por la SICT en los últimos años”.

Se agrade la colaboración de las M. en I. Wendy Alejandra Casanova Zavala y María Cadengo Ramírez, del M. en I. Emilio Abarca Pérez y del Dr. Jesús Manuel Chavarría Vega, Investigadores de la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, así como del Ing. Nabor Antonio Magdaleno Coutiño del Centro SICT del Estado de Chiapas.



# Contenido

---

Introducción.....	1
Aspectos Generales .....	1
Objetivo.....	3
Alcances .....	4
Metodología .....	4
1. Antecedentes .....	5
1.1 Programa Nacional para la Atención de Puntos de Conflicto.....	5
1.2 El sitio de conflicto considerado .....	6
1.2.1 Siniestralidad vial en el subtramo .....	6
1.2.2 Datos de tránsito.....	7
1.3 Costos de los accidentes viales .....	9
2. Situación antes de las mejoras .....	11
2.1 Problemáticas encontradas.....	12
2.2 Accidentabilidad en la carretera Tapanatepec-Talismán.....	16
3. Descripción de las mejoras .....	18
3.1 Delineación y señalamiento .....	18
3.2 Zonas escolares.....	20
3.3 Gestión de velocidad.....	21
3.4 Realineación horizontal, vertical y rehabilitación de pavimento .....	22
4. Impacto de las mejoras .....	26
4.1 Reducción de accidentes .....	30

5. Evaluación económica de las mejoras .....	32
5.1 Estimación de la relación Beneficio-Costo de las medidas. ....	33
Conclusiones.....	37

## Índice de figuras

---

Figura I.1 Metodología para estudio de sitios de conflictos .....	2
Figura 1.1 Variación horaria vehicular en el subtramo considerado .....	7
Figura 2.1 Características de la carretera en estudio .....	11
Figura 2.2 Trazo del tramo estudiado.....	14
Figura 2.3 Perfil del tramo en estudio.....	15

*Estimación del impacto en la seguridad vial de mejoras efectuadas en sitios de conflicto por la SICT en los últimos años*

---

# Índice de tablas

---

Tabla I.1 Programa de Identificación de Sitios Peligrosos en Carreteras (ISPC) ....	2
Tabla 1.1 Siniestralidad vial en el subtramo .....	6
Tabla 1.2 Velocidades de punto registradas en el subtramo .....	8
Tabla 2.1 Principales hallazgos .....	12
Tabla 2.2 Principales hallazgos .....	12
Tabla 2.3 Principales hallazgos .....	13
Tabla 2.4 Principales hallazgos .....	13
Tabla 2.5 Principales hallazgos .....	14
Tabla 2.6 Resumen de accidentes de la carretera Tapanatepec-Talismán .....	16
Tabla 4.1 Medida de mejora .....	26
Tabla 4.2 Medida de mejora .....	27
Tabla 4.3 Medida de mejora .....	27
Tabla 4.4 Medida de mejora .....	28
Tabla 4.5 Medida de mejora .....	28
Tabla 4.6 Medida de mejora .....	29
Tabla 4.7 Medida de mejora .....	29
Tabla 4.8 Medida de mejora .....	30
Tabla 4.9 Relación de accidentes, muertos y lesionados en el subtramo, antes y después de las mejoras .....	31
Tabla 5.1 Comparación de costos y beneficios .....	34

*Estimación del impacto en la seguridad vial de mejoras efectuadas en sitios de conflicto por la SICT en los últimos años*

---

## Sinopsis

---

Esta investigación analizó un punto de conflicto ubicado la carretera Tapanatepec-Talismán en el estado de Chiapas, del kilómetro 30+000 al 42+000, en los límites de los estados Oaxaca y Chiapas, en el municipio de Arriaga. Se trata de un camino tipo "A2" con un ancho de corona de 12 metros, el cual una vez que se identificó como tramo de conflicto, fue atendido por el Centro SICT Chiapas llevando a cabo algunas medidas y tratamientos correctivos las cuales son la base para efectuar los estudios de antes y después que permitan evaluar las mejoras realizadas. Como resultado de esta investigación se presenta el impacto en la seguridad vial, mediante Análisis Costo-Efectividad (ACE), aplicados a los programas anuales de conservación carretera, específicamente a las medidas de mejora implementadas en sitios de conflicto identificados en la Red Federal de Carreteras.



# Abstract

---

This research analyzed a conflict site located on the Tapanatepec-Talisman highway in the state of Chiapas, from kilometer 30+000 to 42+000, on the limits of the states of Oaxaca and Chiapas, in the municipality of Arriaga. It is a type “A2” road with a width of 12 meters, where once it was identified as a conflict section, it was attended by the Chiapas SICT Center to analyze the proposed corrective measures and treatments and thus carry out the before-after study to evaluate the improvements made. Because of this research, the impact on road safety is presented, through a Cost-Effectiveness Analysis (CEA), applied to the annual road maintenance programs, specifically to the improvement measures implemented in the conflict sites identified in the Federal Highway Network.



## Resumen ejecutivo

---

El objetivo general de este estudio es estimar el impacto de medidas de mejora aplicadas por la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) en algunos sitios de conflicto identificados en la Red Carretera Federal (RCF). Este objetivo se puede subdividir en dos objetivos particulares: i) Describir las mejoras efectuadas en determinados sitios y evaluar su impacto en la seguridad vial en términos de la reducción de accidentes y sus secuelas asociadas y ii) Realizar el análisis beneficio-costo (ABC) o beneficio-efectividad (ABE) para las medidas implementadas.

Esta investigación forma parte del programa de desarrollo de investigaciones en pro de la seguridad vial, el alcance de este trabajo puede presentarse como una evaluación al programa de mantenimiento o atención a puntos de conflictos en carreteras federales. De acuerdo al Manual de Procedimiento para el Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto realizado por la Subsecretaría de Infraestructura dentro de la Dirección General de Servicios Técnicos, con el objetivo de prevenir y disminuir los accidentes de tránsito, este programa anual da atención a los accidentes que se presentan en la RCF, esto mediante la aplicación de medidas que incidan directamente en la infraestructura. Por lo anterior es necesario evaluar y realizar un análisis de la problemática existente de manera sistemática en donde se identifican los sitios de alta frecuencia de accidentes, se plantean las acciones correctivas, se jerarquizan las acciones de acuerdo a su rentabilidad y se evalúa la efectividad de las acciones correctivas una vez que estas se encuentren en operación.

Esta investigación analizó un punto de conflicto ubicado en el estado de Chiapas en un camino tipo "A2" con un ancho de corona de 12 metros de la carretera Tapanatepec-Talismán en los límites de los estados Oaxaca y Chiapas en el municipio de Arriaga, del kilómetro 30+000 al 42+000, el cual una vez que se identificó como tramo de conflicto, fue atendido por el Centro SICT Chiapas llevando a cabo algunas medidas y tratamientos correctivos los cuales son la base para efectuar los estudios de antes y después que permitan evaluar las mejoras realizadas.

Como resultado de esta investigación se presenta el impacto en la seguridad vial, mediante análisis costo-efectividad (ACE), aplicados a los programas anuales de conservación carretera, específicamente a las medidas de mejora implementadas.



# Introducción

---

La pérdida de vidas humanas se ha ido incrementando, solamente en México en el año 2019 (de acuerdo con las cifras publicadas por el INEGI y la Secretaría de Salud) los accidentes de tránsito provocaron la muerte de 14,673 personas en el país, 3,044 de las cuales fallecieron en carreteras federales.

El elevado costo de las muertes producidas por los accidentes de tránsito hace que las autoridades competentes busquen implementar medidas de seguridad que reduzcan de manera significativa la pérdida de vidas humanas, así como los gastos derivados de los recursos materiales dañados en las vías.

En México, como en otros países de Latinoamérica, la atención a la seguridad vial en carreteras se ha realizado primordialmente a través del proyecto y la conservación.

Hoy en día existe una gran diversidad de medidas que ayudan a mejorar la seguridad vial en carreteras, incluyendo la identificación y tratamiento de sitios de conflicto (con alta incidencia de accidentes viales). Este tipo de estudios es una de las principales aplicaciones de la ingeniería de seguridad en carreteras, otra se refiere a las auditorías de seguridad vial, siendo el primero un enfoque paliativo y el segundo preventivo. Ambos procedimientos tienen el mismo objetivo: reducir la cantidad y severidad de accidentes y sus víctimas.

Existen metodologías que ayudan a tomar decisiones en relación con la elección de qué medidas implementar y en qué lugares específicos, entre ellas destacan la evaluación beneficio-costo, así como la evaluación costo-efectividad, de tal forma que con las medidas de mejoramiento seleccionadas se maximicen los beneficios en la salud pública y se minimicen los costos derivados de los accidentes viales.

## Aspectos Generales

El Programa Nacional de Conservación de Carreteras de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes del Gobierno Mexicano, desde hace varios años, ha incluido dentro del presupuesto la atención de sitios de conflicto y seguridad vial, buscando disminuir los accidentes viales en la Red Carretera Federal (RCF). Entre las medidas de mejoramiento propuestas está la instalación de señalamiento y dispositivos de seguridad (barreras de protección), ampliaciones en curvas, mejoramiento de entronques o enlaces, mejoramiento de la superficie de rodamiento, construcción de carriles de cambio de velocidad, mejoramiento del alineamiento horizontal y vertical y construcción de banquetas.

El estudio de los sitios de conflicto es un proceso formal que está dirigido a identificar sitios en la RCF con una alta incidencia de accidentes, con el fin de desarrollar tratamientos adecuados a la infraestructura vial que reduzcan los accidentes y sus costos. La metodología propuesta para el estudio de sitios de conflictos en una carretera se divide en tres fases, como se muestra en la figura I.1.

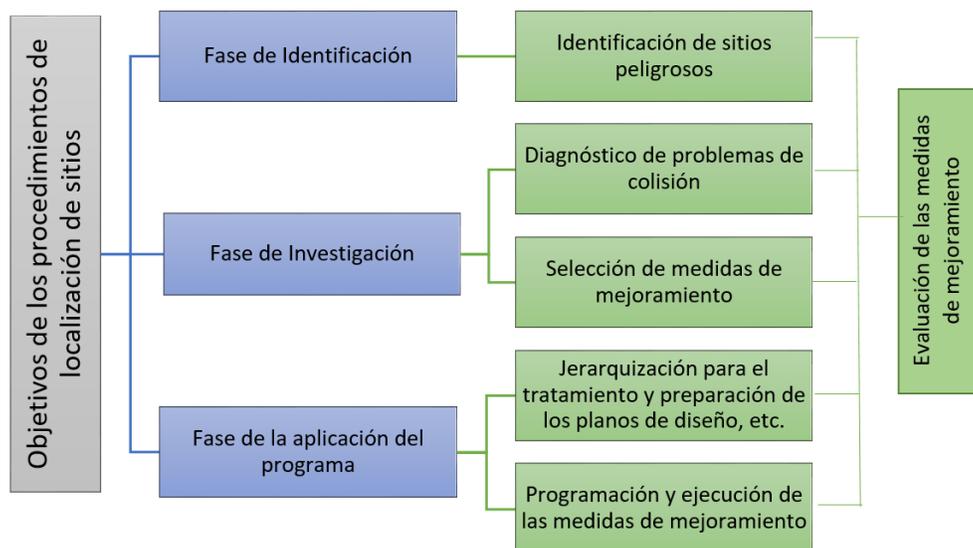


Figura I.1 Metodología para estudio de sitios de conflictos

Los programas de Identificación de Sitios Peligrosos en Carreteras (ISPC) pueden estar dirigidos a puntos específicos (segmentos, tramos o áreas) o programas de aplicación masiva. Hasta el 2020, la Secretaria de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes ha incluido la atención de sitios de conflicto en su programa nacional de conservación de carreteras, asignando presupuesto para su mejoramiento dependiendo de la cantidad de sitios por atender cada año. En la tabla I.1 se muestra el historial de intervenciones programadas de 2016 a 2020.

Tabla I.1 Programa de Identificación de Sitios Peligrosos en Carreteras (ISPC)

PROGRAMA	ASIGNACIÓN	META
2020		
<b>III. INCREMENTAR LA SEGURIDAD</b>		
Atención a puntos de conflicto y seguridad vial	120,692,287	13 puntos
2019		
<b>III. INCREMENTAR LA SEGURIDAD</b>		
Atención a puntos de conflicto y seguridad vial	601,100,000	66 puntos
2018		
<b>III. INCREMENTAR LA SEGURIDAD</b>		
Atención a puntos de conflicto y seguridad vial	27,000,000	Seis puntos
2017		
<b>III. INCREMENTAR LA SEGURIDAD</b>		
Atención a puntos de conflicto y seguridad vial	30 millones para dos puntos	
2016		
<b>III. INCREMENTAR LA SEGURIDAD</b>		
Atención a puntos de conflicto y seguridad vial	139.4 millones para 22 puntos	

Actualmente, uno de los principales problemas de la política de seguridad vial en carreteras es el proceso de decisión sobre qué medidas deben tener prioridad de implementación en el proyecto para mejorar la seguridad vial en términos de reducción de accidentes, ajustando, al presupuesto asignado, la selección dentro de un conjunto de medidas posibles y disponibles. Es importante señalar que la mejor medida de seguridad vial no necesariamente es aquella que genera los mayores beneficios, ni tampoco la que requiere de menores costos para su implementación, sino la medida que, al ser comparada de manera conjunta con los beneficios y costos, genere mayor beneficio o mayor efectividad por unidad de inversión.

Los objetivos generales de los programas de ISPC son:

- Identificar los sitios en los que existe un inherente alto riesgo de pérdidas por accidentes y una oportunidad económicamente justificable de reducir el riesgo.
- Identificar opciones de medidas de solución y prioridades que maximicen los beneficios económicos del programa de ISPC.

Como se observa en la tabla I.1, desde hace varios años estos programas de identificación de sitios de conflicto se integran a los programas de conservación carretera, mismos que se llevan a cabo cada año en las diferentes carreteras federales del país. Como resultado de estos programas se han implementado una serie de medidas de mejoramiento de la seguridad vial en toda la RCF.

## **Objetivo**

Este estudio busca estimar el impacto de medidas de mejora aplicadas por la SICT en algunos sitios de conflicto identificados en la RCF. Este objetivo general se puede subdividir en dos objetivos particulares:

- Describir las mejoras efectuadas en determinados sitios y evaluar su impacto en la seguridad vial en términos de la reducción de accidentes y sus secuelas asociadas.
- Realizar el análisis beneficio-costos (ABC) o el beneficio-efectividad (ABE) para las medidas implementadas.

Esta investigación se alinea con el objetivo prioritario 1 del Programa Sectorial de Comunicaciones y Transportes 2020-2024 “Contribuir al bienestar social mediante la construcción, modernización y conservación de infraestructura carretera accesible, segura, eficiente y sostenible, que conecte a las personas de cualquier condición, con visión de desarrollo regional e intermodal”, a su estrategia prioritaria 1.2 y sus acciones puntuales “Mejorar la seguridad vial en la Red Carretera Federal para el bienestar de todos los usuarios”, así como también a la acción puntual 1.5.5 “Aumentar la investigación científica y capacidad tecnológica vinculadas a las necesidades del sector”.

## **Alcances**

En este trabajo se evalúa el impacto derivado de acciones realizadas en sitios de conflicto en la RCF por la SICT en los últimos años, principalmente mediante indicadores ABC o ABE. Los alcances están limitados a las mejoras efectuadas en el año 2019 en la carretera Tapanatepec-Talismán, tramo Límites de Edos. OAX/CHIS-Arriaga, subtramo del km 30+000 al km 42+000, en el Estado de Chiapas. Este sitio fue identificado como punto de conflicto en el año 2012 por el Centro SICT Chiapas.

## **Metodología**

La metodología empleada en el presente trabajo se basa en la realización de las siguientes actividades:

- *Recopilación de información.* Se obtendrán los datos de algunos puntos de conflicto atendidos. Se obtendrán los historiales de accidentes en esos sitios de incidencia elevada.
- *Revisión de las condiciones de los sitios.* Se realizará una revisión de las condiciones de los sitios antes y después de las mejoras, con base en la información recopilada y la revisión en *Google Street View*.
- *Evaluación del impacto en la siniestralidad vial.* Con base en la información generada en las dos actividades anteriores, se evaluará el impacto en la seguridad vial de las medidas realizadas.
- *ABC o ABE.* Se estimará la conveniencia económica de las medidas efectuadas desde el punto de vista de su efectividad y rentabilidad económica, comparando sus beneficios por reducción de accidentes y sus secuelas asociadas contra sus costos de implementación.

# 1. Antecedentes

---

En el marco de la *Década de acción por la seguridad vial* declarada en 2011 por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes y la Secretaría de Salud publicaron la Estrategia Nacional de Seguridad Vial, cuyo objetivo era disminuir en un 50% el número de muertes y heridos graves ante la ocurrencia de accidentes de tránsito en el territorio nacional, los cuales sumaron 455,628 accidentes, 172,650 heridos y 16,559 muertes para el año 2010, según el boletín técnico de la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) No.5/2020.

## 1.1 Programa Nacional para la Atención de Puntos de Conflicto

A partir de 1997, según la información de la DGST, la SICT implementó el Programa Nacional para la Atención de Puntos de Conflicto en la Red Federal Libre de Peaje con el fin de reducir y evitar accidentes de tránsito en aquellos puntos o tramos en los que el camino es una de las causas principales de los accidentes, esto mediante la aplicación de medidas de mejora directamente en la infraestructura vial.

Este programa se realiza anualmente de acuerdo con los lineamientos establecidos en el “*Manual de Procedimiento para el Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto*” de la Dirección General de Servicios Técnicos [DGST, 2020], mediante una serie de formatos, este manual permite generar la propuesta de sitios para integrarse al Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto. Además del formato que permite integrar la propuesta de sitios (Formato 1), incluye, para cada sitio, formatos para el registro de su identificación (Formato A), criterios de selección (Formato B), proyecto (Formato C), ejecución (Formato D), costos (Formato E) y evaluación de su efectividad (Formato F).

El “*Manual de Procedimiento para el Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto*” define puntos de conflicto y tramos de conflicto como sigue:

- *Punto de conflicto*. Es un sitio de la vialidad donde en una longitud del orden de un kilómetro han ocurrido cuatro o más accidentes, un accidente con uno o más muertes o dos accidentes con uno o más heridos, en cada uno de los dos últimos años, y cuyas causas inciden directamente en la infraestructura. Los sitios podrán presentarse en curvas, entronques, puentes, cruces con vías férreas, etc.
- *Tramo de conflicto*. Es un sitio de la vialidad donde en una longitud de uno a quince kilómetros se presentan ocho o más accidentes, dos accidentes con

uno o más muertes o cuatro accidentes con uno o más heridos en cada uno de los dos últimos años, pudiéndose presentar en tangente, zona de curvas o tramos mixtos con características físicas y operativas similares.

Para formular una alternativa de solución es necesario:

1. Analizar la estadística de accidentes de tránsito para identificar los sitios con alta frecuencia de accidentes.
2. Obtener información de la demanda del tránsito y clasificación vehicular con apoyo de las publicaciones anuales de Datos Viales de la DGST.
3. Con apoyo del uso de imágenes satelitales, identificar el sitio con alta frecuencia de accidentes, obtener información de las condiciones de operación del tránsito, identificar posibles riesgos en la vialidad, ubicación de poblaciones y las características geométricas de la sección transversal.
4. Analizar las características del alineamiento horizontal y vertical del sitio con alta frecuencia de accidentes, con apoyo de la información georreferenciada, de la auscultación de la RCF, de las condiciones físicas del pavimento y de los sistemas de señalización vial y dispositivos de seguridad.

El subtramo considerado para los análisis en este trabajo fue identificado como punto de conflicto entre los años 2007 y 2008, por el Centro SICT Chiapas.

## **1.2 El sitio de conflicto considerado**

El subtramo a estudiar está comprendido entre los kilómetros 30 y 42 de la carretera Tapanatepec-Talismán (tramo Límites de Edos. OAX/CHIS – Arriaga), en el estado de Chiapas.

### **1.2.1 Siniestralidad vial en el subtramo**

De acuerdo a los datos proporcionados por el programa de atención de parte del centro SICT del estado de Chiapas en los años 2007 y 2008 presentó la siniestralidad vial mostrada en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1 Siniestralidad vial en el subtramo**

Rubros	Siniestralidad	
	2007	2008
Accidentes	5	9
Muertos	1	1
Heridos	5	8
Daños Materiales (\$)	412,000	298,000
NAE	21	31
TDPA	3,583	3,707
NAE / 10 <sup>5</sup> vehículos	1.954	
Longitud (km)	12	

NAE / 10 <sup>6</sup> vehículos-km	1.629
------------------------------------	-------

Como es evidente, se trata de un tramo de 12 kilómetros que tanto en 2007 como en 2008 mostró saldos elevados de siniestralidad vial (accidentes, muertos, heridos, etc.). En cada uno de esos dos años, el número de accidentes equivalentes (NAE = número de accidentes + 6 número de muertos + 2 número de heridos) fue de 21 y 31 respectivamente.

Dado sus saldos anteriores, este sitio fue propuesto por el Centro SICT Chiapas en 2012 para incluirse en el Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto. En el Formato 1 se registró como una propuesta de solución “reforzar el señalamiento e instalar dispositivos de control de velocidad”, con costo de \$4,500,000 (pesos de 2012).

También se registró para esos dos años un TDPA de 7,290 (3,583 en 2007 y 3,707 en 2008), obteniéndose un índice de 1.954 NAE por cien mil vehículos o 1.628 NAE por millón de vehículos-kilómetro recorridos en el subtramo.

## 1.2.2 Datos de tránsito

### Aforo

La figura 1.1 muestra la variación del flujo de tránsito (en un sentido, el otro y total) de las 6:00 a las 22:00 horas, para un día jueves, en una estación de aforo ubicada en el km 40.

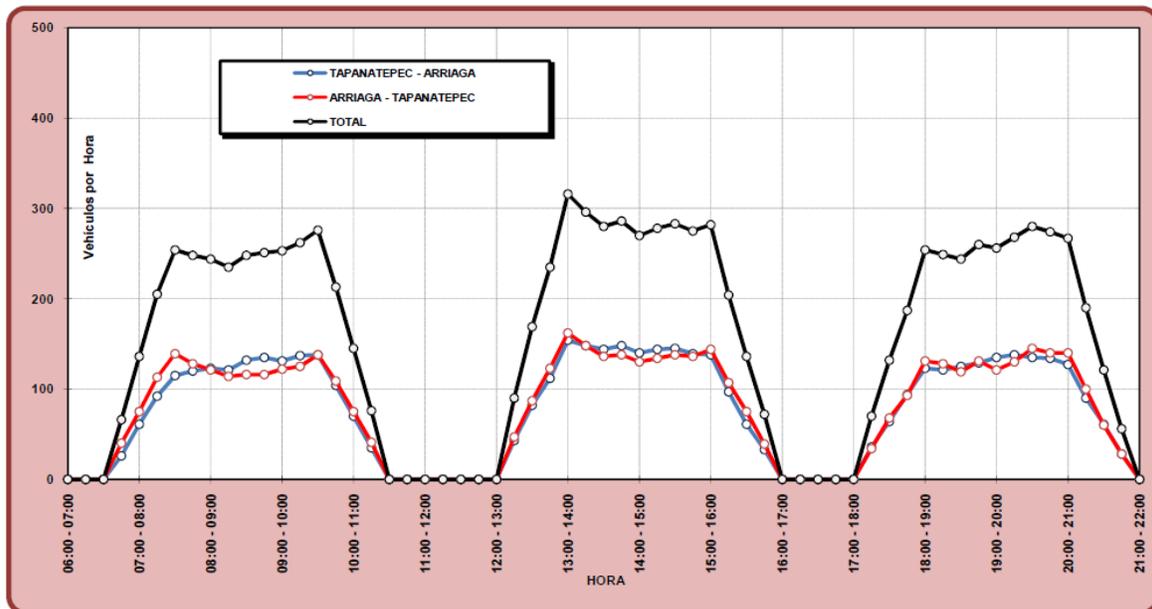


Figura 1.1 Variación horaria vehicular en el subtramo considerado

Se evidencian tres períodos de mayor demanda: de las 7:00 a 11:00 horas, de las 12:00 a las 17:00 horas y de 17:00 a las 22:00 horas.

En este mismo sitio se detectó, para el día y período de aforo, una composición vehicular de: 1.5% motocicletas, 71% automóviles, 3.7% autobuses, 6.4% camiones de carga tipo C2, 1.8% C3, 7.5% T3S2, 2% T3S3, 1.1% T3S2R3, 4.6% T3S2R4 y 0.4% otros.

A partir de valores de TPDA de 2002 a 2012, se obtuvo una tasa media de crecimiento anual del tránsito del 1.52%. En este trabajo se asumirá 2% para pronósticos futuros del tránsito.

### **Velocidades de punto y de recorrido**

De una muestra de 400 velocidades de punto tomadas a lo largo del subtramo durante un día, se obtuvieron los datos que se muestran en la tabla 1.2.

**Tabla 1.2 Velocidades de punto registradas en el subtramo**

<b>Tipo de vehículo</b>	<b>Rubros</b>	<b>Valor (km/h)</b>
Automóvil	Vel mínima	78.2
	Vel máxima	147.2
	Promedio	108.6
Autobús	Vel mínima	70.9
	Vel máxima	117.1
	Promedio	95.4
Camión de carga	Vel mínima	70.4
	Vel máxima	116.9
	Promedio	96.3
Vehículos totales	Vel mínima	70.4
	Vel máxima	147.2
	Promedio	105.2
	Percentil 85	122.7
	Percentil 98	135.3

Como es evidente a partir de la información en la tabla 1.2, se registraron en el tramo velocidades elevadas, de hasta 147.2 km/h para un automóvil. El 35% excedió el límite general de 110 km/h y obviamente 15% excedió el percentil 85 de 122.7 km/h.

También se realizaron estudios de velocidad de recorrido, obteniéndose velocidades de recorrido entre 80 y 100 km/h para el tramo de 12 km. Las principales causas de demora registradas fueron la interferencia de autobuses subiendo y bajando pasajeros (kilómetros 39+160, 39+780 y 41+700) y vueltas a la izquierda en entronques y poblados (kilómetros 39+860 y 39+780).

### 1.3 Costos de los accidentes viales

Los costos elevados que producen los accidentes carreteros hace prioritario implementar medidas de seguridad que reduzcan de manera significativa la pérdida de vidas humanas junto con los daños materiales perdidos en los accidentes. Una de las pautas a tomar en el proceso de atención a la problemática encontrada en las carreteras son las medidas encaminadas a mejorar la seguridad vial, pues algunas son muy elevadas de costos, es por ello que a través de una evaluación de sus benéficos y costos se puede justificar el uso de las medidas recomendadas, de tal forma que con las medidas seleccionadas se maximicen los beneficios en menos pérdida de vidas humanas y se minimicen los costos derivados de los accidentes carreteros, en términos de seguridad vial es necesario elegir las medidas que proporcionen mejor resultado al problema con el mínimo recurso para su implementación.

En cuanto a la pérdida de vidas humanas son los que presentan el costo elevado en la ocurrencia de un accidente, el proceso para la estimación del valor estadístico de la vida (VEV) es una metodología del *International Road Assessment Programme* [iRAP, 2008] aceptada en varios países que se basa en el producto interno bruto (PIB) per cápita, asignándole un valor a la víctima mortal por colisión de tránsito. En cuanto al lesionado le asume un costo del 25% del VEV. De acuerdo al banco mundial en los documentos técnicos números 77 y 80 del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) de los años 2018 y 2019, respectivamente, en su análisis del valor estadístico de la vida y costos de siniestralidad, en 2019 el VEV fue de 404,829.83 dólares para el muerto y 101,207.46 dólares para el lesionado, mientras que, para el 2018 el VEV fue de 409,693.55 y 102,423.3875 dólares para el muerto y lesionado respectivamente.

En cuanto a los daños materiales, de acuerdo a la base de datos de los anuarios realizados por el Instituto Mexicano del Transporte [IMT,2020] presentan que para el 2019 en el subtramo del km 30+000 al 42+000 fue de 185,000 pesos, para el 2020 la cantidad de 50,000 pesos y entre los años 2007 al 2018 un total de 4,407,500 pesos.



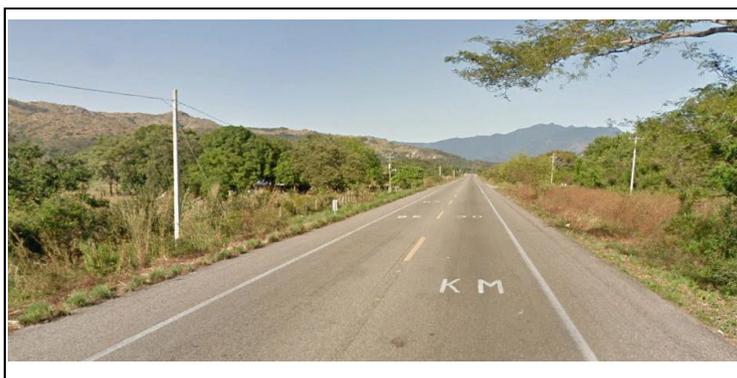
## 2. Situación antes de las mejoras

Para cada punto de conflicto, como lo especifica el manual de atención, se obtiene la información del tramo o punto atendido; en la figura 2.1 se muestra la información obtenida para el análisis de un sitio con alta frecuencia de accidentes viales en los límites entre los estados de Chiapas y Oaxaca.

### DATOS GENERALES

ESTADO:	Chiapas
CARRETERA:	Tapanaepec - Talisman
TRAMO:	Límites de Estados Oaxaca/Chiapas - Arriaga
Km DE INICIO	30+000
Km FINAL	42+000

### SECCIÓN TIPO (Km 30+000)



### DATOS DE LA SECCIÓN

CUERPOS SEPARADOS	<b>NO</b>
FAJA SEPARADORA CENTRAL (m)	<b>0</b>
ANCHO DE CARRILES	<b>3.5 m</b>
NUMERO DE CARRILES =	<b>2</b>
SENTIDO 1	<b>1</b>
SENTIDO 2	<b>1</b>
DIMENSIONES ACOTAMIENTO (m)	
INTERNO =	<b>0 m</b>
EXTERNO =	<b>1.5 m</b>

**Figura 2.1 Características de la carretera en estudio**

Esta carretera, según la Red Nacional de Caminos publicada por el IMT, es un camino tipo A2 con una corona de 12 metros, con velocidad máxima de 90 km/h, con recubrimiento y pavimento de asfalto y circulación en 2 sentidos.

El tramo del kilómetro 30+000 al 42+000 fue declarado como punto negro en el año 2012, pero ya el historial de accidentes entre 2007 y 2008 daban un total de 14 accidentes con 2 muertes y 13 lesionados, aproximadamente \$710,000 pesos en daños materiales.

El tramo de conflicto está sobre una carretera muy transitada puesto que es la conexión de dos estados, Chiapas y Oaxaca, donde por ser zona costera forma parte del corredor que conecta los puertos marítimos de Puerto Chiapas y Salina Cruz. Justo en el tramo de conflicto se concentra una pequeña población llamada

“Azteca” y al finalizar el tramo se encuentra uno de los municipios de Chiapas de la zona del Soconusco denominado “Arriaga”.

## 2.1 Problemáticas encontradas

En el año 2008 se detectó que el conflicto era una tangente horizontal con una curva vertical, donde se reforzaría el señalamiento tanto horizontal como vertical, así como colocación e instalación de dispositivos de control de velocidad; sin embargo, en un recorrido realizado se pudieron identificar muchas anomalías, de las cuales algunas de ellas se enlistan a continuación:

**Tabla 2.1 Principales hallazgos**

<p><b>Señalamiento fuera de norma.</b></p>	
<p>Se presentan señales que no se ajustan a los parámetros de la norma, las cuales pueden generar conflicto en la interpretación de la información.</p>	

**Tabla 2.2 Principales hallazgos**

<p><b>Falta de amortiguadores de impacto.</b></p>	
<p>Se presentan bifurcaciones sin amortiguadores de impacto y mal estado de las barreras metálicas.</p>	

**Tabla 2.3 Principales hallazgos**

<p><b>Obras de drenaje en mal estado y no protegidas.</b></p>	
<p>Se presentan obras de drenaje no protegidas y en mal estado, que representan un riesgo de volcamiento para los vehículos errantes que pudieran abandonar la calzada en esos sitios.</p>	

**Tabla 2.4 Principales hallazgos**

<p><b>Falta de visibilidad.</b></p>	
<p>Se presenta mucha maleza en el derecho de vía, reduciendo la distancia de visibilidad en la curva.</p>	

Tabla 2.5 Principales hallazgos

<b>Falta de señalamiento.</b>	
Se presenta falta de señalamiento en delimitación de carriles y acotamiento, falta de botones y falta de señalamiento restrictivo (de velocidad y no rebase por la curva vertical).	

El tramo de conflicto presenta algunas características geométricas que pueden asociarse a causas de accidentes, tales como: tres curvas horizontales cerradas con diferente radio de curvatura de acuerdo a la velocidad de proyecto, una tangente a nivel con facilidad de rebases indebidos, una intersección sin carriles de aceleración y deceleración y accesos irregulares. En la figura 2.2 se muestra el tramo con la herramienta *Google Earth*.



Figura 2.2 Trazo del tramo estudiado



**Figura 2.3 Perfil del tramo en estudio**

Dentro del tramo de conflicto podemos observar la problemática en una de las curvas ubicada en el kilómetro 35+328 ya que se presenta la combinación de alineamientos; es decir, la curva horizontal se traslapa con una curva vertical, situación que reduce la distancia de visibilidad, figura 2.3.

## 2.2 Accidentabilidad en la carretera Tapanatepec-Talismán

De acuerdo a lo publicado en el *Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales* por el IMT, este tramo presenta las siguientes cantidades de accidentes desde el año 2007 hasta el año 2020.

Tabla 2.6 Resumen de accidentes de la carretera Tapanatepec-Talismán

Año	Longitud (km)	Accidentes	Muertos	Lesionados	Daños materiales (miles de dólares)	TDPA
2007	310.8	181	36	175	1,133.20	4,868
2008	310.8	175	37	171	822.6	4,929
2009	310.8	107	19	106	328.4	5,179
2010	310.8	192	34	181	767.18	5,821
2011	310.8	189	40	204	807.93	7,046
2012	310.8	216	49	293	835.07	7,624
2013	310.7	219	24	213	1,258.29	7,818
2014	303.1	160	27	134	633.53	7,777
2015	310.7	143	30	124	439.38	8,460
2016	310.7	184	31	74	538.93	8,917
2017	303.2	178	20	45	828.17	8,871
2018	303.2	141	27	40	505.30	9,005
2019	310.8	126	19	29	443.00	9,440
2020	310.8	129	24	18	621.40	9,101

Una de las principales razones por la cual el tramo se designa como punto de conflicto es la cantidad de accidentes que reporta como tal la carretera. Un dato importante que se observa es que el tránsito aumentó más del 50% de 2007 a la fecha. Por otro lado, se observa también que el monto de los daños materiales es elevado, por lo cual se pretende atender con esos montos la implementación de las medidas de mejora para reducción de los accidentes.



## 3. Descripción de las mejoras

---

Una de las alternativas de solución a los puntos de conflicto en carreteras es la propuesta de medidas de mejora para disminuir tanto el riesgo de ocurrencia como la severidad de los accidentes (número de víctimas). De esta manera no sólo solucionamos el problema del tramo en estudio, sino que contribuimos con el objetivo de la OMS de reducir el número de las muertes y heridos graves a nivel mundial por causa de los siniestros viales. De la misma manera, en el rubro de ciudades sustentables, se espera que para el año 2030 las ciudades puedan proveer sistemas de transporte seguros, asequibles y accesibles para todos, mejorando la seguridad vial y poniendo especial atención en los usuarios vulnerables (personas con capacidades diferentes, mujeres, niños y personas de la tercera edad).

Para este punto de conflicto se propusieron varias medidas que en conjunto solventarían la situación de riesgo que se presenta en ese tramo. El costo de todas las mejoras realizadas en el tramo fue de 17 millones de pesos. A continuación, se describen las medidas de mejora propuestas para este punto negro, las cuales en conjunto mejorarán todo el tramo.

### 3.1 Delineación y señalamiento

Se propuso delinear el centro y borde de la carretera mediante marcas en el pavimento, tales como línea central separadora de sentidos, líneas en la orilla derecha e izquierda de la calzada y reposición total de botones reflejantes. Por otra parte, se reemplazaron y colocaron señalamientos verticales, como por ejemplo señales preventivas (SP), restrictivas (SR) e indicadores de curva peligrosa (OD-12).

Este tratamiento ayuda a los conductores a encausar correctamente sus vehículos sobre los carriles de circulación y les brindan consejos sobre las condiciones que se aproximan; esto es especialmente útil cuando la visibilidad es deficiente (por ejemplo, debido a la lluvia, la niebla o la oscuridad) y en curvas cerradas. El tratamiento incluyó:

- *Marcado de líneas (retroreflejantes)*: líneas pintadas sobre el pavimento, lo cual es relativamente económico; las líneas centrales pueden ser útiles para disuadir adelantamientos o "desviaciones" accidentales del carril. Las líneas de la orilla de calzada ayudan a los conductores a juzgar la alineación de la carretera que tienen por delante y reducir las salidas del camino. El marcado de líneas también es eficaz para reducir el daño de los acotamientos y, por lo tanto, para reducir los costos de mantenimiento. Además, la colocación de

botones sobre las líneas puede ser efectivo para reducir choques frontales y salidas de la vía.

- *Indicadores de curva peligrosa (Chevron OD-12)*: se colocan a lo largo del exterior de una curva para proporcionar a los conductores una mejor vista de su geometría a medida que se acercan y para ayudarlos a posicionar el vehículo durante la curva.
- *Señales preventivas y restrictivas*: las señales preventivas informan a los conductores sobre la naturaleza del riesgo al que se acercan. Las señales restrictivas, incluidas las señales de límite de velocidad, les indican a los conductores cómo sortear un riesgo de manera segura. Por ejemplo, las señales de curvas peligrosas colocadas en el acceso a la curva pueden informar al conductor de cómo cambia la alineación de la carretera: por otro lado, las señales de advertencia de límite de velocidad indican una velocidad segura para el tramo. Para este tramo se colocaron señales restrictivas de no estacionar (SR-22), no rebasar (SR-18) y señales de límite de velocidad (SR-9); así como señales preventivas de curvas (SP-6) y se retiraron aquellas innecesarias, como las señales de información general “CURVA PELIGROSA A XX M” y “DISMINUYE LA VELOCIDAD” por señales preventivas de curva SP-6 y señales restrictivas de velocidad SR-9, respectivamente.

Para poder implementar estas medidas en el tramo en conflicto, se deben asegurar los beneficios que trae su aplicación, así como los problemas de implementación antes de decidir colocarlas en el tramo. De acuerdo con información del iRAP, se sabe que esta medida ha sido comprobada en otros países donde el costo es relativamente bajo, tiene una vida útil de 1 a 5 años y una efectividad en seguridad vial de 10 a 25%. A continuación, se enlistan algunas consideraciones para el tratamiento de delineación.

**Beneficios:**

- Las marcas viales se encuentran entre los tratamientos más rentables para hacer las carreteras más seguras.
- Se ha demostrado que las mejoras en la delimitación reducen los choques frontales y salidas del camino.
- Ayuda a los conductores a mantener una posición lateral del vehículo segura y constante dentro del carril.
- Reducción de choques nocturnos y con poca visibilidad.
- Reducción del deterioro del pavimento por conducción de vehículos sobre el acotamiento.

**Problemas de implementación:**

- En muchos países se ignora el marcado de líneas (y se colocan barreras físicas en la línea central).
- Los delineadores mal diseñados o ubicados pueden aumentar el riesgo de colisión.
- Demasiadas señales pueden confundir a los conductores.
- La delimitación debe ser coherente en todo el país.
- La retroreflectividad de las líneas y las señales es una consideración importante para el uso de la carretera en la noche y en condiciones de pavimento mojado.
- La efectividad de las marcas de línea depende del ancho de la línea y su retroreflectividad.

Esta medida resulta importante ya que la vía tiene como objetivo ofrecer las condiciones necesarias para una conducción segura y cómoda, entonces los conductores deben de contar con suficientes puntos de referencia alrededor de su vehículo, sobre todo en la oscuridad, pero también en cualquier otra condición crítica de visibilidad (por ejemplo, en caso de lluvia o niebla). Dichos puntos de referencia son esenciales para distinguir la carretera de su entorno. Las marcas viales tienen como objetivo, entre otros, ofrecer a los conductores puntos de referencia para poderse ubicar en relación con la vía y su trazado. En concreto, los objetivos de las marcas viales son:

- Guiar al tránsito a lo largo del trazado del camino y delinearlos sobre el entorno.
- Avisar a los usuarios de las vías sobre condiciones específicas o peligrosas relativas al trazado de la vía.
- Regular el tránsito, por ejemplo, reservando ciertas partes de la vía para ciertos grupos de usuarios (por ejemplo, para el transporte público), así como permitiendo o restringiendo los adelantamientos o los cambios de carril.
- Completar y reforzar la información ofrecida por medio de otras señales de tránsito.

## **3.2 Zonas escolares**

Otra de las medidas propuestas para este subtramo es la mejora del señalamiento en las zonas escolares. Las zonas escolares son áreas cercanas a las escuelas y otros establecimientos educativos donde es probable que haya una importante presencia de niños en edad escolar y peatones jóvenes. Las zonas escolares a menudo incorporarán límites de velocidad reducidos para ciertos momentos del día. Así, es probable que las zonas escolares tengan señales de tránsito para que los

automovilistas sean conscientes de la presencia de usuarios vulnerables de la carretera, como peatones y ciclistas jóvenes. También se pueden aplicar restricciones de estacionamiento en las zonas escolares.

Un supervisor de cruce de zona escolar también puede estar presente para ayudar a los niños cuando cruzan carreteras en su camino hacia y desde la escuela. Los supervisores de cruces a menudo operan durante el período de máxima demanda de la comunidad escolar, tanto por la mañana como por la tarde, para detener temporalmente el tránsito vehicular en los puntos de cruce y dar prioridad a los peatones que cruzan la calle. Los tiempos de funcionamiento reales dependen de una serie de factores que incluyen la hora de inicio de las escuelas, el acceso de peatones y los volúmenes de tránsito. También se conoce como patrulla de cruce escolar. Si se dispone de un supervisor de cruces escolares, éste ayuda a controlar los movimientos de los cruces de peatones y brindar un lugar seguro para cruzar.

Este tratamiento tiene beneficios en términos de reducción del riesgo de los peatones. También, las mejoras en zonas escolares ayudan a moderar la velocidad del tránsito, lo que puede reducir la gravedad de las lesiones. Se ha demostrado que las mejoras en zonas escolares pueden reducir los choques que involucran a ciclistas.

Para esta medida se propone reducir la velocidad de 90 km a 60 km a través de rayas logarítmicas con botones, señales preventivas de cruce escolar SP-33 y señales restrictivas de velocidad, este tratamiento puede tener un costo entre bajo y medio, pero cuenta con una vida útil de 5 a 10 años y una eficacia del 10 al 25%.

Algunos problemas de implementación que se pueden presentar son que las señales de tránsito y las marcas viales deben dejar en claro a los automovilistas que han entrado en una zona escolar, los horarios de funcionamiento de los cruces y los cambios en los límites de velocidad deben estar claramente firmados y comprendidos. Los conductores deben poder ver los pasos de peatones a tiempo para detenerse, las señales de advertencia avanzada deben ubicarse en los accesos con suficiente visibilidad hacia adelante y se debe considerar cuidadosamente la provisión de estacionamiento dentro de las zonas escolares con distancias de visión adecuadas en los cruces de peatones.

### **3.3 Gestión de velocidad**

Las técnicas de gestión de la velocidad destinadas a persuadir a los conductores para que adopten velocidades seguras incluyen la vigilancia de la policía, la educación vial, los límites de velocidad y los tratamientos de ingeniería.

Para este punto negro se propuso la aplicación de límites de velocidad a través de señales restrictivas SR-9, que vayan alertando al conductor a qué velocidad deben conducir. Idealmente, las velocidades de los vehículos serán apropiadas para el tipo y la calidad de la carretera, la combinación de usuarios y el entorno circundante. Los límites de velocidad deben reflejar la función de la carretera y considerar a los

usuarios predominantes en un lugar determinado. El establecimiento de límites de velocidad apropiados, junto con una aplicación efectiva, además de adecuados elementos de diseño de la infraestructura vial para reflejar los límites de velocidad deseados, son elementos clave de una iniciativa exitosa de gestión de la velocidad. Algunos beneficios que tiene este tratamiento son:

- Las velocidades más bajas pueden reducir la gravedad de todos los tipos de choques.
- Las velocidades reducidas también reducirán la probabilidad de que ocurran muchos tipos de choques.
- Mejora la seguridad de los usuarios vulnerables de la carretera, como peatones y ciclistas.
- Los beneficios más amplios de reducir las velocidades incluyen un mejor consumo de combustible, menores emisiones de gases de efecto invernadero y menos ruido del tránsito.

Esta medida tiene una efectividad del 25 al 40% en términos de seguridad vial, con una vida útil de 5 a 10 años y costos relativamente medios. Algunos problemas de implementación para esta medida son:

- Los límites de velocidad deben ser consistentes y estar alineados con la función, el estándar y el uso de la carretera.
- Los reductores de velocidad y otros dispositivos deben estar bien diseñados para brindar los máximos beneficios de seguridad.
- Se recomienda el apoyo y la consulta de la comunidad antes de que se cambien los límites de velocidad o se instalen funciones de reducción de velocidad.
- Algunos tipos de tratamiento pueden actuar como peligros en la carretera.
- Los límites de velocidad deben parecer realistas y creíbles para que los conductores los respeten.

### **3.4 Realineación horizontal, vertical y rehabilitación de pavimento**

Para este punto de conflicto se realizó una rectificación en el alineamiento vertical entre las estaciones siguientes:

- A. 30+830 a 31+540
- B. 34+840 a 35+080

C. 35+500 a 35+860

También se realizó una rectificación en el alineamiento horizontal en la curva cuyo PI = 35+320 para un grado de curvatura de  $2^{\circ}45'$  y una velocidad de 110 kph. Por último, se colocó un pavimento con un espesor de 35 centímetros para la construcción de este camino. A continuación, se describen cada una de estas mejoras mencionadas.

**Realineación horizontal:** es de esperarse que en curvas horizontales inesperadamente cerradas puedan ocurrir choques cuando los conductores intentan circular a alta velocidad. En carreteras de carriles angostos y de un carril de circulación por sentido se pueden presentar invasión de carriles por maniobras de vueltas en U o caso contrario en carriles anchos pueden viajar sobre los acotamientos y áreas peatonales. Entonces, se necesitará una realineación horizontal.

Hay varias formas de modificar la alineación horizontal de una carretera para mejorar la seguridad. Estas incluyen aumentar el radio de curvatura, proporcionar curvas de transición (para facilitar la transición gradual de la dirección de las secciones rectas de la carretera a las curvas), eliminar las curvas compuestas o mejorar el peralte. Parte de los beneficios que tiene esta medida es reducir el riesgo de choques frontales y salidas del camino, así como mejorar el flujo del tránsito. Por otro lado, la realineación es costosa y requiere mucho tiempo porque implica reconstrucción de una sección de la carretera, también los realineamientos de curvas horizontales requieren un considerable esfuerzo de diseño y construcción y a menudo incluyen tratamientos de ensanchamiento de carril, mejora del hombro y delimitación. Sin embargo, la vida útil de este tratamiento es de más de 20 años con una eficacia del 25 al 40%.

**Realineación vertical:** esta medida se puede utilizar para reducir la pendiente. Transitar por pendientes descendentes empinadas puede causar fallas en los frenos, en particular para vehículos pesados, mientras que subir pendientes empinadas debe hacerse lentamente en algunos vehículos y puede resultar en choques por alcance y flujo de tránsito deficiente. También se puede aumentar el radio de una curva en cresta para ampliar la distancia de visibilidad y minimizar los cambios de aceleración vertical (por ejemplo, las curvas en valle pueden ser muy incómodas para los ocupantes del vehículo). Por otro lado, se pueden resolver los problemas de drenaje (el agua puede acumularse en curvas en valle, causando un problema de seguridad).

La realineación de la carretera es costosa y requiere mucho tiempo porque generalmente implica la reconstrucción de una sección de la misma. Los realineamientos de curvas verticales requieren mucho esfuerzo de diseño y construcción, y mucho tiempo y dinero. Es mucho mejor considerar estos problemas durante el diseño de la carretera, antes de que se construya, que reconstruirla. También, las alineaciones horizontales y verticales deben considerarse juntas. Las

malas combinaciones de alineación vertical y horizontal pueden confundir a los conductores y provocar situaciones peligrosas.

Sin embargo, existen beneficios como la reducción del riesgo de choques de frente, en intersecciones y de rebase; se reduce el riesgo de falla del vehículo (en pendientes pronunciadas) y se consigue un flujo de tránsito más uniforme. Se obtiene una vida útil de más de 20 años con una eficacia en seguridad vial del 10 al 25%.

**Rehabilitación de la carretera:** La superficie de una carretera pavimentada, comúnmente construida con material bituminoso, debe proporcionar una superficie duradera y uniforme con una resistencia al deslizamiento adecuada que pueda resistir los efectos del clima. Cuando la condición de la superficie de la carretera se vuelve mala o defectuosa, se necesitan trabajos de rehabilitación o repavimentación para restaurar la superficie del pavimento al nivel de servicio requerido.

La superficie de rodamiento se puede desgastar o dañar con el paso del tiempo debido al envejecimiento, la intemperie y la acción del tránsito rodado. Los baches, los surcos, las grietas, la deformación, el pulido y el desgaste son sólo algunas de las fallas comunes asociadas con las superficies bituminosas de las carreteras y cualquier defecto generalizado requerirá rehabilitación.

Existen varios tipos de materiales bituminosos adecuados para la rehabilitación de superficies de carreteras o trabajos de repavimentación. La elección del material y la técnica dependerá de varios factores, incluida la función/clasificación de la carretera; la ubicación geográfica; las condiciones ambientales y el clima; los requisitos de rendimiento, disponibilidad y costo de la planta de repavimentación y los materiales de la superficie de la carretera, como agregados, aglutinantes y masillas. Algunos beneficios de esta mejora se enlistan a continuación:

- Proporciona una superficie de rodadura uniforme libre de defectos y peligros importantes.
- Puede proporcionar una superficie de carretera con una alta resistencia al deslizamiento, lo que ayuda a reducir la pérdida de control y los choques por alcance.
- Puede aumentar la resistencia del pavimento, la impermeabilización y prolongar la vida útil de la estructura del pavimento.
- Brinda la oportunidad de solucionar otros problemas de la superficie de la carretera, como el desagüe.
- Brinda la oportunidad de agregar o reemplazar la delimitación de la superficie de la carretera, como marcas pintadas o postes reflectantes.

Algunos problemas de implementación para esta medida se enlistan a continuación, sin embargo, tiene una eficacia de 25 a 40% y una vida útil de 10 a 20 años.

- Pueden provocar un aumento en la velocidad de operación.
- La elección del diseño del pavimento de la carretera, los materiales de revestimiento, la mezcla de diseño y las propiedades de los agregados deben considerarse cuidadosamente.
- Asegurar la textura adecuada, las propiedades individuales de los agregados y que sean adecuados para la ubicación y el uso del tránsito esperado.
- Las condiciones climáticas durante la construcción pueden afectar la colocación y el desempeño posterior.
- La gestión temporal del tránsito en los sitios de obras viales debe diseñarse y gestionarse cuidadosamente para garantizar la seguridad de todos los que puedan verse afectados, incluidos los operarios del sitio (trabajadores de la carretera), usuarios de la carretera y residentes locales.

Por último, debemos tener en cuenta que es necesario aplicar solamente medidas de mejora con efectividad conocida y comprobada. También se tiene que monitorear el desempeño de las medidas elegidas, al menos de manera anual. El problema de la accidentalidad vial únicamente verá avances cuando los tomadores de decisiones realmente se comprometan en resolver el problema de los siniestros viales.

## 4. Impacto de las mejoras

Las medidas de mejora que buscan mitigar los hallazgos referentes al proyecto geométrico de la vía pueden ser las de mayor costo y poseer el mayor tiempo de ejecución, sin embargo, es importante implementar medidas que mejoren la seguridad vial de las zonas que presenten mayor riesgo debido al diseño geométrico. El objetivo es que la carretera cuente con un diseño que proporcione mayor claridad, fácil de comprender, perceptible y reconocible, pues un diseño vial de fácil entendimiento y auto explicativo debería de proporcionar una reducción de la frecuencia y gravedad de los accidentes.

Conforme se realizaron las mejoras en el subtramo de 12 kilómetros se obtuvieron soluciones factibles para la implementación y así obtener una vía más segura, explicativa y perdonadora; a continuación, se muestran las mejoras realizadas en el subtramo resumidas en realineamiento y ajustes del alineamiento horizontal y vertical en zonas donde se combinaban e implementación de señalamiento horizontal y vertical.

**Tabla 4.1 Medida de mejora**

<b>Zona escolar</b>	
Para una zona escolar se implementaron acciones de señalamiento tanto horizontal (rayas logarítmicas) para disminuir la velocidad en el tramo y vertical (señal SP-33) alertando que es zona escolar y cruce de peatones.	

**Tabla 4.2 Medida de mejora**

<p><b>Velocidad Límite</b></p>	
<p>Se implementó colocar la señal SR-9 para informar a los usuarios el límite de velocidad.</p>	

**Tabla 4.3 Medida de mejora**

<p><b>Distancia de visibilidad</b></p>	
<p>Trabajos de corte de talud para mejorar la visibilidad en la curva.</p>	

**Tabla 4.4 Medida de mejora**

<b>Control de accesos</b>	 <p>GARMIN 10/12/2021 11:39:21 AM 16.22891 -94.01140 72 KM/H</p>
Implementación de señalamiento horizontal y vertical para controlar la velocidad de circulación en zonas con acceso y salidas de vehículos.	 <p>GARMIN 10/12/2021 11:36:44 AM 16.23210 -94.01009 69 KM/H</p>

**Tabla 4.5 Medida de mejora**

<b>Señalamiento Horizontal</b>	 <p>GARMIN 10/12/2021 11:46:33 AM 16.22191 -93.93755 73 KM/H</p>
Trabajos de mantenimiento del señalamiento horizontal, marcas separadoras de sentido, carril y acotamiento.	

**Tabla 4.6 Medida de mejora**

<p><b>Intersecciones</b></p>	 <p>A dashcam view from a red car showing a two-lane road approaching an intersection. White channelizing markings are visible on the right side of the road. The sky is blue with light clouds. A white car is visible in the distance. The bottom of the image shows a red dashboard and a Garmin overlay with the text: "GARMIN 10/12/2021 11:47:32 AM 16.22444 -93.92672 71 KM/H".</p>
<p>Implementar señalamiento horizontal de rayas canalizadoras en intersecciones.</p>	

**Tabla 4.7 Medida de mejora**

<p><b>Realineación horizontal y vertical</b></p>	 <p>A dashcam view from a red car showing a road with a vertical curve. The road has a yellow center line and white edge lines. The road is flanked by green hills and trees. The sky is blue with light clouds. A white car is visible in the distance. The bottom of the image shows a red dashboard and a Garmin overlay with the text: "GARMIN 10/12/2021 11:42:30 AM 16.23175 -93.98250 76 KM/H".</p>
<p>Ajustes en el ancho de la corona y carriles en tangente prolongada con curva vertical y combinación con curva horizontal.</p>	

Tabla 4.8 Medida de mejora

Superficie de rodamiento		
Conservación y aplicación de carpeta asfáltica con implementación de señalamiento horizontal.		

Ante la situación presentada en este subtramo, la implementación de medidas de mejora en sí, ayuda a obtener una vía en la que se pretende tener menos colisiones y en su caso, si se presentaran, poder reducir la fatalidad del mismo; sin embargo, acciones como la conservación del señalamiento horizontal y vertical nunca deberían de dejarse de realizar ya que, presentar el alineamiento del camino al conductor puede llegar a prevenir muchos accidentes.

Dado que estas medidas de mejora se realizaron de acuerdo a los estudios correspondientes en donde se presentaban ciertos índices de accidentes, ciertos kilómetros del subtramo, pueden ser acertadas para la problemática encontrada; sin embargo, algunas pueden ser de muy bajo costo y otras de muy alto costo en su implementación, la diferencia es que si la medida es rentable da paso a poder reducir accidentes y así disminuir sus costos tanto en daños materiales y como pérdidas humanas o lesionados.

## 4.1 Reducción de accidentes

De acuerdo al historial de los accidentes reportados en el subtramo de los kilómetros 30+000 al 42+000 del tramo Tapanatepec-Talismán los cuales se encuentran resumidos en la tabla 4.9, se presentan en promedio 5.667 accidentes por año entre el 2007 al 2017, años antes de la implementación de las mejoras y para los años 2018 a 2020 se encontraron en promedio 2.333 accidentes por año. Los daños materiales (en pesos mexicanos) se presentaron en cada año de acuerdo al número de accidentes ocurridos.

El análisis del historial de accidentes da lugar a entender que después de la implementación de las mejoras se presentaron menos accidentes, reduciéndose también los costos en daños materiales y las víctimas. Se puede señalar que las medidas de mejoras implementadas ayudaron a reducir las colisiones y la fatalidad en cada accidente.

**Tabla 4.9 Relación de accidentes, muertos y lesionados en el subtramo, antes y después de las mejoras**

Período	Valores promedio de:				
	Accidentes	Muertos	Heridos	Daños Mat (MXN)	NAE
2007 - 2017	5.667	1.333	5.111	383,166.67	21.22
2018 - 2020	2.333	0.333	0	88,333.33	4.333

## 5. Evaluación económica de las mejoras

---

Para llevar a cabo el análisis costo-beneficio de las medidas de seguridad vial implementadas en este subtramo, se generó una base de datos a partir de los reportes de seguimiento al Programa Nacional de Atención a Puntos de Conflicto del periodo 2007-2020. Es decir, la cantidad de accidentes, muertos, heridos y pérdidas materiales generadas por accidentes, en años anteriores y un año después de la implementación de las medidas de seguridad vial.

Asimismo, utilizando el Valor Estadístico de la Vida y el valor de un lesionado, calculados anteriormente, se estima tanto el costo de efectividad como la Relación Beneficio Costo de medidas de seguridad vial implementadas.

Utilizando las estadísticas de accidentes, los costos de implementación de las medidas de seguridad, los valores estadísticos de la vida y del lesionado, se calculó la relación Beneficio-Costo del sitio.

El Análisis Costo-Beneficio tiene como objetivo determinar si un proyecto es económicamente eficiente y qué tan eficiente es (y si modificaciones en el objetivo pudieran incrementar su eficiencia). Entre las medidas de eficiencia más utilizadas se encuentran [ROSEBUD, 2005]

1. El Valor Presente Neto del Proyecto (VPN)
2. La Relación Beneficio-Costo (RBC)
3. La Tasa Interna de Retorno (TIR).

EL VPN de un proyecto se define como la diferencia entre el valor monetario de todos los beneficios de una posible medida de seguridad y el valor de todos los costos necesarios para su implementación, ambos descontados por una tasa de descuento.

La Relación Beneficio-Costo de una medida de seguridad vial se obtiene de la siguiente manera:

$$RBC = \text{VPN de todos los beneficios} / \text{VPN de los costos de implementación}$$

dónde:

RBC = Relación Beneficio-Costo

VPN = Valor Presente Neto

Un mayor valor de la RBC indicará mayores beneficios en relación con los costos de implementación de una determinada medida de seguridad.

Así, la evaluación económica de las medidas de seguridad en carreteras utilizando el análisis costo-beneficio se basa en la valuación de los costos incurridos como resultado de accidentes carreteros (muertes, lesionados y daños materiales). Evitar dichos costos representa beneficios económicos de las medidas de seguridad. Por tanto, la relación beneficio-costos, como se muestra en la siguiente ecuación, representa la ventaja económica de las medidas de seguridad.

$$\text{Relación Beneficio – Costo} = \frac{\text{Valor presente de los Beneficios}}{\text{Valor presente de los Costos}}$$

Esta técnica es particularmente útil cuando existen múltiples objetivos de política o cuando dichos objetivos de política están en conflicto. Entre los datos requeridos para estimar la RBC se encuentran: los costos de implementación de la medida de seguridad, así como los costos de los accidentes evitados (beneficios) en términos de muertes, lesionados y daños materiales y otros efectos cuantificables (medio ambiente, tiempo de viaje, operación de los vehículos, etc.). Es decir, tanto los costos como los beneficios expresados en valores monetarios.

## 5.1 Estimación de la relación Beneficio-Costo de las medidas.

Para el valor presente neto de los beneficios para todas las medidas implementadas se utiliza la reducción de accidentes entre los años anteriores a implementación de éstas, siendo así que de acuerdo a la tabla 4.9 se presentaron en promedio 5.667 accidentes por año en el período 2007 – 2017 y 2.333 accidentes en el período 2018 – 2020, lo cual muestra una reducción de 3.333 accidentes después de efectuar las medidas de mejoras. En cuanto a los muertos y lesionados se presentan un promedio de 1.333 muertes y 5.111 lesionados por año en el período 2007 – 2017 y 0.333 muertes y 0 lesionados en el período 2018 – 2020. Se obtuvo también un costo promedio por accidente, para los 58 accidentes registrados en el período 2007 – 2020, de 3.36 millones de pesos.

Con los valores anteriores se pueden calcular los valores monetarios de costos y beneficios anuales en la tabla 5.1. Las cifras monetarias en esta tabla son en millones de pesos de 2018. La tabla 5.1 considera un período de análisis de 10 años (2018 a 2028). El costo de las mejoras fue el reportado para la obra, igual a 17 millones de pesos (MXN). El beneficio anual es igual a la reducción anual promedio de accidentes por año resultante de las mejoras (3.333), multiplicada por el costo promedio por accidente de 3.36 millones de pesos (MXN). Los flujos anuales de costos y beneficios en las columnas 2 y 3 de la tabla, fueron descontados considerando una tasa de descuento (TD) del 12% obteniéndose los valores en las columnas 4 y 5.

**Tabla 5.1 Comparación de costos y beneficios**

<b>Año</b>	<b>Costo (millones MNX)</b>	<b>Beneficio (millones MNX)</b>	<b>Costo Descontado (millones MNX)</b>	<b>Beneficio Descontado (millones MNX)</b>
0	17.00		17.00	
1		11.20		10.00
2		11.20		8.93
3		11.20		7.97
4		11.20		7.12
5		11.20		6.35
6		11.20		5.67
7		11.20		5.07
8		11.20		4.52
9		11.20		4.04
10		11.20		3.61
SUMA			17.00	63.28

A partir de los valores en el último renglón (SUMA) de la tabla 5.1, se obtiene un valor presente neto (VPN) de 46.28 millones de pesos para el conjunto de mejoras realizadas en el subtramo. También se obtuvieron una relación beneficio/costo (RBC) igual a 3.72 y una tasa interna de retorno (TIR) de 65.45%. Todos estos valores son indicativos de una alta rentabilidad económica para las acciones de mejora emprendidas en el subtramo.





## Conclusiones

---

El Programa Nacional para la Atención de Puntos de Conflicto ha demostrado ser un buen instrumento para mejorar la seguridad vial en carreteras, esto es gracias a que las mejoras implementadas para cada caso son de gran beneficio en un tiempo determinado en comparación con su costo.

Los resultados obtenidos de la evaluación económica en cuanto al costo - beneficio mostraron que las medidas implementadas en el subtramo estudiado, resultaron ser eficientes, así como también las más rentables para el caso que se presentaba.

Dado que desde 1997 que la SICT implementó el Programa Nacional para la Atención de Puntos de Conflicto en la red carretera libre de peaje, la Dirección General de Servicios Técnicos (2021) cada año realiza el programa de trabajo para que se atiendan los puntos de conflicto y dentro de ello recomienda dar atención a todos los puntos y tramos de conflicto identificados actualmente; los puntos de conflicto que no hayan sido atendidos después de un periodo máximo 3 años deben ser analizados nuevamente en cuando a sus propuestas de solución, para que éstas atiendan la demanda del tránsito en el horizonte de planeación. Por otra parte, los proyectos ejecutivos deben apegarse estrictamente a las acciones de mejora para cada punto estudiado y el costo de las obras no debe ser un factor limitante para la implementación de las acciones de mejora.

En este estudio se evaluaron las medidas de seguridad implementadas en el subtramo de una carretera libre de peaje durante el periodo de 2007-2020. Para ellos se estimó el Valor Estadístico de la Vida, el valor del lesionado y el costo de accidente promedio y se comparó con el costo total de obra de las acciones realizadas como medidas de mejora del subtramo.

Con los resultados obtenidos, es posible señalar que las medidas resultaron ser exitosas para el mejoramiento de la seguridad vial en carreteras, dando como consecuencia que el Programa de Atención de Puntos de Conflicto se pueda utilizar en las carreteras federales restantes o tramos que concentren alta incidencia de accidentes o en su caso, como la DGST recomienda, implementarlas en Carreteras Federales con Peaje y así incentivar a las empresas concesionarias a realizar estudios o auditorías de seguridad vial para identificar los puntos o tramos de conflicto.

Con el fin de mejorar la evaluación de la efectividad y rentabilidad de las medidas de seguridad implementadas en las carreteras de México cuando los puntos de conflicto son atendidos, se recomienda ampliar el periodo de estudio después de implementación; es decir, monitorear 5 años después para ver si los resultados esperados se cumplen. En conclusión, se sugiere estudiar aquellas medidas que

resultan más eficientes y rentables en muchos casos donde en los puntos de conflictos presentan casos similares y así obtener resultados de éxito en el mejoramiento en pro de la seguridad vial en carreteras mexicanas.

Siendo un programa efectivo que implementa la SICT, éste puede seguir siendo uno de los esquemas más usados para reducir los costos de muertos y lesionados ocasionados por accidentes en carreteras mexicanas.

## Bibliografía

---

Asociación Española de carreteras. (2012). *Guía para la identificación de problemas de seguridad vial en travesías y propuestas de catálogo de soluciones*. Convenio de colaboración en el ámbito de la seguridad vial entre el instituto Mapfre de Seguridad vial y la Asociación Española de la Carretera. España.

Cuevas, A.C., Cadengo, M. and Mendoza, A., (2021). Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales 2020. Documento Técnico No. 83. Instituto Mexicano del Transporte. México.

Cuevas, A.C., Cadengo, M. and Mendoza, A., (2020). Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales 2019. Documento Técnico No. 80. Instituto Mexicano del Transporte. México.

Dirección General de Servicios Técnicos. (2021). Datos viales 2021. Obtenido de <https://www.sct.gob.mx/carreteras/direccion-general-de-servicios-tecnicos/datosviales/2021/>.

Dirección General de Servicios técnicos. (2020). Sitios con alta incidencia de accidentes de tránsito en la Red Carretera Federal Libre de Peaje. Boletín Técnico No.5/2020. México.

Dorado M. L., Cadengo, M, Casanova, W. A., Mendoza, A. (2019). Medidas de mejora para problemas de seguridad vial en la infraestructura. Publicación Técnica No. 563. Instituto Mexicano del Transporte. México.

Rivera C., Mendoza A. (2009). Análisis costo-beneficio y costo-efectividad de las medidas de seguridad implementadas en carreteras mexicanas. Publicación Técnica No 319, Instituto Mexicano del Transporte. México.

Rivera F., Mendoza A. (2002). Una metodología para el tratamiento de sitios de alta incidencia de accidentes en carreteras: un ejemplo de aplicación, Publicación Técnica No 209, Instituto Mexicano del Transporte. México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2010). *Manual de procedimiento para el programa nacional de atención a puntos de conflicto*. Subsecretaria de Infraestructura. Dirección General de Servicios Técnicos. Secretaría de Comunicaciones y Transporte. México.

McMahon, K., & Dahdah, S. (2008). *International Road Assessment Programme. The True Cost of Road Crashes, Valuing Life and the Cost of Serious Injury*. Hampshire, Reino Unido. Obtenido de [www.irap.net](http://www.irap.net).





# COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



**Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado Galindo"**  
Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. Pedro Escobedo,  
Querétaro, México. C.P. 76703  
Tel: +52 (442) 216 97 77 ext. 2610  
Fax: +52 (442) 216 9671

[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)

<http://www.imt.mx/>