



---

---

# Medidas de mejora para problemas de seguridad vial en la infraestructura

Marco Luis Dorado Pineda  
María Cadengo Ramírez  
Wendy Alejandra Casanova Zavala  
Alberto Mendoza Díaz

**Publicación Técnica No. 563**  
**Sanfandila, Qro, 2019**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES**  
**INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Medidas de mejora para problemas de seguridad  
vial en la infraestructura**

**Publicación Técnica No. 563**  
**Sanfandila, Qro, 2019**

---



Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Seguridad y Operación del Instituto Mexicano del Transporte, por el M. en I. Marco Luis Dorado Pineda, la M. en I. María Cadengo Ramírez, la M. en I. Wendy Alejandra Casanova Zavala y el Dr. Alberto Mendoza Díaz.

Esta investigación, es el producto final del proyecto de investigación interna SI 01/18 “Medidas de mejora para problemas de seguridad vial en la infraestructura”. Se agradece la colaboración del M. en I. Emilio Abarca Pérez en el desarrollo de esta publicación.



# Contenido

---

Índice de figuras	v
Índice de tablas	vii
Sinopsis	ix
Abstract	xi
Resumen Ejecutivo	xiii
Introducción y Antecedentes	1
1 El problema de la seguridad vial .....	3
2 Problemática de seguridad vial en México .....	6
2.1 Generalidades .....	6
2.1.1 Carreteras Federales .....	7
2.1.2 Zonas Urbanas y Suburbanas .....	9
2.1.3 Otras fuentes de información .....	12
3 Medidas y estrategias para atacar el problema de la siniestralidad .....	22
3.1 Definir la naturaleza y costo de las muertes en carreteras .....	28
3.2 Adquirir el compromiso y soporte de los encargados de tomar las decisiones .....	30
3.3 Establecer políticas de seguridad vial .....	30
3.4 Definir roles institucionales y responsabilidades .....	31
3.5 Identificar los problemas de seguridad vial .....	31
3.5.1 Análisis tridimensionales de problemas de seguridad vial .....	31
3.5.2 Análisis sustitutos de la accidentalidad .....	34
3.6 Establecer objetivos de seguridad vial .....	36
3.7 Formular una estrategia o un plan de acción .....	36
3.8 Asignar responsabilidades de las medidas a implantar .....	37
3.9 Asegurar la financiación de las medidas .....	37
3.10 Aplicar medidas de efectividad conocida y documentada .....	38
3.10.1 Medidas de mejora de la seguridad vial en la etapa de planeación	38
3.10.2 Medidas de seguridad vial en la etapa de diseño .....	53
3.10.3 Medidas de seguridad vial en la etapa de operación del tránsito ...	66
3.10.4 Medidas de seguridad vial en la etapa de mantenimiento y zonas de obra	86
3.11 Monitorear el desempeño de las medidas .....	109
3.12 Estimular la investigación y el desarrollo de capacidades .....	109
4 Conclusiones .....	110
5 Recomendaciones .....	113



# Índice de figuras

---

Figura 1.1 Causas de muerte más comunes en el mundo, 2016. ....	3
Figura 1.2 Muertes por siniestros viales por cada 100,000 habitantes (2015). ....	5
Figura 2.1 Muertos y heridos registrados en carreteras bajo la jurisdicción de la policía federal. ....	8
Figura 2.2 Siniestros viales y muertos registrados en carreteras bajo la jurisdicción de la policía federal. ....	8
Figura 2.3 Muertos y heridos registrados en zonas urbanas y suburbanas. ....	9
Figura 2.4 Siniestros viales y muertos registrados en zonas urbanas y suburbanas. ....	10
Figura 2.5 Muertos (ATUS) vs vehículos registrados en el Estado de México. ....	11
Figura 2.6 Defunciones por siniestros viales. ....	14
Figura 2.7 Defunciones en siniestros viales por rangos de edad. ....	15
Figura 2.8 Defunciones por tipo de usuario. ....	15
Figura 2.9 Defunciones de acuerdo con la participación de vehículos de motor. ....	16
Figura 2.10 Defunciones por siniestros viales, 2016. ....	17
Figura 2.11 Índice de mortalidad e índice de motorización por entidad. ....	18
Figura 2.12 Muertos por cada 100 mil vehículos registrados en circulación. ....	18
Figura 2.13 Defunciones y egresos hospitalarios por siniestros viales. ....	19
Figura 2.14 Defunciones por siniestros viales y vehículos registrados. ....	19
Figura 2.15 Muertes en siniestros viales por fuentes. ....	20
Figura 2.16 Muertes en siniestros viales por fuentes en cada entidad. ....	21
Figura 3.1 Valor monetario por la prevención de un siniestro fatal (Miles de euros). ....	29
Figura 3.2 Diferencia de las relaciones de tipos de mediciones a la exposición (valores arbitrarios). ....	32
Figura 3.3 Análisis tridimensional de los problemas de la seguridad vial. ....	33
Figura 3.4 Pirámide de conflictos de Hydén. ....	35
Figura 3.5 Variación sobre el número de siniestros viales de acuerdo a las medidas que se implementen sobre el volumen de tránsito. ....	44
Figura 3.6 Costos marginales por kilómetro recorrido para las diferentes formas de transporte en Noruega (coronas Noruegas 1995). ....	48
Figura 3.7 Personas lesionadas por millón de persona-kilómetros recorridos. ....	50
Figura 3.8 Cambios en el porcentaje de fallecidos por siniestros viales en diferentes países (1970 – 2000). ....	52
Figura 3.9 Carril Bici en la Calle Miguel Servet de Zaragoza. ....	56
Figura 3.10 Autopista en Alemania. ....	57
Figura 3.11 Libramiento de Tlaxcala. ....	58
Figura 3.12 Giro a la izquierda. ....	59
Figura 3.13 Como circular correctamente en las glorietas. ....	60
Figura 3.14 Elementos en la sección transversal (carriles en una sola dirección). ....	61
Figura 3.15 Estrechamiento de las vialidades residenciales por medio de “chicanes”. ....	69

Figura 3.16 Señalización de cruce de ferrocarril en paso a nivel. ....	86
Figura 3.17 Relación entre la velocidad y la adherencia. ....	89
Figura 3.18 Instrumentos robotizados para colocación de conos.....	96
Figura 3.19 Grúa auxiliar para despliegue de señalización de obra.....	96
Figura 3.20 Camión auxiliar para despliegue de señalización de obra. ....	96
Figura 3.21 Señalamiento temporal fácil de transportar. ....	97
Figura 3.22 Señal de mensaje variable “no sigas las instrucciones del navegador” y señal para aviso de información por radio. ....	98
Figura 3.23 Señal de aviso de desvío por congestionamiento. ....	98
Figura 3.24 Señal de aviso de congestionamiento.....	99
Figura 3.25 Dispositivos para separación de sentidos de circulación. ....	100
Figura 3.26 Sistema de luces sincronizadas para cambio de carril.....	100
Figura 3.27 Señal de sistema de dinámico de desvío de carril. ....	101
Figura 3.28 Señales de aviso y límite de velocidad variable. ....	102
Figura 3.29 Señales de límite de velocidad variable. ....	103
Figura 3.30 Señal de información de velocidad.....	103
Figura 3.31 Marcas provisionales en el pavimento. ....	104
Figura 3.32 Vibradores portátiles. ....	104
Figura 3.33 Chicanas en zona de obra. ....	105
Figura 3.34 Barreras de concreto móviles.....	106
Figura 3.35 Barreras plásticas longitudinales.....	106
Figura 3.36 Barrera semi-tráiler.....	107
Figura 3.37 Amortiguador de impacto. ....	107
Figura 3.38 Amortiguador de impacto. ....	108
Figura 3.39 Sistema Airlock.....	108

## Índice de tablas

---

Tabla 2.1 Distribución de la siniestralidad vial (ATUS, 2010-2016).....	11
Tabla 2.2 Muertos por tipo de usuario y zona (ATUS, 2010-2016). ....	12
Tabla 2.3 Heridos por tipo de usuario y zona (ATUS, 2010-2016).....	12
Tabla 2.4 Variables captadas en la estadística de defunciones. ....	13
Tabla 3.1 Estrategias y objetivos internacionales de seguridad vial.....	22
Tabla 3.2 Ejemplos de medidas utilizando el análisis tridimensional de la seguridad vial. ....	34
Tabla 3.3 Reducción de muertes en países con programas de seguridad vial. ....	41
Tabla 3.4 Relación entre la tasa de siniestralidad vial y el número de vías privadas de acceso por kilómetro de carretera en Noruega. ....	71



# Sinopsis

---

Para poder alcanzar los resultados esperados en materia de seguridad vial a nivel nacional, es necesario establecer un enfoque sistémico para la gestión de la seguridad vial, que considere responsabilidades claras e instituciones dedicadas a dicha gestión. En este estudio se presentan medidas de mejoramiento a la infraestructura vial, que cuentan con una eficacia comprobada con base en estudios realizados internacionalmente. Las medidas de mejoramiento que se presentan pueden incluirse desde las primeras etapas del desarrollo de un proyecto como son: la planeación y el diseño, sin embargo, se hace énfasis que deben considerarse aspectos que tienen que ver con el modo en el que se planifican las vialidades a nivel regional e incluso a nivel país. En etapas posteriores como la operación, el mantenimiento y las zonas de obra, se presentan medidas de solución a problemas comunes, así como mejores prácticas realizadas internacionalmente. Cabe destacar que para poder realizar un plan integral de mejoramiento de las vialidades es importante realizar un análisis que ayude a detectar los lugares que son susceptibles a mejorías y los puntos en donde se deben implementar medidas para reducir el índice de mortalidad y morbilidad.



# Abstract

---

In order to achieve the expected results in terms of road safety at the national level, it is necessary to establish a systemic approach for the road safety management, which considers clear responsibilities and institutions dedicated to such management. This study presents measures to improve the road infrastructure, which have proven effectiveness through studies carried out internationally. The improvement measures presented can be included from the early stages of a project such as planning and design, however, it has been highlighted that must be considered the way that the roads are planned at the regional level and even at the country level. In later stages such as operation, maintenance and construction, it is described solutions to common problems, as well as the best practices carried out internationally. It should be noted that in order to carry out a comprehensive road improvement plan, it is important to perform an analysis that helps detect the places that are susceptible to improvements and the points where measures must be implemented to reduce the mortality and morbidity rate.



## Resumen ejecutivo

---

En esta publicación se presenta la situación actual en materia de seguridad vial de varios países y se hace énfasis en la problemática que implican los siniestros viales, como se muestra en la Figura 1.



Fuente: OMS (2016)

**Figura 1. Causas más comunes de muerte en el mundo, 2016.**

Como se puede apreciar, de acuerdo con la OMS (2016), los accidentes de tránsito son la octava causa de muerte en el mundo, y lo que es más alarmante es la tendencia que presenta el incremento de muertes por esta causa.

Es por esta preocupación a nivel mundial que la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011 – 2020 como el “Decenio de Acción para la Seguridad Vial”, con lo cual varios países adoptaron medidas para reducir el número de muertes que ocurren por siniestros viales.

Muchos países entonces empezaron a realizar programas y medidas que pudieran atacar el problema, sin embargo, muchos de estos países han tenido un resultado muy alejado del esperado. Esto es debido a que hay voluntad y disposición dentro de los países para tratar de arreglar el problema, sin embargo, el no disponer de un plan sistémico para atacar el problema, basado en investigación y en medidas que hayan demostrado ser efectivas, hace que todas las acciones que se puedan llevar a cabo resulten ineficaces y sin impacto (Varhelyi, 2016).

Derivado de los esfuerzos que se hacen internacionalmente, Varhelyi (2016) estableció 12 medidas que tratan de atacar el problema de la siniestralidad vial de manera sistémica, a través de un Sistema de Gestión de la Seguridad Vial (SGSV). Estas medidas son las siguientes:

1. Definir la naturaleza y costo de las muertes en carreteras.
2. Adquirir el compromiso y soporte de los encargados de tomar las decisiones.
3. Establecer una política de seguridad vial a nivel nacional.
4. Definir roles institucionales y responsabilidades.
5. Identificar los problemas de seguridad vial.
6. Establecer objetivos de seguridad vial.
7. Formular una estrategia o un plan de acción.
8. Asignar responsabilidades de las medidas a implantar.
9. Asegurar la financiación de las medidas.
10. Aplicar medidas de efectividad conocida y documentada.
11. Monitorear el desempeño de las medidas.
12. Estimular la investigación y el desarrollo de capacidades.

Si se escogiera sólo alguno o un par de estos elementos para poder empezar a trabajar y querer solventar el problema de los siniestros viales, seguramente muchos encargados de tomar las decisiones saltarían a los objetivos de identificar los problemas de seguridad vial y aplicar medidas de efectividad conocida y documentada, ya que esto podría sonar como la medida más relevante a implementar. Sin embargo, ese es justamente el problema de los enfoques que se efectúan hoy en día, pues existe una falta de análisis de los problemas para poder forjar una base bien definida sobre la cual se elegirán las medidas con los mejores costos – beneficios.

Es por esto que los 12 puntos antes mencionados son desarrollados en esta publicación. Asimismo, en el Capítulo 3.10 se incluye una serie de medidas que han demostrado ser efectivas. Las medidas se dividen de acuerdo a la etapa de un proyecto de infraestructura vial: planeación, diseño, operación, mantenimiento y zonas de obra.

# Introducción y Antecedentes

---

A nivel mundial, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó el periodo 2011 – 2020 como el “Decenio de Acción para la Seguridad Vial”. En México se puso en marcha la Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011 – 2020 (SCT, 2011) desarrollada por las Secretarías de Comunicaciones y Transportes (SCT) y de Salud (SS). Ante este contexto, el Gobierno de la República Mexicana busca aplicar medidas de seguridad vial, en los 3 niveles de gobiernos, en ejes como la gestión de la seguridad vial, el desarrollo de la infraestructura, la concientización de los usuarios y la mejora en la atención médica, entre otros. Cabe mencionar que el 95% de los siniestros viales (SV) son prevenibles.

Si bien las buenas intenciones de las autoridades dedicadas al mantenimiento de la infraestructura carretera se enfocan en resolver de la mejor manera el problema de la accidentalidad vial al proveer de elementos o modificaciones que puedan mejorar la seguridad de la vía, estos esfuerzos pueden no tener ningún efecto contundente en la operación de la vía si no se cuentan con los conocimientos necesarios o no se emplean las metodologías pertinentes que permitan abordar el problema de una manera sistémica. Es por esto que muchas de las soluciones que se implementan en las vías para poder mejorar la seguridad vial son basadas en suposiciones de los profesionales encargados de proveer dichas mejoras.

Diversas publicaciones y autores han estudiado el problema de la accidentalidad vial como parte de una serie de acciones sistémicas que han de llevarse a cabo para poder dotar a las carreteras con soluciones que sean duraderas y con impacto positivo para minimizar el riesgo de muertes y heridos graves. Es por esto por lo que los investigadores se han concentrado en parámetros esenciales que deben cubrirse para poder atacar el problema de manera sistémica, empleando el enfoque de Gestión de la Seguridad Vial (GSV).

Por otro lado, existen cuatro etapas cruciales dentro del desarrollo de los proyectos de infraestructura carretera:

- Etapa de planificación.
- Etapa de diseño.
- Etapa de operación.
- Etapa de mantenimiento y zonas de obra.

Los tipos de problemas presentados en cada etapa son distintos y las soluciones suelen aumentar en costos y tiempos de realización conforme se avanza a etapas posteriores. Debido a esto es importante contar con una estructura sólida desde la concepción del proyecto, para evitar que su costo se eleve, y aún más importante, que se cuente con los elementos de seguridad requeridos.

En este estudio se muestran los tipos de mejoras que se pueden implementar en las diversas etapas de las vialidades con base en las mejores prácticas internacionales, de acuerdo con los problemas más comunes encontrados en la infraestructura carretera. Asimismo, se detalla la situación de seguridad en la que se encuentra actualmente la infraestructura de nuestro país.

# 1 El problema de la seguridad vial

---

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018), alrededor de 1.4 millones de personas murieron en el año 2016 en siniestros viales, y se estima que los heridos graves por estos siniestros rondan cifras millonarias. La misma Organización (OMS, 2015), estima que diariamente más de 3,400 personas pierden la vida por causa de los siniestros viales; asimismo, establece que más del 90% de dichas muertes ocurren en países de medios y bajos ingresos (Toroyan, 2009). Dentro de las cifras proporcionadas por la OMS, los hombres muestran una mayor tendencia que las mujeres a estar envueltos en siniestros viales; en ese mismo sentido, los siniestros viales son la principal causa de muerte en personas de 15 a 29 años de edad. Alrededor del 50% de las muertes pertenecen al grupo de los denominados “usuarios vulnerables” (ciclistas, motociclistas y peatones).

Por si el panorama no fuera lo suficientemente desalentador, a nivel mundial las muertes por siniestros viales ocupan el octavo lugar entre las causas de muerte más comunes, como se muestra en la Figura 1.1 (OMS, 2016), y se espera que para el año 2030 sea la séptima causa más común de muertes en el mundo (OMS, 2018).



Fuente: OMS (2016)

**Figura 1.1 Causas de muerte más comunes en el mundo, 2016.**

De acuerdo con OCDE (2002), dentro de los países afiliados a dicha organización, aproximadamente 125,000 personas pierden la vida cada año víctimas de los siniestros viales, es decir, una persona pierde la vida cada cuatro minutos. La gran tragedia es que en un gran porcentaje dichas muertes y lesionados graves a consecuencia de estos siniestros son prevenibles.

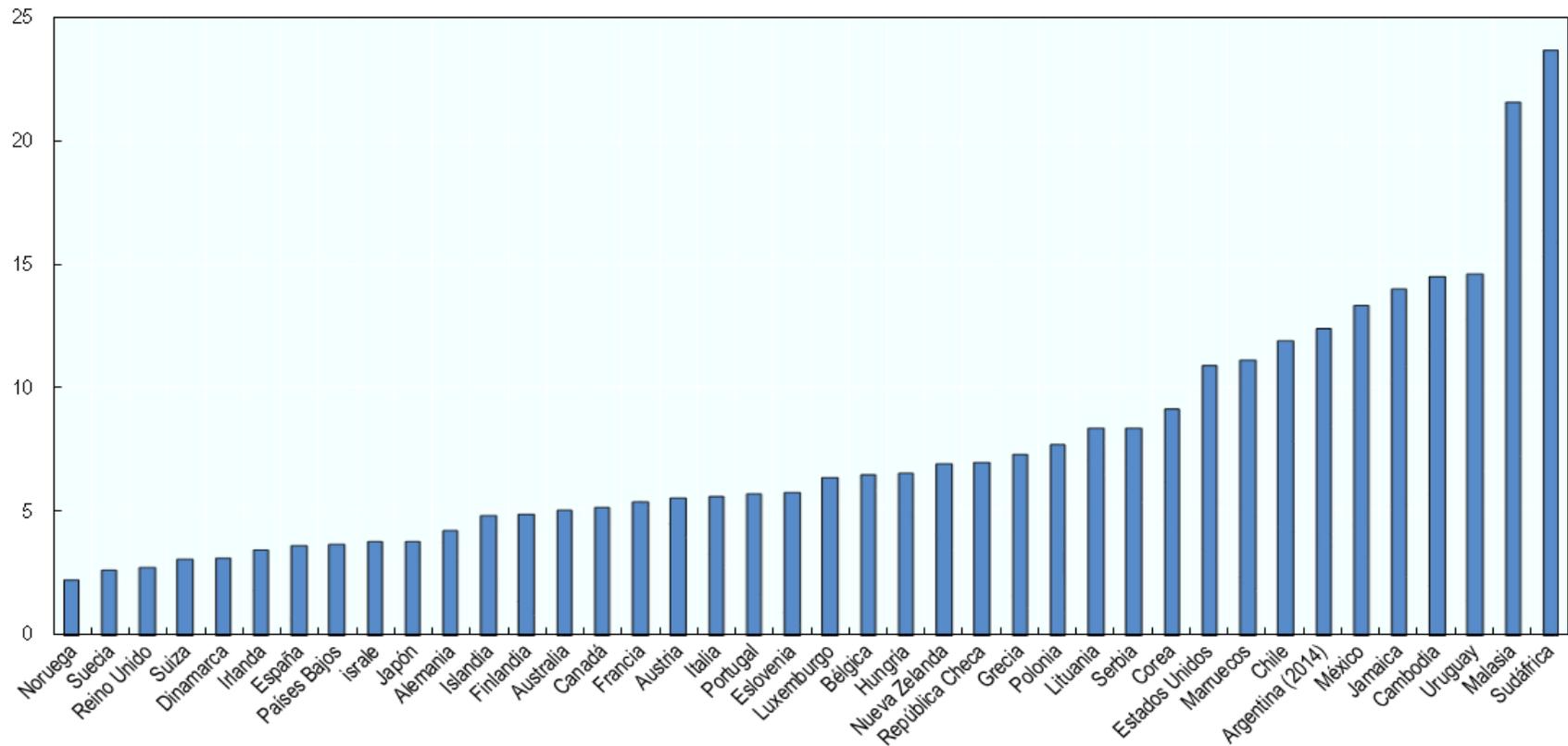
Las investigaciones nos muestran que cuando consideramos los principales factores de los siniestros viales (el usuario, el vehículo y la infraestructura vial), estos se pueden atribuir a uno o a la combinación de varios de estos factores. Por esto, un adecuado programa de inversión cuyos objetivos sean: educar a los usuarios para que existan mejores conductores; elaborar estándares para una producción de vehículos que cumpla con los patrones de calidad necesarios, así como programas de mantenimiento rutinario de dichos vehículos; y mejores diseños y mantenimiento de la infraestructura vial, es una manera certera de disminuir la gravedad de los siniestros viales.

Por su parte, el Grupo de Análisis de Datos de Seguridad de Tráfico Internacional (IRTAD por sus siglas en inglés, 2018), expone que es necesario contar con datos exactos sobre la situación de la seguridad vial a nivel internacional, con el afán de entender el alcance del problema y poder verificar que las medidas adoptadas están siendo eficaces. Dicho grupo (IRTAD, 2018), posee información de alrededor de 70 países del mundo en cuanto a la situación de muertes por siniestros viales. Esta fuente nos indica que de los 31 países miembros de entre los cuales se cuentan con datos fiables, se registró un incremento del 3.3% en 2015, comparado con 2014. Asimismo, en 2016 el número de muertes se incrementó en 14 países.

El número de muertes por cada 100,000 habitantes es el indicador de siniestralidad vial más utilizado a nivel mundial, de acuerdo con el Foro Internacional de Transporte (ITF, por sus siglas en inglés). Este indicador expresa la tasa de mortalidad y el riesgo de muerte para el ciudadano común de algún país. Asimismo, es comparable con otras causas de muerte, como enfermedades cardíacas, suicidios, algunos tipos de cáncer, entre otras. Este indicador es adecuado para comparar países con niveles de motorización similares, sin embargo, cuando los niveles de motorización tienen notables diferencias no es muy representativo.

Para el caso de 40 países pertenecientes al grupo IRTAD (2017), se tiene la gráfica mostrada en la Figura 1.2, con base en la información de dicha institución. Como se puede apreciar en la gráfica, dentro de los países con un menor número de muertos por cada 100,000 habitantes se encuentran en gran proporción países europeos, considerados como países de altos ingresos per cápita, mientras que dentro de los países con mayor número de muertos por cada 100,000 habitantes se encuentran varios países del continente americano y asiático. Para el caso de México, de acuerdo con dicha gráfica se muestra que la tasa de mortalidad por cada 100,000 habitantes es de alrededor de 13.3 muertes.

En el siguiente apartado se detalla la situación de accidentalidad en México, así como las fuentes de información que existen en el país encargadas de recopilar los datos de accidentalidad, mortalidad y morbilidad.



Fuente: IRTAD (2017)

**Figura 1.2 Muertes por siniestros viales por cada 100,000 habitantes (2015).**

## **2 Problemática de seguridad vial en México**

---

En este capítulo se aborda la problemática de seguridad vial existente en México, presentando inicialmente las cifras disponibles respecto a la siniestralidad vial, con el fin de dimensionar su estado actual. Posteriormente se señalan los factores que integran dicha problemática, describiendo cómo se encuentra México respecto a cada uno de dichos factores e identificando las áreas de oportunidad para mejorar la seguridad vial. Asimismo, se describirán algunos de los problemas más comunes de seguridad en la infraestructura vial mexicana en entornos urbanos, suburbanos e interurbanos, con el fin de analizar sus particularidades e identificar los retos que en la materia se tienen para mejorar su calidad.

### **2.1 Generalidades**

Desafortunadamente, la gran mayoría de los mexicanos conocemos alguna historia o hemos vivido de cerca el dolor que un siniestro vial provoca. Esta problemática ha aumentado de manera exponencial en los últimos años, agravándose el problema proporcionalmente al incremento de vehículos de motor en México. Sin embargo, de acuerdo al capítulo anterior, este fenómeno no es particular de nuestro país, sino que se presenta a nivel mundial. La problemática en cada país o región tiene distintas magnitudes y matices, es por eso que en el presente capítulo el análisis se enfoca en la realidad mexicana. El contar con la mayor información sobre una determinada problemática nos permite identificar patrones y causas que motivan el problema con el fin de establecer acciones para su mitigación.

En México, la información respecto a los siniestros viales es registrada por diversas autoridades de acuerdo con la ubicación del hecho de tránsito. En este sentido, la policía federal es la encargada de levantar el reporte de los siniestros viales ocurridos en carreteras bajo su jurisdicción, es decir, aquellas que están bajo su vigilancia, las cuales corresponden a la Red de Carreteras Federales. Por otra parte, la información respecto al resto de siniestros viales ocurridos tanto en áreas urbanas como suburbanas es recopilada por la administración de cada Estado, para su envío al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), quien es el ente oficial responsable de concentrar toda esta información.

Cabe mencionar que cada uno de los 32 estados de la República cuenta con un gobierno independiente, el cual establece la manera en que levanta y registra los siniestros viales dentro de su jurisdicción. Razón por la cual en algunos estados la policía es la encargada tanto de cuidar el orden público como el respeto a las normas de tránsito y registro de siniestros viales, mientras que en otros estados los agentes de tránsito son los únicos responsables de cuidar la obediencia al reglamento de tránsito y levantar los reportes de siniestros viales.

Así pues, a manera de resumen, se tienen dos grandes fuentes de información oficial:

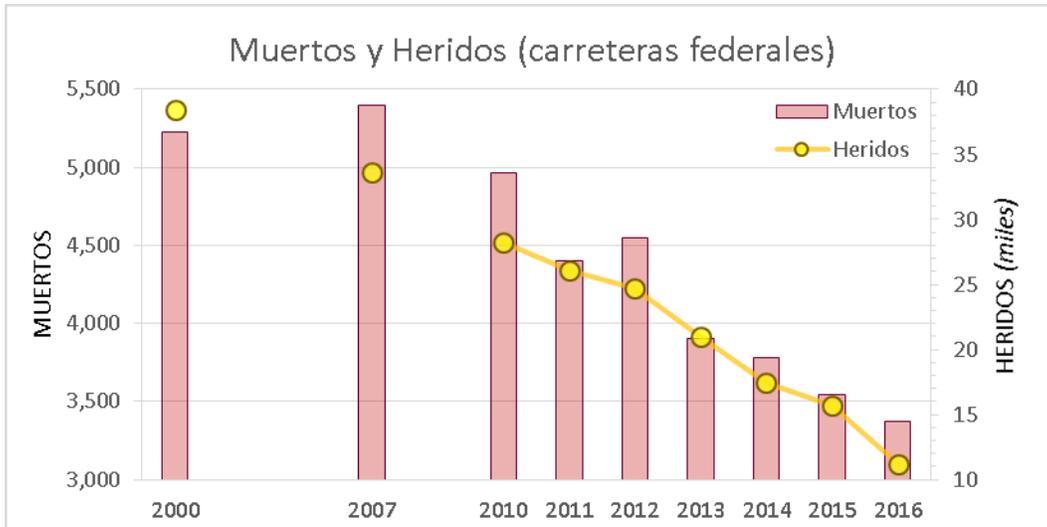
- Policía Federal: encargada de recopilar y concentrar la información respecto a los siniestros viales ocurridos en la Red de Carreteras Federales bajo su jurisdicción.
- INEGI: encargada de concentrar la información respecto a los siniestros viales en zonas urbanas y suburbanas a nivel nacional.

### **2.1.1 Carreteras Federales**

La policía federal es la principal encargada de levantar y recopilar la información respecto a los siniestros viales suscitados en la Red de Carreteras Federales. Esta información es enviada a dependencias de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), como la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST) y el Instituto Mexicano del Transporte (IMT), para su análisis y elaboración de estadísticas.

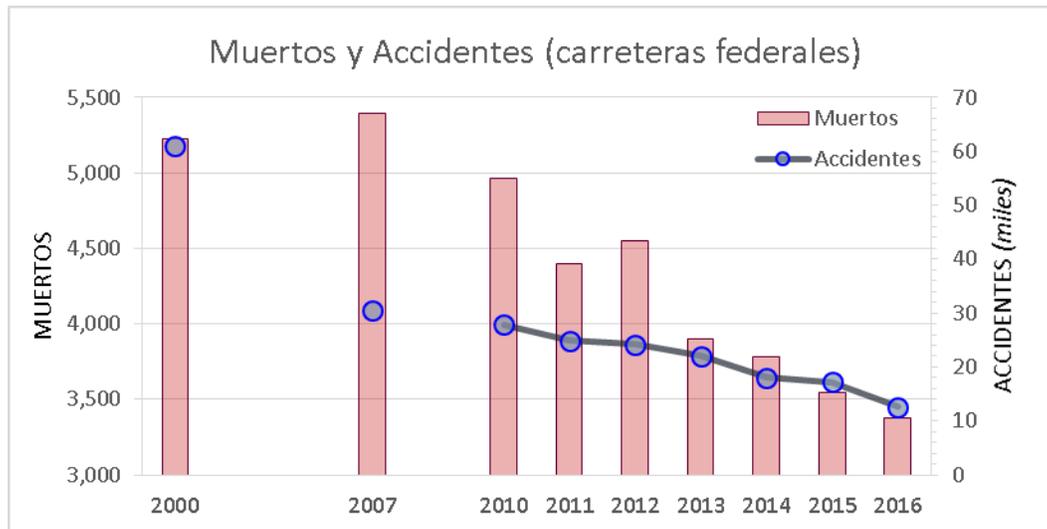
El IMT divulga cada año la publicación técnica *Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales*, con base en la información recopilada y enviada por la policía federal. Para dimensionar y analizar la siniestralidad vial en las carreteras patrulladas por esta autoridad, se consultaron los anuarios disponibles de los últimos años. Se comenzó recopilando la información desde el inicio del *Decenio de acciones por la seguridad vial* hasta el último año publicado (2010 a 2016), agregando un par de datos correspondientes a los años 2000 y 2007, para observar su tendencia en años anteriores. Con el fin de visualizar la información respecto a la cantidad de muertos y heridos de una manera sencilla, en la Figura 2.1 se muestra un gráfico donde se puede ver la tendencia de ambas variables en los años mencionados.

Analizando la información contenida en la Figura 2.1, en general se observa una drástica disminución del número de víctimas. Comparando los saldos correspondientes al 2010 (año de referencia para los compromisos del *Decenio de acciones por la seguridad vial*), con el último año disponible (2016), se tiene una disminución de 4,966 a 3,376 víctimas fatales, lo que representa un descenso del 32%. En cuanto al número de heridos registrados, comparando estos mismos años (2010 y 2016), se tiene una disminución del 60%, pasando de 28,275 a 11,175.



**Figura 2.1 Muertos y heridos registrados en carreteras bajo la jurisdicción de la policía federal.**

Sin embargo, a pesar de lo alentadoras que parecen las cifras presentadas en la Figura 2.1, el incremento de la tasa de motorización en estos mismos años nos hace buscar otras variables para comprobar que esta disminución en los registros de víctimas refleja realmente un decremento de la siniestralidad vial en las carreteras federales mexicanas. De esta manera, se realizó una comparación entre la cantidad de muertos y el número de siniestros viales registrados, la cual se presenta en la Figura 2.2.



**Figura 2.2 Siniestros viales y muertos registrados en carreteras bajo la jurisdicción de la policía federal.**

Examinando los datos presentados en la Figura 2.2, salta a la vista el dramático decremento de la cantidad de siniestros viales registrados del año 2000 al 2007, pasando de 61,115 a 30,551 (una reducción del 50%); sin embargo, la cantidad de muertos para estos mismos años aumentó un 3%, lo cual no parece muy

coherente. De manera similar, realizando una comparativa entre los años 2010 y 2016, se observa una disminución del 55% en el número de siniestros viales registrados, pasando de 27,847 a 12,567.

Obteniendo el número de muertos por cada 100 siniestros viales de acuerdo con la información mostrada en la Figura 2.2, se tiene que en el año 2000 se presentaban 8.55 muertes por cada 100 siniestros viales, aumentando significativamente a 17.67 en el año 2007. En los siguientes años se sigue esta tendencia, presentando un índice de 17.83 para el 2010 y 26.86 para el 2016. Estos datos son realmente preocupantes, pues analizando el año más reciente (2016), por cada 4 siniestros viales registrados en carreteras bajo la vigilancia de la policía federal, murió al menos una persona, es decir, la probabilidad de que se presente una víctima fatal en un siniestro vial fue ligeramente mayor al 25%.

Para poder tener conclusiones veraces al respecto se analizaron otras fuentes de información, mismas que se presentan en los siguientes incisos.

## 2.1.2 Zonas Urbanas y Suburbanas

La información respecto a los Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas (ATUS) registrados en todo el país es concentrada y publicada por el INEGI con una periodicidad anual, a partir de los datos transferidos por la Dirección General Adjunta de Encuestas Económicas y Registros Administrativos. En la Figura 2.3 se muestran los saldos en cuanto a los muertos y heridos registrados en los años 2000, 2007 y de 2010 a 2016. De manera similar, en la Figura 2.4 se presenta la información correspondiente a la cantidad de siniestros viales y muertos para estos mismos años.

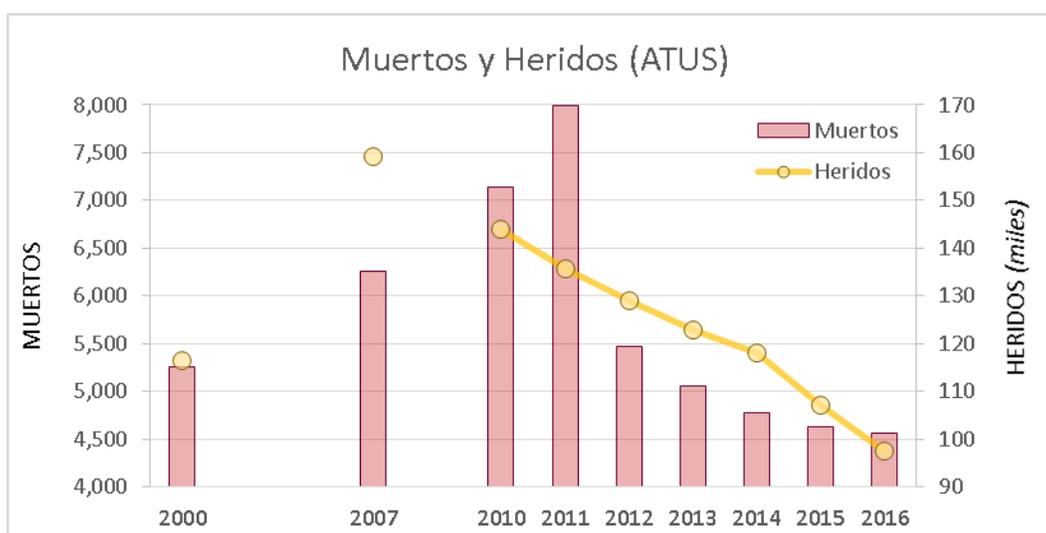
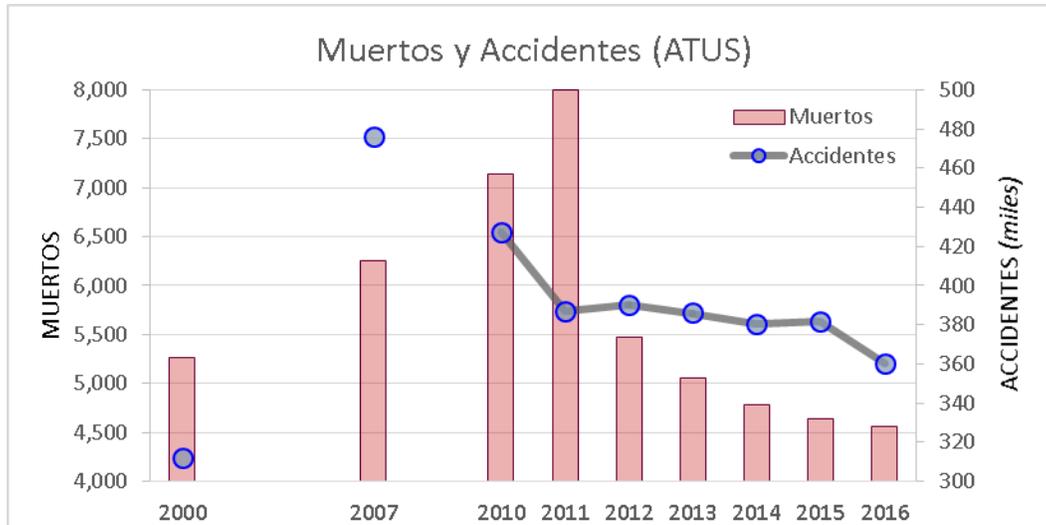


Figura 2.3 Muertos y heridos registrados en zonas urbanas y suburbanas.

Analizando la información contenida en la Figura 2.3, se observa que entre los años 2000, 2007, 2010 y 2011 se tuvo una tendencia creciente en cuanto al número de fallecimientos. Para el año 2012 se muestra una drástica disminución

en la cantidad de muertos, pasando de 7,994 a 5,469 -una reducción del 32%- en tan solo un año, conservando una tendencia decreciente más moderada en los años siguientes. En cuanto al número de heridos, se observa una reducción sostenida desde el año 2007.



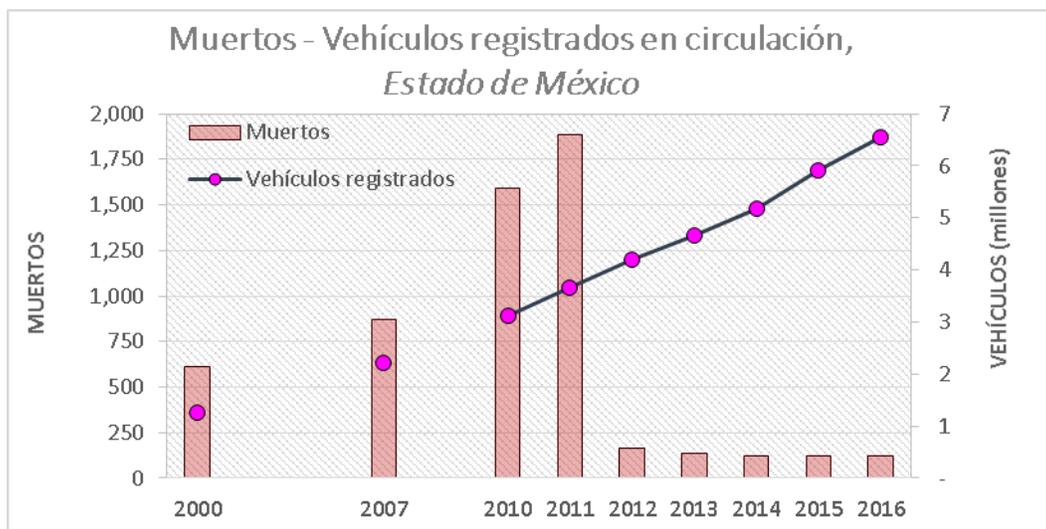
**Figura 2.4 Siniestros viales y muertos registrados en zonas urbanas y suburbanas.**

Examinando ahora la información presentada en la Figura 2.4, entre los años 2007, 2010 y 2011 se tiene un aumento en el número de muertos y una reducción en el número de siniestros viales. Este fenómeno puede tener dos explicaciones, que la cantidad de siniestros viales está disminuyendo, pero los que se presentan tienen consecuencias más severas, o bien, que existe un subregistro de siniestros viales.

De acuerdo con la información presentada en las dos figuras anteriores, y tomando nuevamente como referencia el año 2010 para su comparación con el año más reciente (2016), se observa una reducción general de la siniestralidad vial; siendo del 36% para el número de muertos, 32% para el número de heridos y 16% para el número de siniestros viales registrados.

Analizando más a detalle la información respecto al número de muertos que presenta esta fuente de información, se puede observar tanto en la Figura 2.3 como en la Figura 2.4 que la tendencia del año 2000 al 2011 era creciente, presentando un súbito decremento en el año 2012 y continuando con una tendencia decreciente hasta el 2016. Al percibir este comportamiento como algo inusual, se analizaron las bases de datos correspondientes a cada estado, encontrando en los registros del Estado de México un dramático descenso en la cantidad de muertos a partir del 2012. En la Figura 2.5 se presenta la información correspondiente al Estado de México, junto con la cantidad de vehículos registrados en circulación en este mismo estado, de acuerdo con la información publicada por el INEGI. Observando la Figura 2.5 a simple vista se encuentra un

comportamiento irregular en la cifra de muertos a partir del año 2012, reduciendo de 1,883 en el 2011 a tan sólo 166 en el siguiente año (una reducción del 91% en un año).



**Figura 2.5 Muertos (ATUS) vs vehículos registrados en el Estado de México.**

Otro dato de interés que puede obtenerse a través de esta fuente de información, es la proporción de la siniestralidad entre el entorno urbano y suburbano. En la Tabla 2.1 se muestra la distribución promedio de los muertos, heridos y siniestros viales registrados entre los años 2010 y 2016. En esta tabla se puede observar que, si bien la siniestralidad correspondiente a las zonas urbanas es superior en los tres parámetros descritos –muertos, heridos y siniestros viales -, la cantidad de muertes por cada accidente registrado en las zonas suburbanas es muy superior a la presentada en el entorno urbano. De esta manera, considerando el periodo de tiempo entre los años 2010 y 2016, en las zonas urbanas se tuvo 1 muerto por cada 100 siniestros viales, mientras que en las zonas suburbanas se tuvieron 8 muertos por cada 100 siniestros viales; es decir, la probabilidad de que un siniestro vial llegue a ser fatal es 8 veces superior en el entorno suburbano, comparado con el urbano. De manera similar, por cada 100 siniestros viales en zonas urbanas se tuvieron 29 heridos en promedio, mientras que la cifra correspondiente a zonas suburbanas fue de 58 (dos veces superior).

**Tabla 2.1 Distribución de la siniestralidad vial (ATUS, 2010-2016).**

Muertos		Heridos		Siniestros viales	
Urbano	Suburbano	Urbano	Suburbano	Urbano	Suburbano
61%	39%	87%	13%	93%	7%

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI

Es importante mencionar que la cantidad de información que se puede consultar a través de la base de datos de ATUS es mucho más amplia que la facilitada por la policía federal. A este respecto, para los análisis de siniestralidad vial es sumamente útil identificar el tipo de usuario al que corresponden las víctimas que

se han registrado. Esta información está contenida en las bases de datos de ATUS, pero no en la compartida por la policía federal.

En la Tabla 2.2 se muestra el porcentaje de víctimas mortales de acuerdo con el tipo de usuario, en zonas urbanas y suburbanas. Se puede observar que el porcentaje de peatones fallecidos es más alto en zonas urbanas, dada su mayor presencia en este entorno. También es de observarse que esta base de datos no contempla en su clasificación a los motociclistas.

**Tabla 2.2 Muertos por tipo de usuario y zona (ATUS, 2010-2016).**

Zona	Ocupante vehículo	Peatones	Ciclistas	Otros
<i>Urbana</i>	62%	31%	5%	1%
<i>Suburbana</i>	85%	10%	3%	2%

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI

De manera similar, en la Tabla 2.3 se muestra el porcentaje de heridos registrados en zonas urbanas y suburbanas, de acuerdo con el tipo de usuario. En esta tabla resulta inusual el bajo porcentaje de peatones heridos en el entorno urbano.

**Tabla 2.3 Heridos por tipo de usuario y zona (ATUS, 2010-2016).**

Zona	Ocupante vehículo	Peatones	Ciclistas	Otros
<i>Urbana</i>	80%	15%	4%	0%
<i>Suburbana</i>	92%	6%	2%	1%

Fuente: Elaboración propia con información del INEGI

### 2.1.3 Otras fuentes de información

Derivado del análisis realizado en los incisos anteriores, respecto a las cifras de siniestralidad vial registradas y divulgadas por las dos fuentes consultadas –policía federal e INEGI-, surge la idea de buscar otras fuentes de información para comparar cifras y tendencias. De esta manera, se encontró que las bases de datos de mortalidad brindan valiosa información a este respecto.

En los siguientes párrafos se describe y analiza la información encontrada a través de esta fuente, así como un análisis en conjunto de toda la información consultada.

#### 2.1.3.1 Certificados de defunción

En México, desde el año 1987 cada fallecimiento debe ser registrado levantando el certificado de defunción correspondiente. A partir del año 1990 esta información es difundida por el INEGI, de acuerdo con los registros de las Agencias del Ministerio Público y Registro Civil. La información contenida en las bases de datos respecto a las defunciones generales integra las variables presentadas en la Tabla

2.4, donde el dato correspondiente a la “causa de la defunción” será el que se utilizará para identificar los decesos ocasionados por los siniestros viales.

**Tabla 2.4 Variables captadas en la estadística de defunciones.**

<b>De la defunción</b>	<b>De muertes accidentales y violentas</b>	<b>De muertes accidentales y violentas</b>
- Fecha de registro	- Presunción de accidente, homicidio, etc.	- Sexo
- Fecha de ocurrencia	- Ocurrencia en el desempeño del trabajo	- Edad
- Lugar geográfico de registro	- Lugar donde ocurrió (vivienda, área deportiva, etc.)	- Nivel de escolaridad
- Domicilio de ocurrencia	- Condición de violencia familiar	- Derechohabiente
- Lugar de ocurrencia	- Condición de necropsia	- Fecha de nacimiento
- Atención médica	- Parentesco del presunto agresor	- Estado conyugal
- Condición de necropsia		- Nacionalidad
- Causas de la defunción		- Ocupación
- Condición y relación de embarazo		- Condición de actividad económica
- Persona que certificó la defunción		- Lugar geográfico de residencia habitual
- Hora de ocurrencia		- Condición de habla lengua indígena

Cabe mencionar que el manejo de la información respecto a las defunciones ocurridas en el país está normalizada a través de la NOM-035-SSA3-2012, la cual tiene como objetivo establecer los criterios y procedimientos que se deben seguir para producir, captar, integrar, procesar, sistematizar, evaluar y divulgar la información en salud.

Consultando las bases de datos de mortalidad en el sitio de internet del INEGI, para los años analizados en los incisos anteriores (2000, 2007 y de 2010 a 2016), se identificaron las defunciones ocurridas a causa de la siniestralidad vial mostradas en la Figura 2.6. Dicha identificación se realizó con base en la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10) utilizada internacionalmente (OPS, 2003). En la gráfica de la Figura 2.6 se observa una clara tendencia creciente en el número de muertes hasta el 2012, con una disminución de 1,249 en el año 2013, a partir del cual se mantiene un comportamiento ascendente en el número de defunciones hasta el 2016.



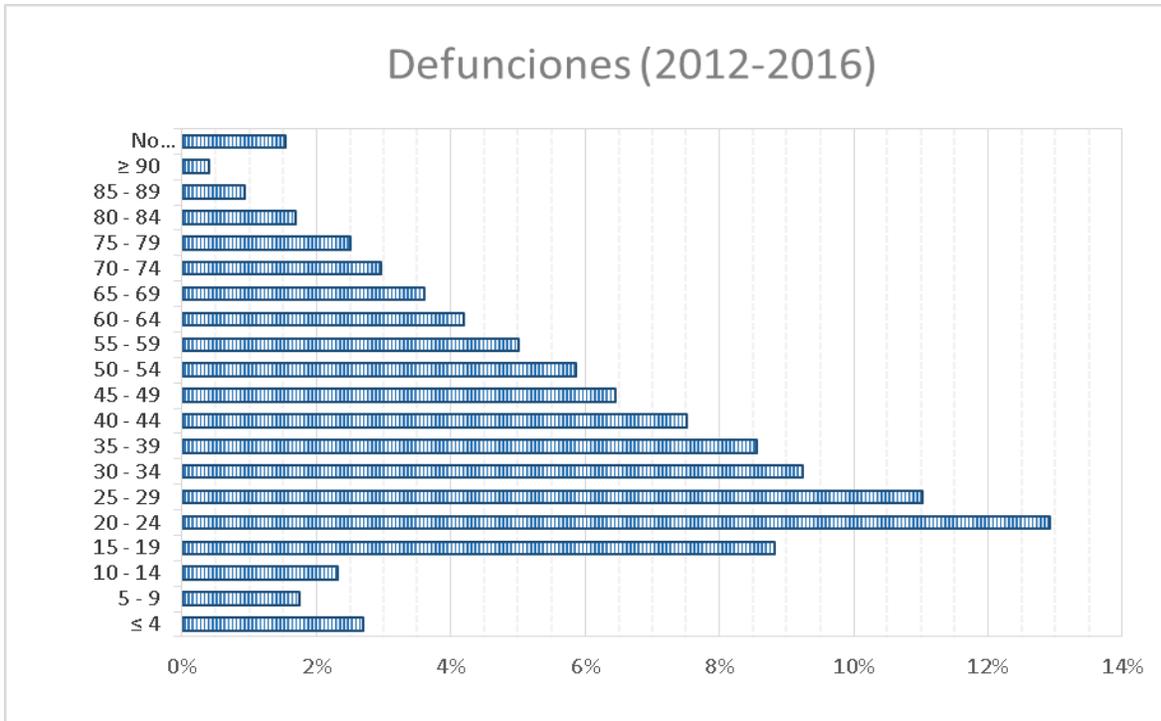
**Figura 2.6 Defunciones por siniestros viales.**

Como se mencionó anteriormente, las bases de datos de mortalidad contienen diversas variables que permiten analizar ciertos aspectos y tendencias respecto a las defunciones provocadas por los siniestros viales. De esta manera, considerando la información correspondiente a las edades de los pericados por esta causa, y focalizando el análisis en la información disponible de los últimos 5 años (2012 a 2016), se encontró que la mayor parte de las víctimas fatales son personas jóvenes en edad económicamente productiva. En la Figura 2.7 se presenta un gráfico que resume los hallazgos a este respecto, donde se puede observar que prácticamente el 50% de los fallecidos tenían entre 15 y 39 años. Este dato es importante, pues al identificar los principales grupos de riesgo, sobre estos se deberían plantear las estrategias de reducción de siniestralidad vial. En promedio, anualmente 8,199 personas entre 15 y 39 mueren cada año en un accidente vial según los registros de mortalidad.

Por otro lado, realizando una consulta en la página interactiva del INEGI “[cuéntame.inegi.org.mx](http://cuéntame.inegi.org.mx)”, los accidentes de tránsito de vehículos de motor son identificados como la principal causa de muerte en los siguientes grupos poblacionales:

- Niños y niñas de 1 a 14 años.
- Hombres y mujeres de 15 a 24 años.
- Hombres entre 35 y 44 años.

En hombres y mujeres entre 25 a 34 años de edad, los siniestros viales son la segunda causa de muerte.



**Figura 2.7 Defunciones en siniestros viales por rangos de edad.**

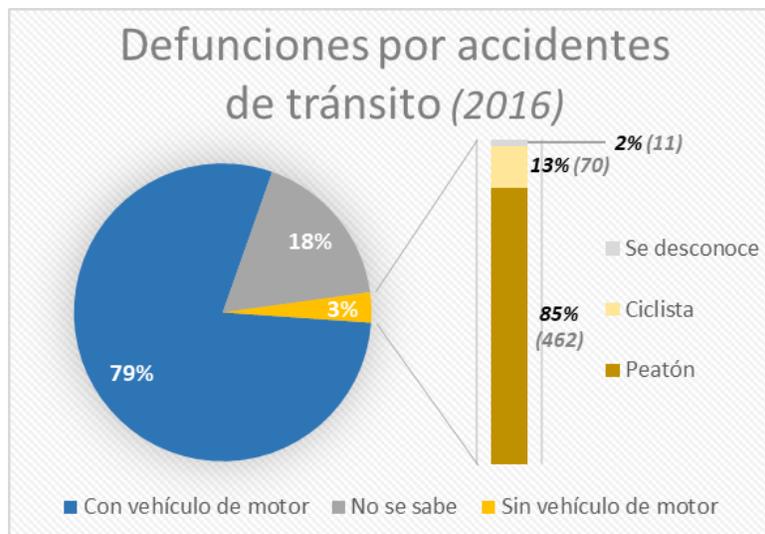
Otro dato interesante que se puede extraer de esta fuente de información es el tipo de usuario de la vía al que pertenecía el fallecido, a través del modo de transporte registrado al fallecer, es decir, si al sufrir el percance fatal la víctima era peatón, ciclista, motociclista, ocupante de un vehículo de motor o se movía utilizando otro tipo de transporte. En la Figura 2.8 se presenta una gráfica que muestra los hallazgos a este respecto, considerando los promedios de los últimos 5 años, donde se puede observar que en la gran mayoría de los casos no se registra la manera en que se movilizaba el finado. Por otro lado, considerando los casos en los que sí se puede identificar el tipo de usuario de la vía, se observa que gran parte de los muertos corresponden a “peatones”, con una participación del 29%, dato que los identifica como un grupo especialmente vulnerable y evidencia la necesidad de acciones para su protección.



**Figura 2.8 Defunciones por tipo de usuario.**

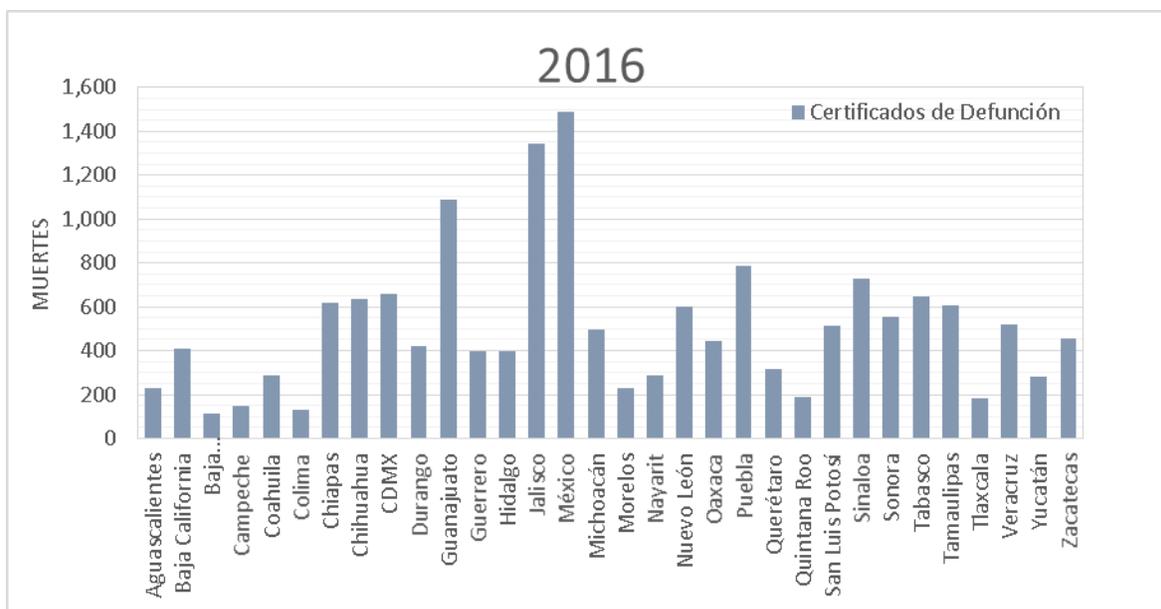
Cabe mencionar que, para los años analizados, la proporción de víctimas fatales que utilizan como medio de transporte una motocicleta ha ido incrementando paulatinamente. Esta tendencia se espera continúe en aumento por el uso cada vez más común de este tipo de transporte, alentado por el aumento del costo de los combustibles.

En otro tema, un aspecto que regularmente no es revisado en las estadísticas de siniestralidad vial es la cantidad de fallecidos por accidentes en la vía pública, donde ningún vehículo de motor está implicado. Esto se refiere a siniestros viales del tipo ciclista con ciclista, ciclista con peatón, accidentes de ciclistas solos, caídas, resbalones o traspiés. De acuerdo con la clasificación CIE-10, en la Figura 2.9 se presenta una gráfica que muestran los porcentajes de siniestros viales donde al menos un vehículo de motor participó, no se sabe o ningún vehículo de motor estuvo involucrado. A la derecha de esta gráfica se especifica el tipo de usuario implicado, en siniestros donde se sabe que ningún vehículo de motor participó. Puede observarse que la gran mayoría corresponde nuevamente a “peatones”, con la nada despreciable cantidad de 462 fallecimientos en el año 2016.



**Figura 2.9 Defunciones de acuerdo con la participación de vehículos de motor.**

Otra variable interesante de considerar es el número de defunciones por siniestros viales ocurridos en cada entidad. En la gráfica presentada en la Figura 2.10 se muestran las cifras de fallecimientos ocurridos durante el 2016 disgregados por estado, de acuerdo con los certificados de defunción.



**Figura 2.10 Defunciones por siniestros viales, 2016.**

Con la información presentada en la Figura 2.10 se puede ver en que estados ocurren más o menos muertes de acuerdo con los registros de defunciones; sin embargo, para trasladar esos datos a una tasa, con el fin de evaluar el riesgo de morir por un siniestro vial, es necesario considerar las cifras de población y vehículos registrados en circulación.

En el gráfico presentado en la Figura 2.11 se muestran los índices de mortalidad por cada 100 mil habitantes y los índices de motorización por cada 10 habitantes, en cada estado. En dicho gráfico se observa que la entidad con el mayor índice de motorización, la Ciudad de México, presenta uno de los índices de mortalidad más bajos, con 7.4 fallecimientos por cada 100 mil habitantes. Por otro lado, el estado con mayor índice de mortalidad a consecuencia de los siniestros viales es Zacatecas, con 29.2 fallecimientos por cada 100 mil habitantes, mientras que su índice de motorización está por debajo del promedio nacional, con 2.8 vehículos por cada 10 habitantes. El estado con la menor tasa de mortalidad es Veracruz, con 6.5 muertes derivadas de siniestros viales por cada 100 mil habitantes.

El nivel de exposición al riesgo de sufrir un siniestro vial fatal es también expresado en términos de muertes por cada cierto número de vehículos en circulación. En la Figura 2.12 se presenta un gráfico que muestra la cantidad de fallecidos por cada 100 mil vehículos registrados en circulación.

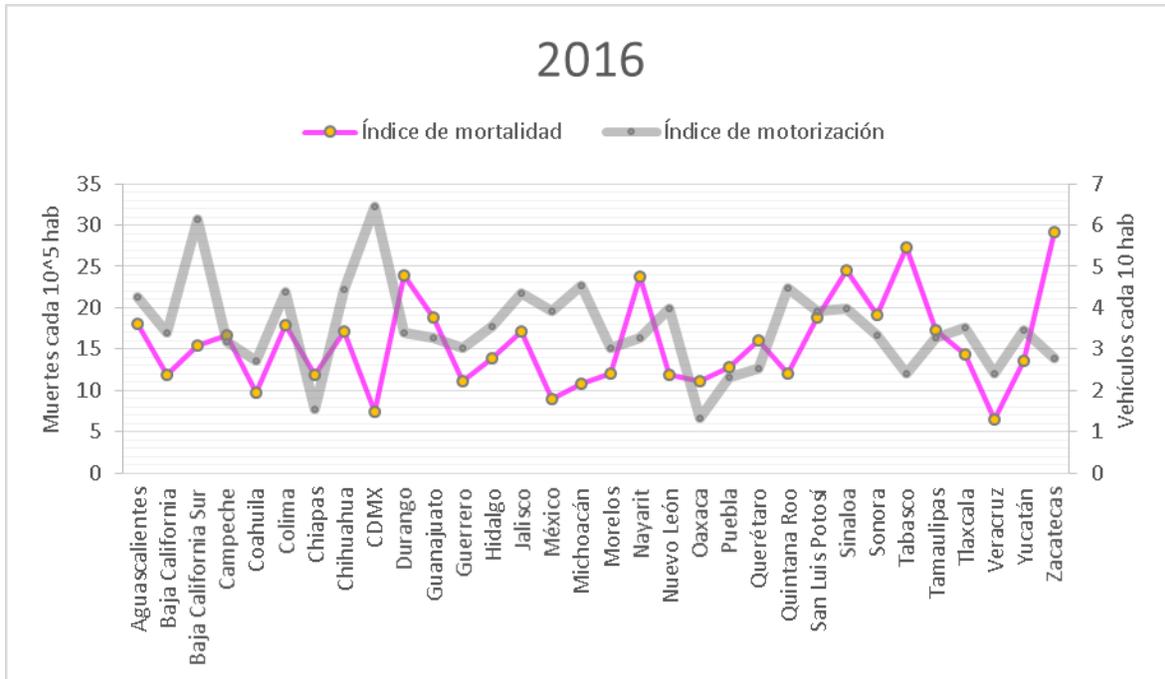


Figura 2.11 Índice de mortalidad e índice de motorización por entidad.

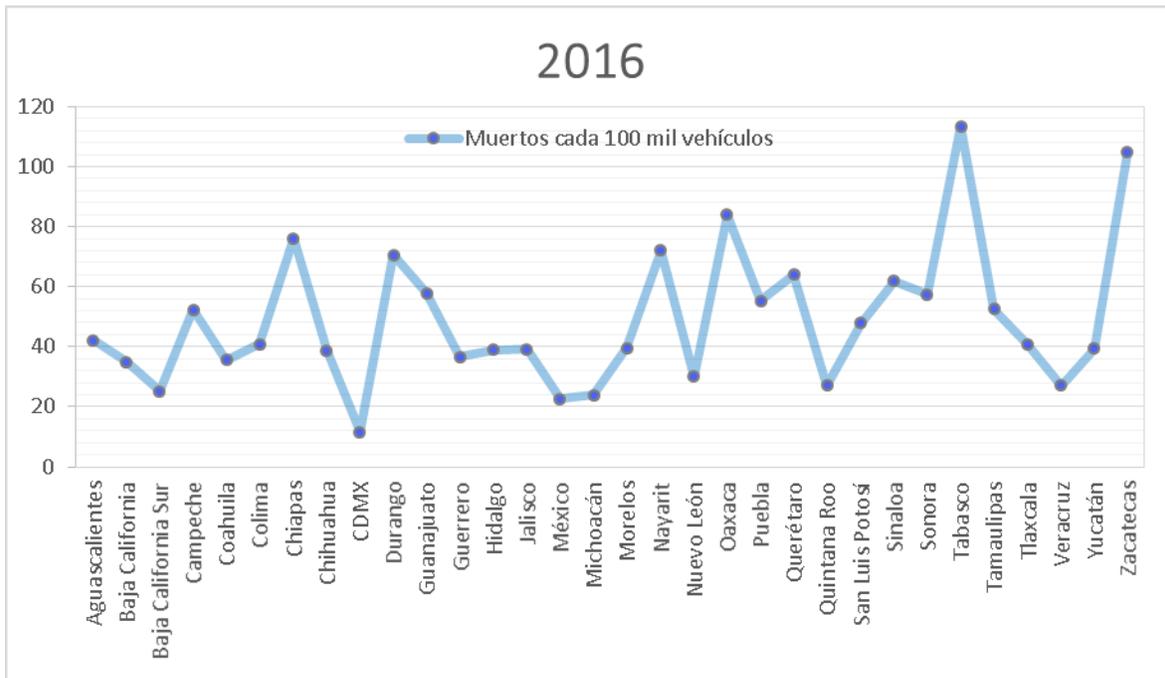
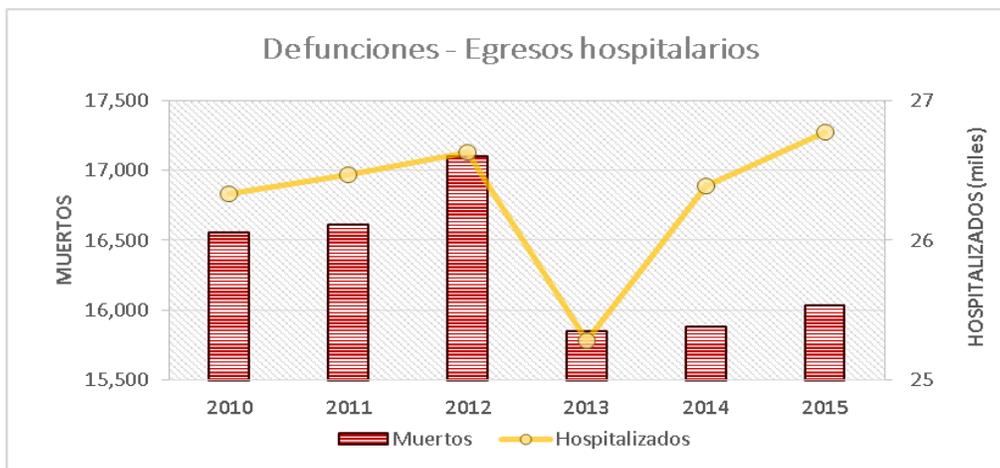


Figura 2.12 Muertos por cada 100 mil vehículos registrados en circulación.

### 2.1.3.2 Egresos Hospitalarios

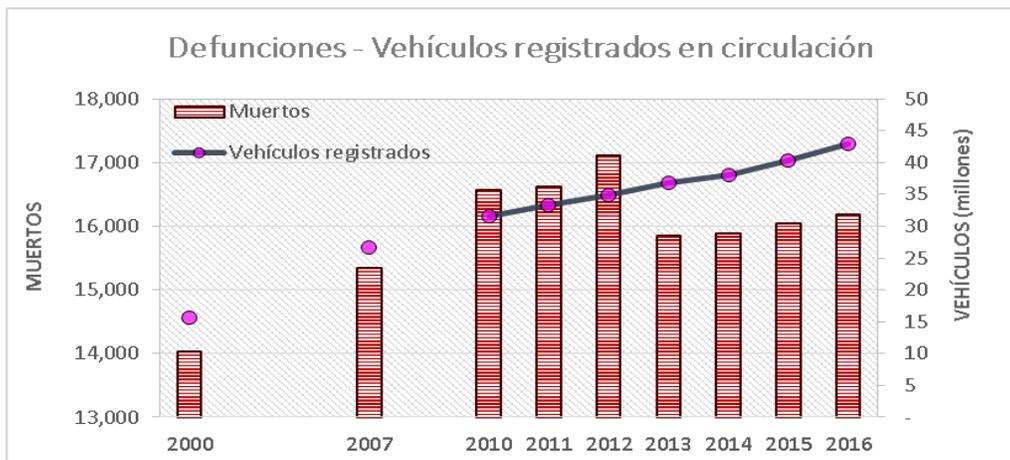
En cuanto al número de víctimas no fatales, la Secretaría de Salud -a través de la Dirección General de Información en Salud- difunde las bases de datos respecto a los egresos hospitalarios. Estas bases de datos incluyen la identificación de la causa que propició la entrada al hospital de manera similar a como se indica en las bases de datos de defunciones, con base en la CIE-10.

En la Figura 2.13 se presenta una gráfica donde se muestran el número de egresos hospitalarios ocasionados por siniestros viales y el número de muertos, con base en los certificados de defunción, entre los años 2010 y 2015. Cabe mencionar que a la fecha de consulta (julio 2018), no se encontró la información respecto a los egresos hospitalarios correspondiente al 2016.



**Figura 2.13 Defunciones y egresos hospitalarios por siniestros viales.**

Finalmente, en resumen, en la Figura 2.14 se presenta una gráfica que muestra la evolución del registro de muertes por siniestros viales y los vehículos registrados en circulación.

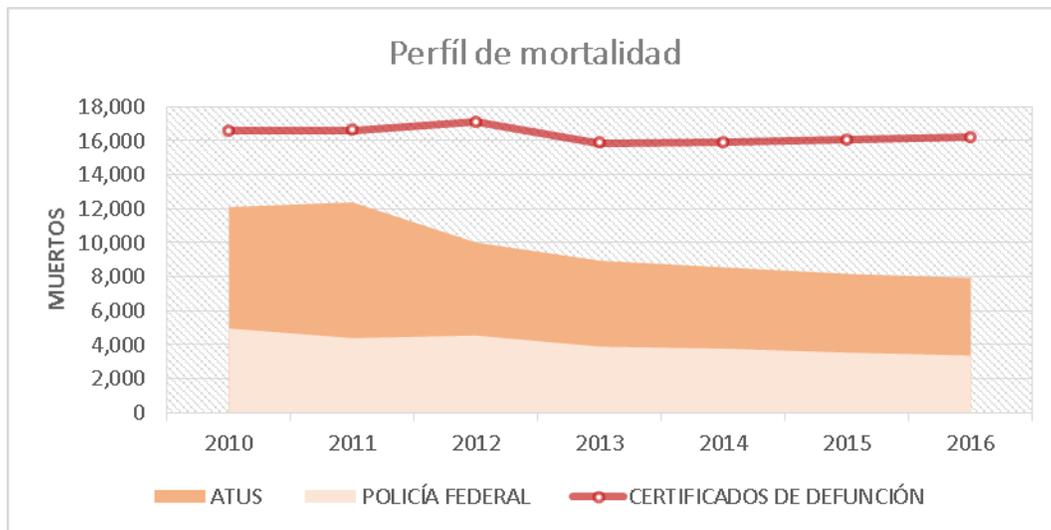


**Figura 2.14 Defunciones por siniestros viales y vehículos registrados.**

### 2.1.3.3 Comparativa entre fuentes de información

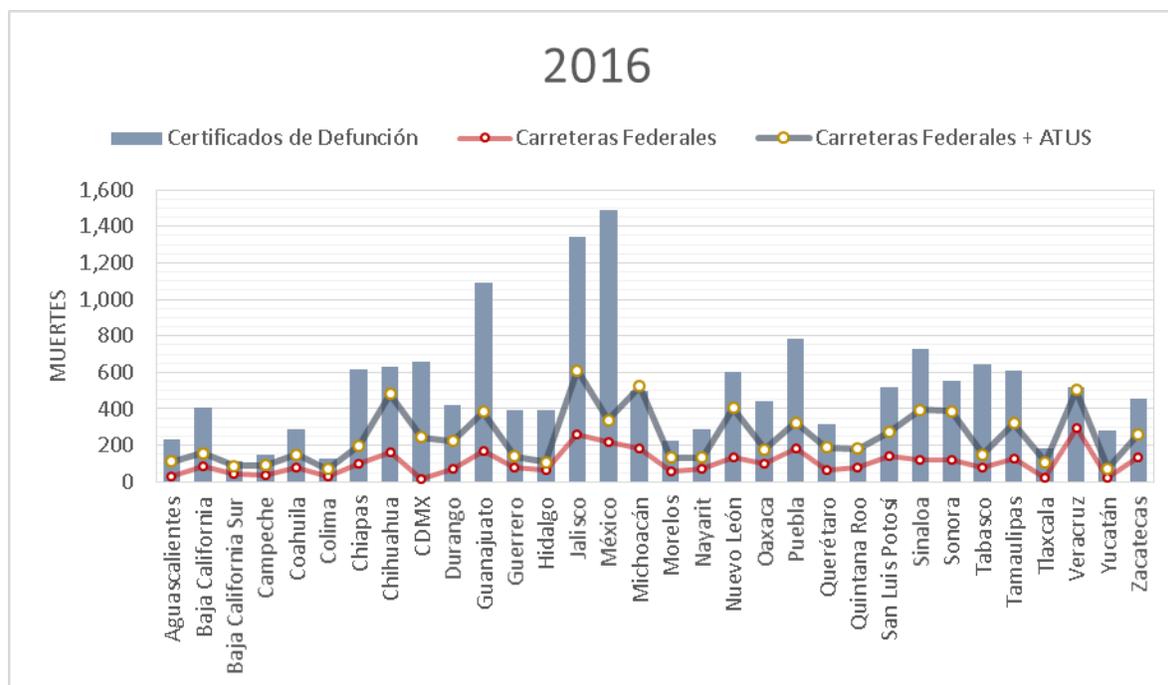
Para tener una perspectiva general sobre la magnitud de las muertes ocasionadas por los siniestros viales, y tomando como referencia la información encontrada en las tres fuentes consultadas, en la Figura 2.15 se muestra un gráfico con la cifras de muertos registrados por la policía federal (carreteras federales bajo su jurisdicción), en las estadísticas ATUS concentrada por el INEGI (zonas urbanas y suburbanas) y las identificadas por medio de los certificados de defunción contenidas en las bases de datos de mortalidad publicadas por el INEGI.

En el gráfico de la Figura 2.15 se observa que la suma de muertos reportados por la policía federal y los contenidos en las bases de datos ATUS no suman el total de las defunciones correspondientes a los certificados de defunción, lo cual no necesariamente debería coincidir, pues algunas muertes no son registradas o la víctima muere en el traslado o en hospital. Además, el certificado de defunción puede corresponder a un accidente ocurrido años atrás. Sin embargo, lo que parece inusual es que cada año la brecha entre esta diferencia de muertos es mayor, pasando de 4,449 en el 2010 a 8,250 en el 2016.



**Figura 2.15 Muertes en siniestros viales por fuentes.**

De manera similar, en la Figura 2.16 se presenta un gráfico con la información correspondiente al año 2016, disgregado por entidad federativa. En este gráfico destaca la cantidad de fallecimientos registrados mediante los certificados de defunción en los estados de: México, Jalisco y Guanajuato. Los estados con la mayor diferencia en cuanto a los registros de fallecidos en certificados de defunción y los correspondientes a carreteras federales, zonas urbanas y suburbanas -reportados por la policía federal y las estadísticas ATUS- son: México, Tabasco, Yucatán e Hidalgo.



**Figura 2.16 Muertes en siniestros viales por fuentes en cada entidad.**

Como se puede apreciar, el problema de los siniestros viales a nivel nacional desgraciadamente va en aumento año con año. Es por esto que autoridades, gobierno y personas involucradas tenemos que enfrentar el problema, haciendo un plan que conjunte esfuerzos de las diferentes áreas mencionadas, para poder alcanzar el objetivo de reducir muertes y lesionados graves en nuestras vialidades.

### 3 Medidas y estrategias para atacar el problema de la siniestralidad

De acuerdo con el grupo IRTAD (2017), actualmente existen estrategias y objetivos que los países están llevando a cabo, con el fin de reducir la accidentalidad dentro de su jurisdicción. A nivel internacional, la OMS lanzó en 2011 el plan denominado “Década de Acción por la Seguridad Vial 2011 – 2020”, el cual tiene como objetivo reducir el número de muertes en un 50% tomando como base las cifras de muertos registradas en el año 2010. Asimismo, la OMS como una de sus metas de desarrollo sustentable contempla dentro del rubro de salud el reducir a la mitad 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).

En la Tabla 3.1 se muestran las estrategias que se han implementado en países miembros de IRTAD y los lapsos que se han establecido para poder reducir el problema de la accidentalidad.

**Tabla 3.1 Estrategias y objetivos internacionales de seguridad vial.**

Estrategia/País	Visión	Objetivos
<b>Argentina</b> Estrategia Nacional de Seguridad Vial	Basado en el Plan de Seguridad Vial de la ONU para la Década de Acción para la Seguridad Vial	-50% de muertes en 2014 año base 2009 Se están desarrollando objetivos específicos para 2020
<b>Australia</b> Estrategia Nacional de Seguridad Vial (NRSS) 2011-2020	Sistema seguro Nadie debe morir ni sufrir lesiones graves en las carreteras de Australia	-30% (al menos) muertes para 2020 -30% (al menos) lesionados gravemente para 2020. Promedio del año base 2008-2010
<b>Austria</b> Programa de Seguridad Vial Austriaca 2011-2020	Sistema seguro Convertirse en uno de los cinco países más seguros de Europa	-50% de muertes en 2020 según el promedio de los años 2008-2010 (objetivo provisional -25% para 2015) -40% de lesiones graves para 2020 según el promedio de los años 2008-2010 (objetivo provisional -20% para 2015) -20% accidentes por lesiones para 2020 según el promedio de los años 2008-2010 (objetivos provisionales -10% para 2015)

<p><b>Bélgica</b></p> <p>Estrategia nacional de seguridad vial 2011-2020 Recomendaciones para 15 medidas prioritarias para un período de 2015-2020</p>		<p>-50% de muertes en 2020 en comparación con 2010 (420 muertes en carretera en 2020)</p>
<p><b>Camboya</b></p> <p>Plan nacional para la seguridad vial 2011-2020 (aprobado por el Consejo de Ministros en 2014) Plan anual de seguridad vial 2016 (aprobado por el gobierno)</p>	<p>Basado en el Plan de Seguridad Vial de la ONU para la Década de Acción para la Seguridad Vial</p> <p>Basado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU</p>	<p>Reducir en un 50% el número pronosticado de víctimas mortales para 2020. Varios objetivos secundarios en cuanto a tasas de uso del casco, velocidad y manejo bajo los efectos del alcohol</p> <p>Objetivo provisional para 2016, reducir el número de muertes en carreteras en un 10% en comparación con 2015</p> <p>Nuevo objetivo provisional para 2017, reducir el número de muertes en carreteras en un 9% en comparación con 2016</p>
<p><b>Canadá</b></p> <p>Estrategia de seguridad vial (RSS) 2025 (introducida en enero de 2016)</p>	<p>Hacia Cero Muertos (Towards Zero)</p>	<p>No hay objetivos numéricos duros</p> <p>Lograr una tendencia descendente continua en muertes y lesiones graves durante los diez años de duración de la estrategia</p>
<p><b>Chile</b></p> <p>Plan de seguridad vial 2011-2014. Se está preparando una nueva política nacional de seguridad vial</p>	<p>Basado en el Plan de Seguridad Vial de la ONU para la Década de Acción para la Seguridad Vial</p>	<p>-20% de muertes en carretera en 2014 en comparación con 2011</p>
<p><b>República Checa</b></p> <p>El Plan Estratégico Nacional de Seguridad Vial 2011-20.</p>	<p>Visión Cero</p>	<p>Reducir la tasa de mortalidad a la media de la UE</p> <p>Reducción del 60% en muertes en 2020 en comparación con 2009</p> <p>Reducción del 40% en el número de personas con lesiones graves para 2020 en comparación con 2009</p> <p>Los objetivos provisionales para el número de víctimas mortales y personas con lesiones graves se establecen para cada año hasta 2020</p>
<p><b>Dinamarca</b></p> <p>Plan de acción nacional de seguridad vial 2013-2020</p>	<p>Basado en la Visión Cero</p>	<p>Menos de 120 muertos en 2020, lo que equivale a un 53% de muertes en comparación con 2010 (según el objetivo de seguridad vial de la UE)</p> <p>-52% de los usuarios de carreteras con lesiones graves y leves en 2020, en comparación con 2010</p> <p>El plan incluye 10 áreas de enfoque y define un indicador de desempeño para cada área</p>

<p><b>Finlandia</b></p> <p>Estrategia nacional de seguridad vial 2012-2014 finalizada. El 15 de diciembre de 2016 el Gobierno aprobó una nueva resolución sobre seguridad vial.</p>	<p>Basado en la Visión Cero</p>	<p>Menos de 137 muertes (o 24 muertes por millón de habitantes) para 2020 (según el objetivo de seguridad vial de la UE)</p> <p>Menos de 5 750 lesiones para 2020 (según el objetivo de seguridad vial de la UE). Objetivo a largo plazo, menos de 100 muertes para 2025</p>
<p><b>Francia</b></p> <p>Plan de acción para la seguridad vial incluidas las 26 medidas anunciadas por el Ministro del Interior en enero de 2015, 55 medidas anunciadas durante el Comité Interministerial de Seguridad Vial (octubre de 2015)</p>		<p>-50% de muertes en 2020 (menos de 2 000 muertes)</p>
<p><b>Alemania</b></p> <p>Programa de Seguridad Vial 2011-20</p>		<p>-40% de muertes en 2020 (año base 2010)</p> <p>Objetivos específicos en estados federales alemanes individuales</p>
<p><b>Grecia</b></p> <p>Plan Estratégico Nacional de Seguridad Vial 2011-2020.</p>	<p>Desarrollar una cultura de seguridad vial.</p>	<p>-50% de muertes para 2020 (según el objetivo de seguridad vial de la UE); año base 2010</p> <p>Objetivos provisionales, reducción de 80 muertes en carreteras por año entre 2010-2015 y 50 muertes en carreteras por año entre 2016-2020</p>
<p><b>Hungría</b></p> <p>Programa de acción de seguridad vial 2014-16 (integrado en la estrategia nacional de transporte)</p> <p>El nuevo programa de acción de seguridad vial para 2017-2020 está en preparación.</p>		<p>-50% de muertes en 2020 en comparación con 2010 (según el objetivo de seguridad vial de la UE)</p> <p>Objetivo interino, menos de 518 muertes en 2016</p>
<p><b>Islandia</b></p> <p>Plan de seguridad vial 2011-2022</p>		<p>La tasa por 100 000 habitantes no debería ser más alta que en los mejores países para 2022. Reducción anual promedio de muertos y heridos graves del 5% hasta 2022.</p> <p>11 sub-objetivos definidos</p>
<p><b>Irlanda</b></p> <p>Estrategia gubernamental de seguridad vial 2013-2020</p>		<p>Reducción de muertes a 25 por millón de habitantes (124 muertes) o menos para 2020.</p> <p>Objetivo provisional para la reducción de lesiones graves en un 30%, de 472 (2011) a 330 o menos para 2020, o 61 por millón de habitantes.</p> <p>Objetivos específicos para reducir la velocidad y aumentar el uso del cinturón de seguridad</p>

<p><b>Israel</b></p> <p>Plan Nacional de Seguridad Vial 2020</p>		<p>Menos de 240 muertes por año para 2020 (reducción de alrededor del 30% en comparación con 2010)</p> <p>Tasa de mortalidad inferior a 4 muertes por mil millones de kilómetros recorridos</p>
<p><b>Italia</b></p> <p>Plan nacional de seguridad vial. Horizonte 2020 (aprobación final de la versión actualizada por una junta interministerial prevista en 2107)</p>	<p>Ningún niño debe morir en el camino.</p>	<p>-50% de muertes para 2020 (según el objetivo de seguridad vial de la UE)</p> <p>Objetivo a medio plazo (bajo consideración) una tasa de reducción anual promedio de muertes del 7%</p>
<p><b>Japón</b></p> <p>10º Programa de Seguridad de Tráfico 2016-2020</p>	<p>Hacer de Japón el país más seguro para el tránsito rodado.</p>	<p>Menos de 2 500 muertes (muertes dentro de las 24 horas) en 2020</p> <p>Menos de 500 000 víctimas en 2020</p>
<p><b>Corea</b></p> <p>8vo Plan Nacional de Seguridad del Transporte 2017-21</p>	<p>Alcanzar el nivel medio de seguridad de los países de la OCDE.</p>	<p>Menos de 2 700 muertes en 2021, con objetivos provisionales para cada año de 2017 a 2021, reduciendo la tasa de muertes por cada 100 000 habitantes a 5.2 en 2021</p> <p>Menos de una muerte por 10 000 vehículos (incluidos los ciclomotores) para 2021</p>
<p><b>Lituania</b></p> <p>Programa de Desarrollo de Seguridad de Tráfico 2011-2017</p>	<p>Nadie debe morir ni sufrir lesiones graves en las carreteras de Lituania.</p>	<p>Menos de seis muertos por cada 100 000 habitantes (o 60 por millón de habitantes), o entre los 10 países con mejor desempeño en la UE</p>
<p><b>Luxemburgo</b></p> <p>"Carta Nacional de Seguridad Vial"</p>	<p>Cero muertes y lesiones graves en la red de carreteras de Luxemburgo</p>	<p>Menos de 16 muertes en 2020 (-50% de muertes en 2020 en comparación con 2010, según el objetivo de seguridad vial de la UE)</p>
<p><b>Malasia</b></p> <p>Plan de seguridad vial 2014-2020</p>	<p>Basado en el Plan de Seguridad Vial de la ONU para la Década de Acción para la Seguridad Vial</p>	<p>Reducir en un 50% el número previsto de víctimas mortales para 2020 (corresponde a una reducción del 22% en comparación con 2010)</p>
<p><b>México</b></p> <p>Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-2020</p>	<p>Basado en el Plan de Seguridad Vial de la ONU para la Década de Acción para la Seguridad Vial</p>	<p>-50% de muertes en 2020</p>
<p><b>Marruecos</b></p> <p>Nueva estrategia nacional de seguridad vial para 2016-25</p>	<p>Desarrollo de un comportamiento vial responsable y un sistema vial seguro</p>	<p>Reducir el número de muertes a menos de 2 800 para 2020 (disminución del 20% de 2015 a 2020)</p> <p>Reducir el número de muertes a menos de 1 900 en 2025 (disminución del 50% de 2015 a 2025)</p>

<p><b>Países Bajos</b></p> <p>Plan Estratégico de Seguridad Vial 2008-2020 (SPV)</p> <p>El desarrollo de un nuevo Plan Estratégico para el período 2020-2030 comenzó en 2017</p>	<p>Seguridad vial sostenible</p>	<p>Menos de 500 muertes en 2020 (-28% en comparación con 2010)</p> <p>Menos de 10 600 lesiones viales graves (MAIS2) en 2020 (-43% en comparación con 2010)</p>
<p><b>Nueva Zelanda</b></p> <p>"Viajes más seguros" Estrategia de seguridad vial 2010-2020</p> <p>3er Plan de Acción 2016-2020 en preparación</p>	<p>Sistema seguro</p> <p>Un sistema vial seguro cada vez más libre de muerte y lesiones graves</p>	<p>Sin objetivo de muerte general</p> <p>Varios objetivos secundarios e indicadores de rendimiento</p>
<p><b>Nigeria</b></p> <p>Estrategia de seguridad vial (NRSS 2016-2020)</p>	<p>Basado en el Plan de Seguridad Vial de la ONU por la Década de Acción por la Seguridad Vial</p>	<p>-50% de muertes en 2015 en comparación con el 2007</p> <p>Reducir 50% el número pronosticado de muertes para 2020 en comparación con el 2010 (basado en el Decenio de Acción de la ONU)</p>
<p><b>Noruega</b></p> <p>Estrategia de Seguridad Vial 2014-2024</p> <p>Plan Nacional de Acción para la Seguridad Vial 2014-2017</p>	<p>Visión cero</p>	<p>Menos de 500 muertes y lesiones graves para 2024</p>
<p><b>Polonia</b></p> <p>Programa Nacional de Seguridad Vial 2013-2020</p>	<p>Visión cero</p>	<p>-50% de muertes en 2020 (según el objetivo de seguridad vial de la UE)</p> <p>-40% lesionado severamente para 2020 año base 2010</p>
<p><b>Portugal</b></p> <p>Plan Estratégico Nacional de Seguridad Vial (PENSE 2020) 2020</p>		<p>41 muertes por millón de habitantes en 2020, lo que representa una disminución del 56% respecto a 2010.</p> <p>Menos de 178 personas gravemente heridas (MAIS3) en 2020, representando una disminución del 22% respecto a 2010</p>
<p><b>Serbia</b></p> <p>Estrategia nacional para la seguridad vial en el período 2015-2020 (adoptada en junio de 2015)</p>		<p>Ningún niño fallecido en el tránsito vial para 2020</p> <p>Reducción del 50% de muertes y lesiones graves para 2020 en comparación con 2011, reduciendo a la mitad los costos socioeconómicos anuales totales de los choques de tránsito</p> <p>Varias sub-objetivos sobre tasas de uso del cinturón de seguridad, uso de asientos de seguridad para niños, uso del casco, velocidad y manejo bajo los efectos del alcohol</p>

<p><b>Eslovenia</b></p> <p>Programa Nacional de Seguridad Vial 2013-2022</p>	<p>Visión cero</p> <p>No hay muertes ni heridos de gravedad en las carreteras eslovenas</p>	<p>-50% de muertes en 2022 o menos de 35 muertes por millón de habitantes</p> <p>-50% lesionado gravemente en 2022 o menos de 230 heridos graves por millón de habitantes</p>
<p><b>España</b></p> <p>Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020</p>	<p>Sistema seguro / Visión Cero.</p> <p>Los ciudadanos tienen derecho a una movilidad segura</p> <p>Sistema en el que todos los involucrados tienen una responsabilidad</p>	<p>Menos de 37 muertos por cada 100 000 habitantes. Alineado con el objetivo europeo 2020</p> <p>-35% lesionados gravemente en comparación con 2009</p> <p>Varios objetivos para indicadores de rendimiento (sistemas de retención, velocidad, manejo bajo efectos de alcohol, etc.)</p>
<p><b>Sudáfrica</b></p> <p>Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2016-2030</p>	<p>Alineado con los pilares de acción del Decenio de las Naciones Unidas</p>	<p>-50% de muertes en 2030 en comparación a 2010</p>
<p><b>Suecia</b></p> <p>No hay plan de seguridad en un sentido tradicional</p>	<p>Visión Cero</p> <p>(Compromiso renovado con la visión cero en octubre de 2016)</p>	<p>-50% de muertes entre 2007 y 2020 (el promedio de 2006-2008 se usa como cifra base), es decir, máximo 220 muertes en 2020</p> <p>-25% lesionado severamente entre 2007 y 2020</p>
<p><b>Suiza</b></p> <p>"Via Sicura"</p> <p>Adoptado en junio de 2012 por el Consejo Federal Suizo</p>		<p>No hay objetivos numéricos duros</p>
<p><b>Reino Unido</b></p> <p>Declaración de seguridad vial "Trabajando juntos para construir un sistema vial más seguro "</p>	<p>Enfoque de sistema seguro</p>	<p>Establece el contexto de la seguridad vial en Gran Bretaña hoy y el alcance general de la actividad de seguridad vial para el gobierno. La declaración cubre la política de seguridad vial en Gran Bretaña según lo regulado por el Departamento de Transporte</p> <p>Los gobiernos y las administraciones de Escocia, Galés e Irlanda del Norte buscarán producir sus propias políticas y documentos estratégicos sobre asuntos delegados</p>
<p><b>Estados Unidos de América</b></p>	<p>Dedicada a lograr lo más alto</p> <p>Estándares de excelencia en vehículos motorizados</p> <p>Reducción de muertes, lesiones y pérdidas económicas resultantes de choques vehiculares</p>	<p>Objetivos de desempeño establecidos para finalizar 2016</p> <p>Menos de 1.02 muertes por cada 100 millones de vehículos recorridos en 2016</p>

Como se puede apreciar, no todos los países persiguen la misma cantidad de objetivos y sus metas varían de acuerdo con el problema que enfrenta cada nación. Los objetivos de cada país también dependen del presupuesto que los países se hayan comprometido a invertir en el ámbito de la seguridad, sin embargo, un punto fundamental y necesario es contar con información fidedigna para poder dimensionar algún objetivo en específico.

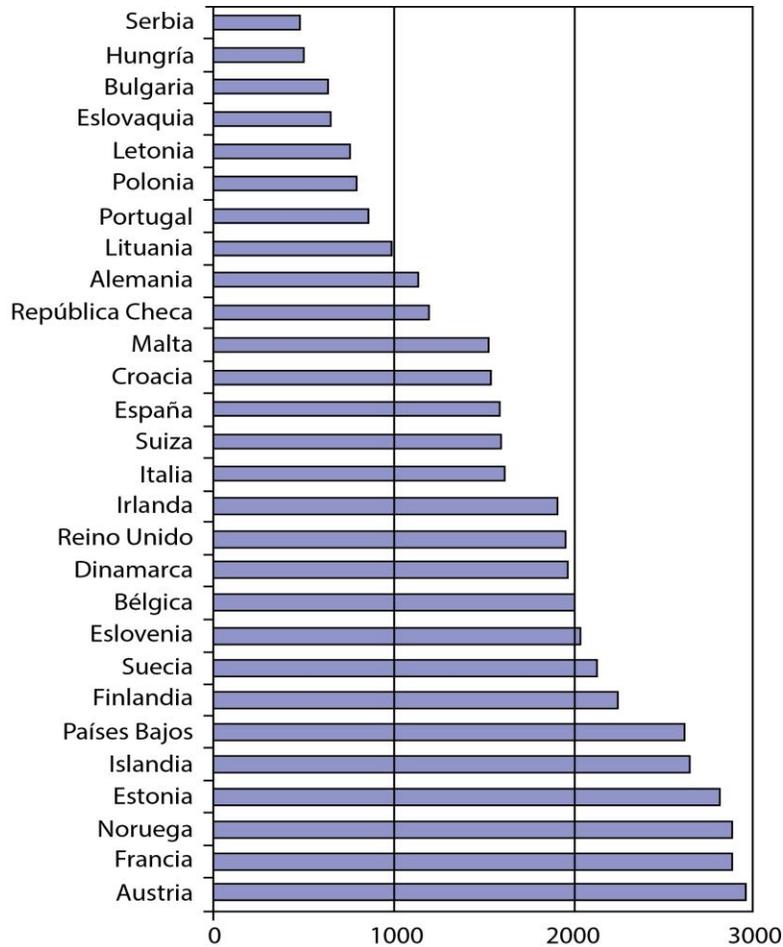
Una vez definidos los objetivos, es primordial atacar los problemas de siniestralidad a través de estrategias efectivas que estén enfocadas a resolver los problemas desde su raíz. Es aquí en donde los encargados de tomar las decisiones deben de orientar los esfuerzos para mejorar la seguridad vial hacia un Sistema de Gestión de la Seguridad Vial (SGSV).

De acuerdo con Varhelyi (2016), para poder alcanzar mejorías en la seguridad vial a un nivel nacional, es necesario establecer un enfoque sistémico que defina de manera clara las responsabilidades y tareas de los diferentes actores que intervienen dentro de la seguridad vial del país. Asimismo, define 12 elementos esenciales que deben realizarse para poder alcanzar dicho enfoque sistémico:

1. Definir la naturaleza y costo de las muertes en carreteras.
2. Adquirir el compromiso y soporte de los encargados de tomar las decisiones.
3. Establecer una política de seguridad vial a nivel nacional.
4. Definir roles institucionales y responsabilidades.
5. Identificar los problemas de seguridad vial.
6. Establecer objetivos de seguridad vial.
7. Formular una estrategia o un plan de acción.
8. Asignar responsabilidades de las medidas a implantar.
9. Asegurar la financiación de las medidas.
10. Aplicar medidas de efectividad conocida y documentada.
11. Monitorear el desempeño de las medidas.
12. Estimular la investigación y el desarrollo de capacidades.

### **3.1 Definir la naturaleza y costo de las muertes en carreteras**

El primer paso es definir el costo que ocasionan las muertes dentro de las vialidades en el país. En este caso, es necesario realizar una “valuación estadística de la vida”, la cual se muestra para diferentes países en la Figura 3.1.



**Figura 3.1 Valor monetario por la prevención de un siniestro fatal (Miles de euros).**

Como se puede apreciar en la gráfica, los valores estadísticos del costo tienen una gran variación entre naciones. También, es importante mencionar que existe una correlación negativa entre el “valor estadístico de la vida” y la situación de la seguridad vial en el país, es decir, que en los países en donde existe mayor número de fatalidades por cada millón de habitantes existe un valor menor para el costo asignado al “valor estadístico de la vida”.

Continuando con los análisis de Varhelyi (2016), los costos relacionados con el valor estadístico de la vida son necesarios en las evaluaciones de inversiones en mejoras en la seguridad vial de la infraestructura. Los cambios esperados en la reducción de los costos de los siniestros (costos por daños, tratamientos médicos, administrativos, pérdida de capacidad productiva y/o pérdida de bienestar y calidad de vida), son comparados con otros elementos (reducción o aumento en los tiempos de traslado, costos ambientales, etc.) que pueden ser monetizados. Es por esto que los costos monetarios del valor estadístico de la vida son necesarios para realizar decisiones informadas en cuanto a inversiones en infraestructura. Sin embargo, estos valores no son contemplados en diversas naciones.

## **3.2 Adquirir el compromiso y soporte de los encargados de tomar las decisiones**

Existe un conocimiento bastante amplio soportado científicamente sobre cuáles son las mejores medidas y más eficientes estrategias en cuestión de seguridad vial, sin embargo, sin el compromiso de los encargados de tomar las decisiones no es posible implementarlas. Elvik (2008) concluye en un estudio realizado sobre la gestión de la seguridad vial por objetivos que, aunque la idea es bastante atractiva, el enfoque de gestionar la seguridad vial por objetivos requiere del firme compromiso de la alta administración ya que, sin este respaldo, el sistema se convierte únicamente en un esfuerzo en vano. El Consejo Europeo de Seguridad del Transporte (2008) concluye que “ninguna acción puede implementarse realmente sin la voluntad y el compromiso político.

Un caso excepcional en el continente europeo se dio en el país de Francia, una de las naciones con malos resultados en materia de seguridad vial, los cuales colocaban sus carreteras como las más peligrosas del continente. El presidente de Francia, alarmado por esta situación, ordenó medidas severas para poder contrarrestar el estado de la seguridad vial en el país mediante programas de cámaras con control de velocidad automatizado y un sistema graduado de licencias de conducir (Rocky Mountain Insurance Information Association, 2015). Este programa resultó en un mejoramiento sin precedentes en materia de seguridad vial en Francia, sin embargo, este esfuerzo no se puede considerar como un proyecto sistémico de gestión de la seguridad vial. Por otro lado, este ejemplo nos demuestra que: “En donde hay voluntad para hacer las cosas, siempre se encontrará un modo para hacer que sucedan”.

## **3.3 Establecer políticas de seguridad vial**

Una vez que se tiene el compromiso de los encargados de tomar las decisiones, una política de seguridad vial o visión puede establecerse a nivel regional. Un ejemplo de esto es la Visión Cero (Regeringen, 1997), la cual establece que: “Ninguna persona debe morir o sufrir graves heridas dentro del sistema de transporte carretero”. Otro ejemplo es la “seguridad sostenible”, la cual es una política de Países Bajos que establece: “El sistema de transporte debe ajustarse a las limitaciones y posibilidades de los usuarios de las carreteras”.

El sistema o enfoque que se adopte debe ser apoyado sobre las mejores prácticas internacionales y cuyos resultados estén bien documentados. La visión o política adoptada constituirá una base para la toma de decisiones, mediante la cual se establecerán las prioridades para atacar el problema de los siniestros en las carreteras.

### **3.4 Definir roles institucionales y responsabilidades**

Se debe delegar a una sola entidad la responsabilidad de la seguridad vial a nivel nacional. Esta entidad puede estar integrada por departamentos esenciales que tienen relación directa con alguna parte del sistema de la seguridad vial (departamento de transporte, policía, departamento de justicia, salud, planeación, educación, industria automotriz, etc.).

Los roles institucionales y responsabilidades deben incluir la delegación de funciones como: ¿Quién será el responsable de registrar los siniestros viales? ¿Quién será el responsable del mantenimiento de las carreteras y los elementos de protección? ¿Quién será el responsable por la inspección vehicular? ¿Quién verificará la validez de las licencias de conducir? ¿Qué entidad será la responsable del entrenamiento de los conductores? ¿Quién se encargará de la aplicación de los reglamentos de tránsito? ¿Quién realizará análisis de seguridad en las carreteras?

Las soluciones para delegar un organismo para gestionar la seguridad vial a nivel nacional pueden variar en diferentes países, dependiendo de la organización de la administración en curso. Un ejemplo de la estructura de esta entidad encargada de crear políticas, asegurarse de que se apliquen y estén en conformidad con los diversos modos de transporte está en Suecia, en donde las agencias gubernamentales tienen el suficiente poder para poder delegar a instituciones con un nivel jerárquico menor. De esta manera la Agencia de Transporte Sueca tiene bajo su supervisión a la Administración de Transporte, la cual es responsable de coordinar el trabajo de seguridad vial.

### **3.5 Identificar los problemas de seguridad vial**

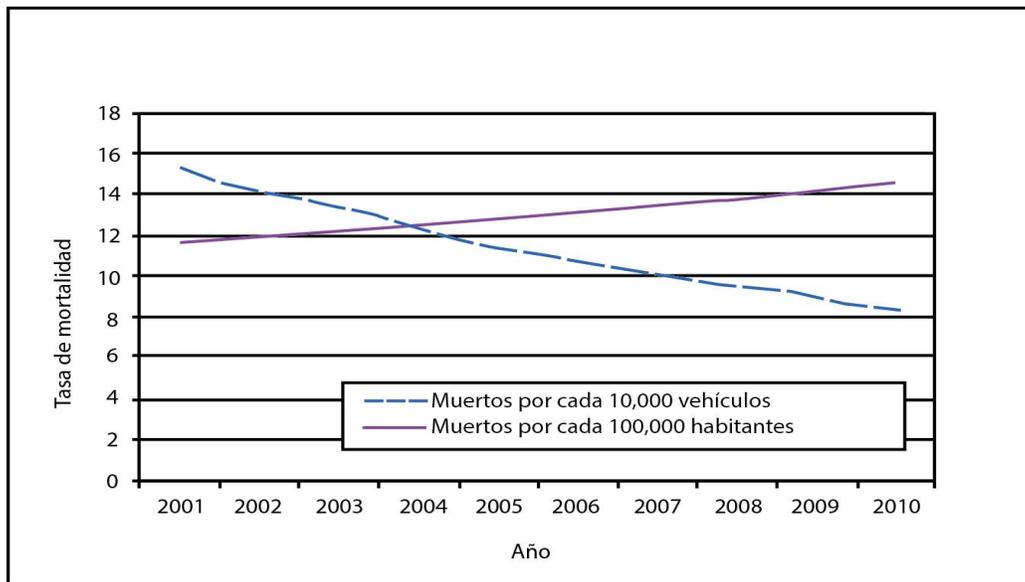
Como un punto de partida para poder establecer acciones de mejora e implementar medidas para incrementar la seguridad vial, es necesario identificar los problemas del país o región en una manera sistémica.

#### **3.5.1 Análisis tridimensionales de problemas de seguridad vial**

De acuerdo con Varhelyi (2016), cuando se trata de estimar la situación de la seguridad vial de un país o región, usualmente se presentan los valores de riesgo con base en el número de fatalidades relacionadas con algún tipo de medida de exposición. Como ejemplo de estas medidas de exposición se tienen el número de vehículos o los vehículos kilómetros, sin embargo, estas medidas pueden llevar a una interpretación errónea de la situación real de la seguridad vial del país, ya que estas medidas no contemplan a los usuarios vulnerables (peatones y ciclistas), los cuales en muchos países representan un gran porcentaje en la tasa de mortalidad por causa del tránsito motorizado. Relacionar el número de fatalidades con el

número de vehículos o con los vehículos – kilómetro recorridos puede estar tergiversando la información, ya que se estaría mostrando una “mejora positiva” año con año en un país con incremento en las tasas de motorización, mostrando un decremento en las fatalidades relacionadas con el número de vehículos motorizados, sin tomar en cuenta que son los vehículos motorizados los que lesionan a los usuarios vulnerables, cuya presencia no está incluida en este tipo de medidas de exposición.

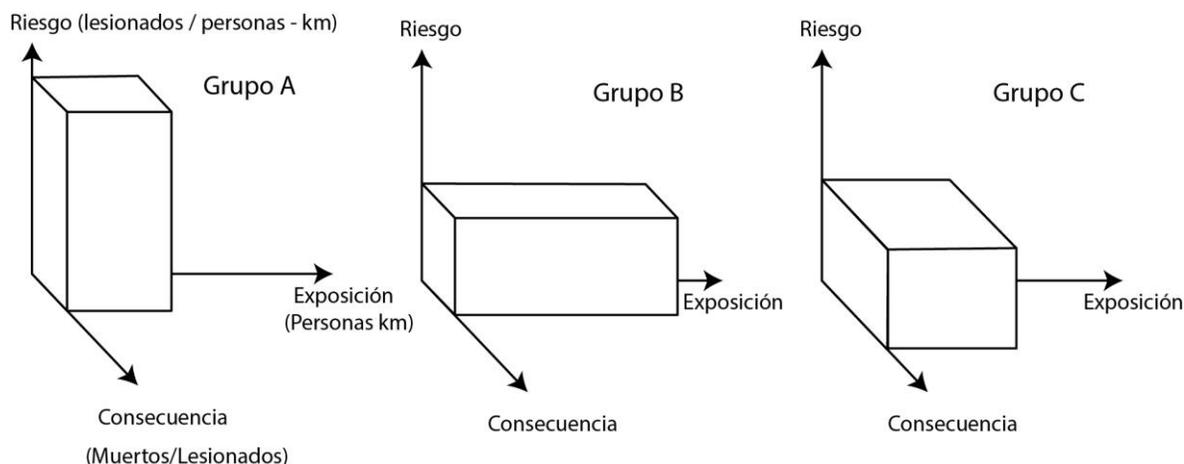
IRTAD (2013) menciona que existe un debate entre utilizar medidas de exposición basadas en el número de vehículos motorizados o vehículos – kilómetro. En dicha publicación se aprecia un ejemplo en el cual si se toman en cuenta los decesos por miles de millones de vehículos – kilómetro, los Estados Unidos se encontrarían entre los países con un nivel medio de seguridad vial. Sin embargo, si tomamos los decesos que ocurren en las carreteras basados en el número de habitantes, termina siendo de los peores países en nivel de seguridad vial (Figura 3.2).



**Figura 3.2 Diferencia de las relaciones de tipos de mediciones a la exposición (valores arbitrarios).**

Para poder tener un desempeño equilibrado de la exposición al riesgo, es necesario incluir a todos los tipos de usuarios de las vialidades. Por lo tanto, es necesario incluir a las “personas – kilómetro” por año para todos los modos de transporte (peatones, ciclistas, pasajeros de transporte público y usuarios de vehículos motorizados).

El acceso a los datos de exposición para todos los tipos de usuarios permite realizar el llamado análisis tridimensional de los problemas de seguridad vial.



**Figura 3.3 Análisis tridimensional de los problemas de la seguridad vial.**

En la Figura 3.3, se puede apreciar las tres dimensiones de los problemas de la seguridad vial. En el eje X tenemos la “exposición” (personas – kilómetro anuales), en el eje Y encontramos al “riesgo” (número de lesionados por personas – kilómetro anual) y en el eje Z tenemos “consecuencia” (muertos por cada lesionado por año). Para obtener el número de personas muertas se multiplican las unidades de los 3 ejes, sin embargo, la cifra obtenida no refleja mucho los problemas de seguridad vial que se tengan en la región.

En el análisis tridimensional de la Figura 3.3 se puede apreciar que existen 3 grupos (A, B y C), los cuales pueden representar diferentes regiones o incluso diferentes tipos de usuarios de las carreteras. Cada grupo cuenta con 3 cuerpos geométricos definidos por las cantidades en cada uno de los ejes, donde para este ejemplo las figuras de cada grupo son del mismo volumen, por lo que el número de decesos en los 3 grupos es el mismo. En el análisis podemos apreciar que en el grupo A, el mayor de los problemas radica en que se genera una cantidad relativamente alta de siniestros viales, aun cuando no tiene cifras similares en cuestión de kilómetros por año como el grupo B. Por otra parte, el grupo B tiene una gran cantidad de kilómetros recorridos por año, pero no genera tantos siniestros viales por kilómetro como el grupo A, aun así, el total de muertos es el mismo para ambos grupos. El grupo C tiene menos kilómetros recorridos al año que el grupo B, y no genera la misma cantidad de siniestros viales por kilómetro que el grupo A, pero cuando un accidente ocurre, la severidad es mayor que las de los otros 2 grupos.

Es aquí en dónde se tienen que aplicar diferentes medidas de seguridad vial que se adapten a los problemas de cada grupo. Por ejemplo, para mitigar los problemas de siniestralidad vial en el grupo A, las medidas deben de estar enfocadas a reducir el riesgo de verse envuelto en un accidente (regulación de la velocidad, aplicación de los reglamentos en carreteras, entre otros). En el caso del grupo B, es necesario dirigir las medidas de mitigación a la exposición (redirigir los viajes entre los diferentes tipos de transporte, así como reducir la cantidad de vehículos de grandes dimensiones en las carreteras). Finalmente, para reducir los

problemas en el grupo C las medidas deben de estar enfocadas a reducir las consecuencias de los siniestros viales (visión cero, carreteras perdonadoras, regulación en el uso de dispositivos de protección, entre otros).

En la siguiente Tabla 3.2 se muestran algunos ejemplos de las medidas basadas en análisis tridimensionales de la seguridad vial.

**Tabla 3.2 Ejemplos de medidas utilizando el análisis tridimensional de la seguridad vial.**

Contramiedas que actúan sobre	Contramiedas dirigidas a		
	Infraestructura	Vehículo	Usuarios
<b>Exposición</b>	Transporte público mejorado	Incrementar el costo de utilizar el vehículo en la ciudad	Expedición de licencias de conducir basado en méritos
<b>Riesgo (probabilidad de estar involucrado en un accidente)</b>	Reductores de velocidad	Gobernadores de velocidad en vehículos	Capacitar y guiar a los usuarios a respetar los reglamentos de tránsito
<b>Consecuencia de los siniestros viales</b>	Barreras laterales de seguridad Amortiguadores de impacto	Sistemas pasivos de seguridad eficientes en los vehículos	Convencer a los usuarios a utilizar el cinturón de seguridad

Sin embargo, aunque este tipo de análisis es una herramienta útil para poder proveer de medidas basadas en el conocimiento de los sucesos que ocurren en las vialidades, es necesario contar con datos de siniestralidad para tal efecto. Existen autores que han documentado las desventajas de utilizar únicamente los reportes de accidentes para poder realizar mejoras en los sitios denominados como de “alta accidentalidad” (Svensson y Hydén, 2006).

### 3.5.2 Análisis sustitutos de la accidentalidad

De acuerdo con Svensson y Hydén (2006), los accidentes son eventos raros y están íntimamente ligados a variaciones de carácter aleatorio. Por otro lado, no todos los siniestros viales son reportados, además de que los aspectos de comportamiento o situacionales no son capturados en los reportes de accidentes (Berntman, 1995). Por tal motivo, existen otro tipo de análisis que se pueden realizar mediante las nuevas tecnologías aplicadas a la determinación de la seguridad vial de un sitio. Estas tecnologías incluyen los “Análisis Sustitutos de la Accidentalidad”.

Estos análisis están basados en la premisa de que existe una estrecha relación entre siniestros y conflictos vehiculares. Lo anterior se cumple ya que el proceso entre siniestro y conflictos graves es idéntico. Un conflicto vehicular se define como una situación en la que 2 o más usuarios de la vía se aproximan entre ellos en tiempo y espacio a tal grado de que existe un riesgo de colisión si sus direcciones y velocidades permanecen sin cambio. Se puede afirmar entonces que

la diferencia entre los conflictos vehiculares y los siniestros viales es que los conflictos ocurren mucho más frecuentemente que los siniestros.

Hydén (1987) define una serie de eventos que se pueden presentar dentro de las vialidades en forma piramidal (ver Figura 3.4), en donde coloca en la base los viajes sin perturbación y en la punta los conflictos serios, donde ocurren los siniestros viales que provocan personas lesionadas y fallecidas. Además, a través de estudios en intersecciones fue capaz de relacionar los conflictos potenciales con los siniestros ocurridos en dichas intersecciones.



**Figura 3.4. Pirámide de conflictos de Hydén.**

Bajo este mismo esquema, existen diferentes tipos de conflictos vehiculares como son: tiempo para la colisión (Time to Collision, TTC), tiempo para el accidente (Time to Accident, TA), tiempo de invasión posterior (Post-Encroachment Time, PET), entre otros. El valor del tiempo para la colisión (TTC, por sus siglas en inglés) es el tiempo remanente hacia una colisión si los usuarios no modifican su velocidad ni su dirección.

En un estudio realizado dentro del Instituto Mexicano del Transporte (Gómez, Dorado, Abarca y Mendoza, 2017), se obtuvieron los TTC, PET y el número de conflictos presentados mediante una microsimulación de tránsito realizada en una intersección en un tramo de prueba, y se establecieron medidas para reducir dichos conflictos vehiculares dentro de la misma simulación, lo que sugiere descender los conflictos y los posibles siniestros viales dentro de la pirámide (Figura 3.4) que se presentaban en dicha intersección.

### **3.6 Establecer objetivos de seguridad vial**

Para poder establecer objetivos de seguridad vial de relevancia, deberán ser identificados los problemas más sobresalientes de seguridad vial que se tengan en el país. En general, los problemas más recurrentes de seguridad vial de acuerdo con su nivel de contribución de muertes y lesionados graves son:

- Exceso de velocidad
- Pobre integridad estructural de los vehículos
- Riesgo de los usuarios vulnerables
- Manejar en estado de ebriedad
- Servicios médicos ineficientes y/o insuficientes para atender a las víctimas de siniestros viales
- Obstáculos a las orillas de la carretera

Sin embargo, el panorama es distinto para cada región o país y será necesario trabajar con las instituciones encargadas de recabar información sobre los patrones más recurrentes en la generación de muertos y lesionados.

Como bibliografía de apoyo, para cuantificar los objetivos de seguridad vial y poder establecer objetivos institucionales basados en indicadores de seguridad vial, se puede consultar la publicación del Consejo Europeo de Seguridad del Transporte (2001).

De la misma manera, al establecer los objetivos de seguridad vial se debe tomar en cuenta a todas las partes involucradas (gobiernos municipales, la policía, grupos no gubernamentales, compañías transportistas, etc.). Al hacer esto, se sentirán parte del proceso de mejora de seguridad vial, por lo que estarán más motivados a contribuir para alcanzar los objetivos fijados. Como ejemplo internacional tenemos a Suecia, que durante su segundo periodo de la Visión Cero lograron resultados favorables.

### **3.7 Formular una estrategia o un plan de acción**

Una vez que los objetivos de seguridad vial se han definido y las partes y organismos involucrados tienen sus responsabilidades asignadas, es posible formular un Plan de Acción. De acuerdo con Elvik (2008), el plan de acción debe:

- Estar balanceado en todas las áreas de acción (de acuerdo con los objetivos de seguridad vial).
- Priorizar los objetivos alcanzables, sin perder de vista los objetivos que exigen retos.
- Dar prioridad a las medidas con efectividad conocida y documentada.
- Considerar los costos y beneficios esperados.
- Ser realistas (tomar en cuenta las restricciones financieras).
- Tener una agenda con tiempos asignados.

Una herramienta bastante útil que provee información de manera gratuita para planes de seguridad es el Kit de Herramientas para la Seguridad (Road Safety Toolkit), el cual es un esfuerzo de colaboración entre Programa de Evaluación Internacional de Carreteras (iRAP), la Asociación Global de Conocimiento del Transporte (gTKP) y las Instalaciones de Seguridad Vial del Banco Mundial.

### **3.8 Asignar responsabilidades de las medidas a implantar**

La responsabilidad de cada uno de los indicadores y acciones a emprender como, por ejemplo: cumplimiento del límite de velocidad, uso del cinturón de seguridad, uso del asiento para niños, porcentaje de los vehículos con 5 estrellas en la escala NCAP, infraestructura vial segura y servicios de emergencia dentro de los X minutos de ocurrencia del accidente; así como el monitoreo del desempeño y el resultado de todo lo anterior debe ser asignado al respectivo organismo responsable.

Los organismos responsables deben recibir incentivos para garantizar su compromiso con los objetivos y se les debe otorgar la autoridad para decidir acerca de la mejor manera de alcanzarlos.

### **3.9 Asegurar la financiación de las medidas**

La asignación de recursos es crítica y debe ser parte del programa de seguridad vial. Los organismos responsables deben ser provistos de fondos suficientes para implementar medidas de seguridad vial rentables y lograr el máximo beneficio de los fondos, además de que deben estar vinculados a los objetivos específicos del programa. También, es imprescindible el seguimiento de la efectividad de las medidas financiadas, evitando el mal uso de los recursos.

Para garantizar la financiación del trabajo de seguridad vial hay varias fuentes posibles como, por ejemplo: impuesto sobre el combustible, impuestos de seguros y multas por infracciones de tránsito. Un ejemplo es el Fondo Belga de Seguridad Vial, el cual recibe dinero de las multas pagadas por infracciones de tránsito. Este fondo brinda apoyo financiero a los servicios policiales para acciones de seguridad vial (cumplimiento), mismos que se centran en: el exceso de velocidad, la conducción bajo el influjo de bebidas alcohólicas, el no portar los cinturones de seguridad, el inadecuado transporte de mercancías pesadas, el estacionamiento peligroso y comportamiento agresivo en el tránsito.

Otro ejemplo interesante es el Fondo Sueco de Matrículas personalizadas, el cual financia proyectos de seguridad vial. Este fondo fue establecido por la Administración Sueca de Carreteras (predecesora de la Administración de Transporte) en 1988. El dinero para el fondo proviene de las tarifas de matrículas personalizadas para automóviles de pasajeros. Actualmente hay alrededor de 14,000 placas personalizadas en Suecia.

## **3.10 Aplicar medidas de efectividad conocida y documentada**

Cuando se trata de medidas para mejorar la seguridad vial, es preferible aplicar aquellas con efectividad conocida. En este apartado mencionaremos las medidas probadas que pueden ser implementadas dentro de la infraestructura vial de acuerdo con su etapa de vida:

- Planeación
- Diseño
- Operación
- Mantenimiento y zonas de obra

En estas 4 etapas se considerarán las medidas que mejor desempeño ofrecen y que su efectividad ha sido documentada y comprobada por medio de diversos estudios (Elvik, Vaa, Hoye y Sorensen; 2009).

### **3.10.1 Medidas de mejora de la seguridad vial en la etapa de planeación**

En este punto se presentan las mejores prácticas en el sentido de incorporar las políticas de seguridad vial a la idea o concepto que se tiene del cómo planificar la construcción de la infraestructura.

Elvik y Vaa (2006) presentan 14 medidas que consideran de gran importancia para desarrollar escenarios en donde la seguridad vial sea una premisa en la etapa de planeación:

1. Medidas organizacionales
2. Información para toma de decisiones
3. Objetivos cuantificados y programas de acciones de seguridad vial
4. Programas de “Comunidades Seguras”
5. Control de la exposición
6. Planes de uso del territorio
7. Planes y construcción de carreteras
8. Auditorías de seguridad vial
9. Impuestos sobre los vehículos
10. Tasas por el uso de las vías
11. Cambios en la distribución modal de los desplazamientos
12. Legislación de tránsito
13. Regulación del transporte comercial
14. Organización de los servicios médicos

### **3.10.1.1 Medidas organizacionales**

La responsabilidad de desarrollar e implementar medidas de seguridad vial está normalmente dividida entre diversas agencias a nivel nacional, regional y local. Una excesiva división de estas responsabilidades puede dificultar la implementación de determinadas medidas de seguridad vial, según explica Elvik y Vaa (2006).

Los objetivos de las medidas organizacionales se resumen en asegurar recursos para conseguir el nivel de seguridad vial deseado. Dichos objetivos deben tener en cuenta las prioridades fijadas por las autoridades, así como garantizar la utilización efectiva de los recursos mediante una división apropiada de las tareas y las responsabilidades. Las medidas organizacionales deben garantizar que a las medidas de seguridad vial se les asigne la debida prioridad, y que esta no se vea amenazada ni por una hipotética falta de claridad en la distribución de las tareas entre las agencias públicas, ni por una inadecuada organización del trabajo, ni por responsabilidades sobre la seguridad vial poco definidas.

Es por esto que se recomiendan las siguientes medidas para poder incluir de mejor manera a la seguridad vial:

1. Reparto de competencias administrativas o públicas para la introducción de las medidas de seguridad vial.
2. Sistemas para la asignación de recursos para acciones de seguridad vial, incluyendo sistemas de incentivos dirigidos a las autoridades locales.
3. Definición de la responsabilidad de la puesta en marcha de medidas de seguridad vial y de la planificación de éstas.
4. Definición del alcance de la responsabilidad legal sobre el diseño y mantenimiento de las vialidades.

De esta manera, se hace evidente que los problemas de seguridad vial que más adelante se presenten no sean únicamente soportados por las agencias de salud, los pagos de los seguros y la pérdida de productividad por la disminución de los impuestos, sino que las mismas agencias que soportan las medidas de seguridad vial sean las que soportan el costo de los siniestros viales.

### **3.10.1.2 Información para toma de decisiones**

Elvik y Vaa (2006) explican que las decisiones concernientes al uso de las medidas de seguridad vial necesitan estar basadas en información acerca del número de siniestros viales, de cuándo y dónde suceden, de los grupos de usuarios de las vías que están afectados, de los factores que contribuyen a los siniestros y de las medidas que pueden tomarse para reducir el número de siniestros o la severidad de las lesiones.

El objetivo de la información para la toma de decisiones consiste en ofrecer a los responsables de dichas decisiones el mejor conocimiento posible sobre el número de siniestros viales, su tipología y los efectos y costos de las medidas de seguridad vial para, de este modo, evitar una asignación de prioridades no óptimamente efectiva.

La información para la toma de decisiones se entiende generalmente como la información disponible por el gobierno o por los técnicos que trabajan en seguridad vial sobre los siguientes asuntos:

1. El número y tipo de los siniestros viales.
2. Las medidas de seguridad vial y sus efectos, así como los resultados de investigación en seguridad vial.
3. Las normativas técnicas que afectan a las diversas medidas.
4. El costo de las mismas.
5. Los métodos formales para la priorización de las medidas.
6. Las actitudes del público o de los ciudadanos hacia las diferentes medidas.

De esta manera, se hace posible tener información de mayor calidad para la toma de decisiones, proporcionando a los encargados de tomar las decisiones:

1. Disponibilidad y calidad de los datos de siniestralidad vial.
2. Conocimiento sobre seguridad vial y prioridades o preferencias de medidas entre los responsables de la toma de decisiones a diferentes niveles.
3. Relación entre el conocimiento de los efectos de las medidas y las actitudes hacia el uso de las mismas.
4. Conocimiento de los responsables de la toma de decisiones sobre las actitudes del público general hacia las medidas de seguridad vial.
5. Uso de métodos formales por parte de los responsables de la toma de decisiones para la priorización de medidas.

### **3.10.1.3 Objetivos cuantificados y programas de acciones de seguridad vial**

El número actual de siniestros viales, y de víctimas que se producen como resultado de los mismos, es considerado totalmente inaceptable por los gobiernos de la mayoría de los países. Como consecuencia, cada vez es más frecuente que los gobiernos fijen objetivos cuantificados de mejora en seguridad vial, en concreto de cara a la reducción del número de fallecidos en siniestros viales. Muchos son los países en Europa, al igual que sucede en Australia y Nueva Zelanda, que han fijado objetivos cuantificados de seguridad vial y que han desarrollado programas de seguridad vial enfocados a alcanzarlos.

Antes de que dichos objetivos fueran concretados y de que los programas de seguridad asociados a aquellos se aprobaran, la mayoría de estos países únicamente disponían de formulaciones cualitativas de los objetivos del tipo, por

ejemplo, “continuar mejorando la seguridad vial”. Estas formulaciones genéricas de objetivos no indicaban en cuánto se tenía que mejorar la seguridad vial o en qué tiempo tenía que conseguirse dicha mejora. La idea que subyace bajo un objetivo cuantificado de seguridad vial es el fortalecimiento del compromiso de mejora de la seguridad vial. Dicho fortalecimiento se consigue mediante la externalización en términos claros de la mejora a la que se aspira dentro de un determinado periodo. Un programa con objetivos facilitará la valoración e introducción de aquellas medidas de seguridad vial que sean precisas para que se puedan alcanzar los objetivos planteados.

Algunos países se han fijado objetivos en términos de número de fallecidos y el año en el que se planea alcanzar dicho objetivo. En la Tabla 3.3 se muestran los objetivos cuantificados de seguridad vial de diversos países.

**Tabla 3.3 Reducción de muertes en países con programas de seguridad vial.**

País	Año de referencia	Año en el que debe alcanzarse el objetivo	Objetivo de reducción del número de fallecidos
Australia	1997	2005	-10%
Austria	1998-2000	2010	-50%
Canadá	1991-1996	2008-2010	-30%
Dinamarca	1998	2012	-40%
Estados Unidos	1996	2008	-20%
Finlandia	2000	2010	-37%
Finlandia	2000	2025	-75%
Francia	1997	2002	-50%
Grecia	2000	2005	-20%
Grecia	2000	2015	-40%
Holanda	1998	2010	-30%
Irlanda	1997	2002	-20%
Italia	1998-2000	2010	-40%
Nueva Zelanda	1999	2010	-42%
Polonia	1997-1999	2010	-43%
Reino Unido	1994-98	2010	-40%
Suecia	1996	2007	-50%
Unión Europea	2000	2010	-50%

La mayoría de los países que están dentro de la Unión Europea han propuesto objetivos de seguridad vial. Desgraciadamente, existen diversos países que todavía carecen de objetivos cuantificados a nivel nacional.

En aquellos países en donde se han implantado programas de seguridad vial se ha logrado reducir el número de víctimas mortales mediante la introducción de medidas cuyos beneficios superen a los costos (Elvik y Amundsen, 2000; Elvik, 2001B).

#### **3.10.1.4 Programas de Comunidades Seguras**

Uno de los problemas habituales en las iniciativas de prevención de siniestros viales y lesiones es la falta de motivación. Las razones más frecuentes por las que la gente no desea implicarse en la prevención de los siniestros viales es debido a que no suelen ser considerados como un problema grave o porque no se piensa que merezca la pena trabajar en su prevención (Hoff, 1996). El éxito en la prevención de la siniestralidad vial es, por lo tanto, muy variable. Sin embargo, pueden presentarse diversos ejemplos ilustrativos de cómo es posible en la práctica tener éxito, estos ejemplos pueden, a su vez, motivar a otras entidades.

Una condición necesaria para tener éxito en la prevención de siniestros viales es que las personas sean conocedoras del número real de siniestros, que sepan a quiénes afectan y que conozcan las circunstancias que los rodean. Las estadísticas de siniestralidad vial disponibles ofrecen a menudo una imagen incompleta del problema. Asimismo, la responsabilidad de la prevención de los siniestros viales está repartida entre muchas instituciones. Ninguna agencia acapara toda la responsabilidad en la prevención de siniestros.

Con la finalidad de mostrar ejemplos a seguir en la prevención de siniestros viales a nivel local, la Organización Mundial de Salud lanzó el concepto de “Comunidades Seguras” (Hoff, 1996). Para ser designada como una comunidad segura, las comunidades locales deberían cumplir varios criterios relativos a la prevención de la siniestralidad vial.

Los programas locales de seguridad vial están diseñados para crear una base para la prevención de siniestros viales mediante la recogida y diseminación de ejemplos a seguir sobre cómo dicho trabajo puede ser organizado para reducir el número de personas lesionadas en aquellas sociedades o comunidades en donde los programas son implementados.

Los programas de comunidades seguras constituyen programas para la prevención sistémica de la siniestralidad vial. A continuación, se mencionan los pasos de dichos programas:

1. Se produce una recopilación sistémica de datos de siniestros viales sucedidos en las comunidades durante un plazo de tiempo determinado. Normalmente son los hospitales, u otras instituciones relacionadas con la salud pública, los responsables de dicha recolección de datos.

2. Sobre la base de los datos de siniestralidad vial se identifican los problemas dominantes en la accidentalidad en el seno de la comunidad local. La información sobre dichos problemas se publica en los medios de comunicación locales.

3. Se crea un comité asesor para la prevención de siniestros viales en la comunidad local, con la participación de todos aquellos grupos o individuos previsiblemente capaces de contribuir a la prevención de dichos siniestros. Normalmente se incorporan a este grupo la municipalidad (los funcionarios y los políticos), las escuelas, los servicios de salud, la policía, los bomberos, los representantes del comercio y de la industria local, así como las diversas organizaciones voluntarias implicadas en la prevención de siniestros viales.

4. Se acuerda un objetivo para la reducción de la siniestralidad vial que deba ser alcanzado en un cierto periodo de tiempo, por ejemplo, en los siguientes 2 o 3 años. Se diseña un conjunto de medidas encaminadas a alcanzar dicho objetivo y se asume que todo el comité asesor para la prevención de siniestros viales apoya tanto el programa de medidas como el objetivo.

5. El programa de seguridad se implementa. Durante todo el proceso de implementación se hace un seguimiento de los cambios en el número de siniestros viales y lesiones, y se informa a todos los participantes en el programa de la evolución y de los avances en el mismo.

6. Cuando se ha finalizado la implementación del programa de seguridad, se estudian sus efectos en el número de siniestros viales sucedidos en la comunidad. Los resultados se publican y, sobre su base, se pueden sugerir o realizar cambios tanto en los objetivos de reducción de siniestros como en el propio programa de seguridad.

Se han introducido programas de prevención con estos elementos en numerosas comunidades locales, en Noruega y en otros países. Los programas se han dirigido tanto hacia la prevención de los siniestros viales como hacia otros tipos de accidentes.

### **3.10.1.5 Control de la exposición**

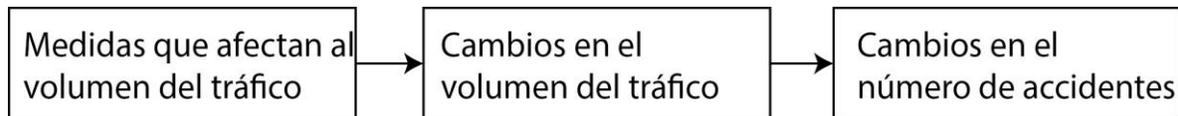
El factor que por sí solo tiene una mayor influencia en el número de siniestros viales es el volumen de tránsito. Esto se aplica tanto a corto como a largo plazo. Cuanto mayor es el tránsito, mayor es el número de siniestros que pueden esperarse, siempre que las demás condiciones no varíen.

Diversos estudios realizados en los países nórdicos (Fridstrøm et al., 1993, 1995) indican que la variación en el volumen de tránsito, medida a partir del consumo de combustible, explica el 65% y el 75% de la variación en el número de siniestros viales. Estos mismos estudios encontraron que el número de siniestros con víctimas se incrementa de modo aproximadamente proporcional a la cantidad de

tránsito, siempre que el resto de factores no experimente variaciones. Por lo tanto, limitar la cantidad de tránsito puede afectar al número de siniestros viales más que cualquier otra medida.

Un principio básico de la política de transportes es que tanto el público general como el comercio y la industria tienen el derecho a decidir cuándo, dónde, cómo y en qué medida desean viajar o transportar mercancías. Sin embargo, el volumen de tránsito puede ser influido mediante otros instrumentos de política que no coarten la libertad de elección sobre los modos de transporte y sobre la cantidad de desplazamientos. La medida de seguridad vial consiste entonces en limitar o reducir la cantidad de tránsito con el objetivo de reducir el número de siniestros viales.

De acuerdo con Elvik y Vaa (2006), la relación causal del control de la exposición y el número de siniestros viales es indirecta. Para cuantificar el efecto sobre el número de siniestros de las medidas que afectan al volumen de tránsito es importante conocer tanto el efecto de las medidas en el volumen de tránsito como la relación entre dicho volumen y el número de siniestros viales, como se muestra en la Figura 3.5.



**Figura 3.5 Variación sobre el número de siniestros viales de acuerdo a las medidas que se implementen sobre el volumen de tránsito.**

Los autores antes mencionados explican que, si se eliminaran todos los impuestos existentes actualmente en Noruega sobre la compra, posesión y uso de los vehículos de motor, y no se aumentara ninguna otra tasa o impuesto, el número de kilómetros recorridos se incrementaría en aproximadamente un 35 – 40%. El número de siniestros viales con víctimas crecería entonces en cerca de un 33%. El cierre de calles locales al tránsito de paso, como parte de la pacificación del tránsito, ha demostrado que reduce el volumen de tránsito en aproximadamente un 30% y el número de siniestros en cerca de un 25%.

Como es de esperarse, estas medidas afectan la movilidad de dos diferentes maneras. La primera implica que como es menor el número de vehículos que circulan por las vialidades, el resto del tránsito se mejora, especialmente en vialidades con problemas de congestión. Cuando estos problemas son graves, los beneficios de la mejora de la movilidad del tránsito restante son generalmente mayores que la pérdida del beneficio del tránsito que se ha eliminado. La segunda medida implica que la pérdida de cierta cantidad de tránsito representa una pérdida de beneficio para aquel tránsito eliminado. Si los viajes en auto se transforman en desplazamientos por transporte público, la movilidad de un individuo se puede mantener en cierta medida, al menos en aquellas áreas con

una oferta excepcional en materia de transporte público, sin embargo, el tiempo de desplazamiento de puerta a puerta para una ruta determinada podría aumentar.

### **3.10.1.6 Planes de uso del territorio**

Aquellos desarrollos de grandes áreas urbanas que no cuenten con el debido direccionamiento a largo plazo del uso del territorio pueden conducir a un gran volumen de tránsito innecesario o a un sistema de tránsito complicado y peligroso. Si el resto de condiciones no varía, el número de siniestros viales con víctimas aumenta de modo aproximadamente proporcional al número de kilómetros recorridos (Fridstrom et al., 1993, 1995). Un centro generador – atractor de viajes que provoca un considerable tránsito introduce, por consiguiente, más siniestros que un centro que generase menos circulación.

En las áreas urbanas, el riesgo de accidente con víctimas por kilómetro recorrido es mayor que en las zonas rurales (Elvik y Muskaug, 1994). Un aumento en el tamaño de las zonas urbanas puede por ello incrementar la tasa de siniestros viales. Un estudio noruego sobre los cambios en el uso del territorio entre 1955 y 1992 en las ciudades de: Oslo, Bergen, Trondheim, Fredrikstad y Sarpsborg (Engebretsen, 1993) encontró que el tamaño de las áreas urbanas creció en dicho periodo más rápido que la población. Otro estudio sobre 21 ciudades en Noruega concluyó que el espacio urbano por habitante se incrementó desde 450 m<sup>2</sup> en 1970 hasta 554 m<sup>2</sup> en 1990 (Larsen y Saglie, 1995). Ello se ha traducido en mayores distancias entre los diferentes destinos y en un aumento de la necesidad de transporte para la realización de las rutinas diarias.

Los objetivos de la planificación del uso del territorio como medida de seguridad vial son:

- Ubicar las carreteras, las zonas residenciales, los lugares de trabajo y las industrias de modo que se minimicen tanto el volumen del tránsito como las distancias recorridas.
- Crear una red vial que diferencie entre vías de acceso y vías de paso, que garantice que el volumen de tránsito en las calles de acceso sea el menor posible.
- Diseñar cada vía o carretera de modo que su tasa de siniestralidad sea baja.
- Conseguir un sistema de tránsito sencillo y fácilmente comprensible por todos los usuarios de las vías.

### **3.10.1.7 Planes y construcción de vías**

Para garantizar un elevado nivel de seguridad, la planificación de las vialidades debe basarse en el mejor conocimiento disponible sobre los efectos del diseño en la seguridad vial. Los planes viales, como medida de seguridad vial, deberían:

- Situar las vialidades y las industrias de modo que el volumen de tránsito sea el menor posible.
- Establecer una jerarquía de vías que consiga segregar el tránsito de acuerdo con sus diferentes características y necesidades.
- Diseñar vialidades de modo que cuenten con el más alto nivel de seguridad posible.
- Garantizar antes de la apertura de las vías la inexistencia de riesgos viales fácilmente evitables.
- Identificar los lugares en donde se necesiten medidas especiales de seguridad y se introduzcan en ellos las acciones correctoras o preventivas precisas.

### **3.10.1.8 Auditorías de seguridad vial**

Las auditorías de seguridad vial tienen como objetivo detectar defectos en las vialidades o en los sistemas de control y regulación del tránsito para asegurar que no existan riesgos para los usuarios.

### **3.10.1.9 Impuestos sobre los vehículos a motor**

La utilización de un vehículo a motor genera una serie de costos para la sociedad en general. Éstos incluyen la construcción y mantenimiento de las vías públicas, el control del tránsito, la supervisión policial, los costos de los siniestros viales, los costos medioambientales, los costos derivados del tiempo invertido en los desplazamientos y los costos de congestión.

La periodicidad con la que se utilizan los vehículos a motor está influenciada por el precio que han de pagar los usuarios a la hora de adquirir, mantener y utilizar sus vehículos (Fridstrøm y Rand, 1993). La cantidad de tránsito, y como consecuencia el número de vehículos, puede consecuentemente ser afectado por cambios en la presión y naturaleza de los impuestos sobre los vehículos.

Muchos de los costos por poseer y utilizar un vehículo a motor son cubiertos por los usuarios a través de costos directos. Sin embargo, una gran parte de los costos derivados de los problemas medioambientales y de los siniestros viales infligidos por el tránsito son pagados por la sociedad, lo que equivale a decir que no son soportados por los mismos agentes que los provocan. La gran mayoría de los costos provocados por los embotellamientos también son externos.

Una de las preguntas que se ha debatido en numerosas ocasiones es si los usuarios de los vehículos a motor cubren la totalidad de los costos que el uso de los automóviles genera en la sociedad, mediante el pago de impuestos sobre la compra, la posesión y el uso de los vehículos. Si los costos externos no están cubiertos por dichos impuestos, se deduce que la sociedad está dando un subsidio al uso de los vehículos particulares.

En principio, sería posible influir en el número de siniestros viales mediante un aumento en los impuestos sobre la adquisición, tenencia y uso de los vehículos a motor. Los posibles objetivos de los sistemas impositivos sobre los vehículos incluyen:

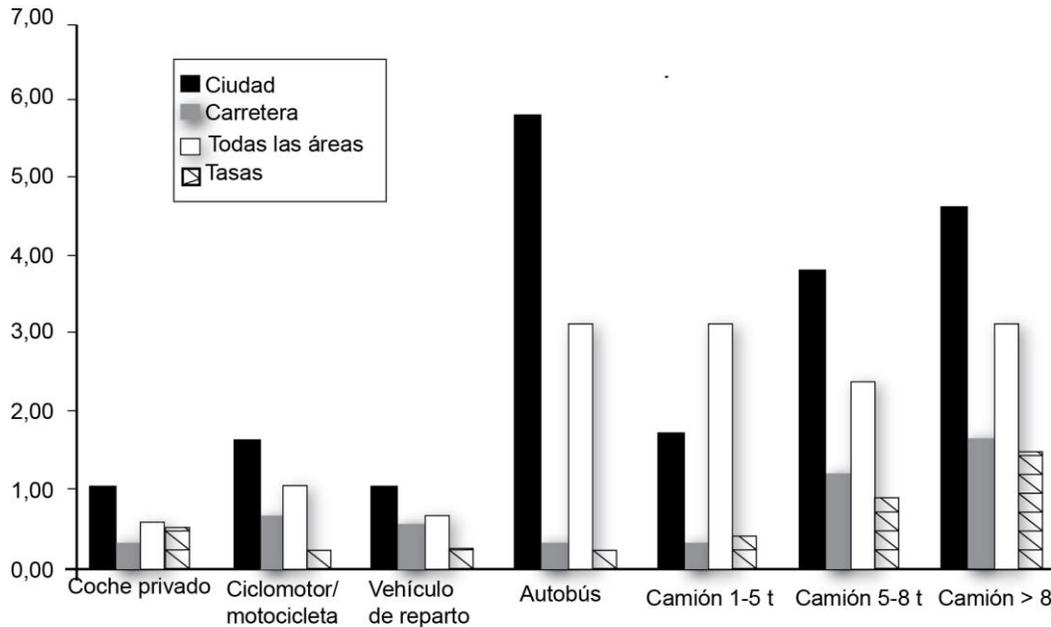
1. La gestión de la demanda de desplazamientos. Esto puede conseguirse tanto influyendo sobre el número de vehículos adquiridos como sobre la distancia recorrida por cada vehículo.
2. Límites al número y uso de vehículos con un nivel de riesgo particularmente elevado. Esto puede conseguirse imponiendo impuestos especialmente elevados sobre estos vehículos.
3. Promoción de una composición de la flota de vehículos que sea lo más segura posible en cuanto a edad, tamaño o cualquier otra característica que pueda alterar el número de siniestros viales o lesiones. Este objetivo puede conseguirse con una adecuada graduación de los niveles fiscales que esté diseñada tomando en consideración precisamente aquellas características sobre las que se desea influir.
4. Promoción del uso de sistemas de seguridad no obligatorios, y que por consiguiente no forman parte del equipamiento de serie de ciertos vehículos. Esto puede conseguirse ofreciendo incentivos o descuentos fiscales para dicho equipamiento.

### **3.10.1.10 Costos por el uso de las vías**

Los costos para la sociedad del uso de los vehículos a motor varían considerablemente entre los diferentes tipos de vías y condiciones de circulación. En carreteras con poco tránsito que discurren por zonas despobladas son relativamente pequeños los efectos externos derivados de la circulación de vehículos, en concreto los efectos de los siniestros viales, del ruido, de la contaminación, del uso inadecuado del territorio y de las barreras urbanas que pueden dificultar los desplazamientos locales. Por otro lado, en las vialidades principales de las grandes poblaciones por las que circula un tránsito denso durante las horas punta los efectos externos son considerablemente mayores, como lo son los embotellamientos de tránsito, los cuales infligen grandes costos a todos los usuarios de las vías.

Eriksen y Hovi (1995) estimaron los costos externos de los desplazamientos por caminos en Noruega para diferentes tipos de vehículos. Se diferencié entre áreas urbanas y rurales. Los costos incluidos en las estimaciones fueron los costos asociados a: el desgaste y mantenimiento de las carreteras, los siniestros viales, el ruido, las emisiones de gases contaminantes, polvo y partículas. La Figura 3.6 muestra los resultados de los cálculos para: coches privados (coches que utilizan gasolina), ciclomotores y motocicletas, autobuses, camionetas y camiones. La Figura 3.6 indica los costos externos marginales por kilómetro recorrido tanto en zona urbana como en áreas rurales, además de la media de ambos. También se incluyen en la citada figura aquellos impuestos proporcionales a la distancia recorrida, expresados como costos por kilómetro recorrido.

La Figura 3.6 muestra cómo los costos externos por kilómetro recorrido en Noruega y para todos los tipos de vehículos son mayores en las ciudades que en las zonas rurales. Por otro lado, la media de los costos externos es mayor para todos los tipos de vehículos que los impuestos pagados por el uso de dichos vehículos. Adicionalmente, durante las horas punta en las ciudades de mayor tamaño los costos externos de congestión, los cuales no se han incluido en la Figura 3.6, son considerables. Por ejemplo, los costos de congestión en Oslo durante las horas punta alcanzan una magnitud cercana a 1 – 2 coronas noruegas por kilómetro recorrido (Grue, Larsen, Rekdal y Tretvik, 1997).



**Figura 3.6 Costos marginales por kilómetro recorrido para las diferentes formas de transporte en Noruega (coronas Noruegas 1995).**

Los costos por el uso de las vías hacen posible repercutir sobre los usuarios de las mismas todos los costos externos que soporta la sociedad. Estos costos representan un pago por el uso de las vías públicas basado en los costos por kilómetro recorrido y en la intensidad de utilización de las vías. El objetivo de los

costos por el uso de las vías es garantizar que sus usuarios tomen sus propias decisiones sobre la base de la mejor información disponible en relación con los costos sociales que conllevan sus elecciones.

Los costos por el uso de las vías no están concebidos como una medida principalmente de seguridad vial. Como norma general, los costos se consideran una medida de control del tránsito diseñada para reducirlo en horas punta o para distribuir la circulación a lo largo del día de modo más uniforme (Newbery, 1990; Winston, 1991; Jones y Hervik, 1992; Jansson, 1994; Lindberg, 1994; Verhoef, 1994; Bergan y Wæmess, 1995; Larsen y Minken, 1995; Mayeres, Ochelen y Proost, 1996; Meland 1996). La justificación de aplicar costos por la utilización de las vías considera inviable aumentar la capacidad de las vías en las grandes ciudades hasta el punto en que desaparezcan completamente las retenciones de tránsito.

Aquí, el concepto de costos por el uso de las vías se utilizará en un sentido amplio para incluir todas las formas de pago directo que realizan los usuarios por el uso de las vías públicas, sea cual sea el objetivo del costo.

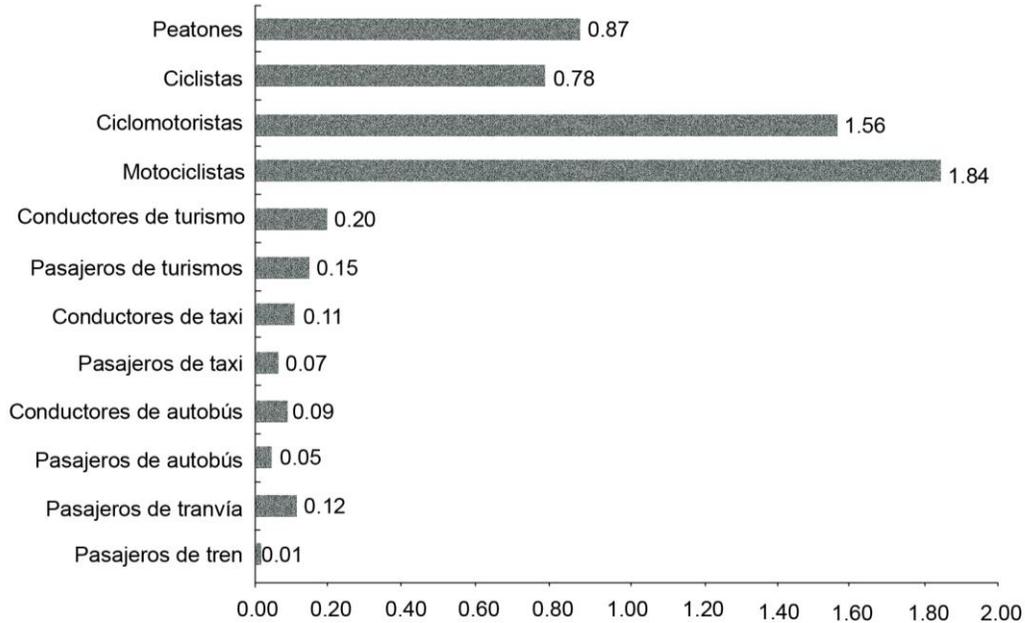
### **3.10.1.11 Cambios en la distribución modal de los desplazamientos**

El riesgo de lesión varía considerablemente entre las diferentes formas de transporte. La Figura 3.7 muestra el riesgo estimado de sufrir una lesión como peatón, conductor o pasajero de diferentes medios de transporte en Noruega al inicio de los años 90. El riesgo está expresado en términos del número de personas lesionadas por millón de persona-kilómetros y está basado en las estadísticas oficiales de siniestros viales (Elvik, 1996).

La Figura 3.7 muestra como todas las formas de transporte individual implican un riesgo de lesiones superior al riesgo asociado al transporte público o colectivo. El riesgo de lesiones es particularmente elevado en el caso de los peatones, los ciclistas y los ocupantes de ciclomotores o motocicletas.

En este caso, las medidas que otros países han utilizado para distribuir el modo en que se realizan los desplazamientos es:

- Cambios en la oferta de transporte público.
- Cambios del modo principal de transporte en los desplazamientos de una determinada longitud.
- Tasas de siniestros viales en carreteras y calles con y sin transporte público.
- Medidas que pueden influir en la demanda de transporte público.



**Figura 3.7 Personas lesionadas por millón de persona-kilómetros recorridos.**

### 3.10.1.12 Legislación de tránsito

El comportamiento de los usuarios es un elemento de la máxima importancia para la seguridad vial. De cara a conseguir un comportamiento lo más predecible y seguro posible, el gobierno prepara diferentes leyes con el objetivo de regular el comportamiento del tránsito. Con ello se pretende que todos los usuarios, cuando cumplan con las normas, se desplacen del modo más seguro. Con el objetivo de conseguir que las normas se obedezcan, la policía controla su cumplimiento. Las infracciones a las normas pueden ser sancionadas con multas o con penas de privación de libertad, además de la revocación del permiso de conducción.

El número de siniestros viales no depende únicamente del comportamiento de los usuarios. El diseño del sistema del tránsito también influye en la seguridad. El diseño de los vehículos, de las vías y de los sistemas de control o regulación del tránsito son otros de los factores que influyen en el comportamiento de los usuarios. A la hora de garantizar que se cumplan las reglas y normas de circulación dirigidas a los usuarios, resulta importante que el resto de los elementos del sistema estén adaptados para ello. Así pues, la legislación sobre la circulación vial incluye también las normas técnicas de diseño de las vías, los elementos de control o regulación del tránsito y los vehículos.

La legislación de tránsito pretende reducir el número de siniestros viales a través de la prohibición de los comportamientos particularmente peligrosos y mediante la regulación de la conducta de los usuarios, de modo que dicho comportamiento sea homogéneo y predecible.

Existen estudios que muestran como los conductores que han sido sancionados por un gran número de infracciones tienen una tasa de siniestros viales mayores que la tasa correspondiente a los conductores que han cometido un número reducido de infracciones o que no han cometido ninguna. Tanto la probabilidad de ser sancionado como la tasa de siniestros están directamente relacionadas con la distancia anual recorrida por cada conductor, por lo que es importante tenerla en cuenta a la hora de estudiar la relación entre el número de infracciones de tránsito y la tasa de siniestralidad vial. Por ello es de suma importancia destinar recursos específicamente a que las normas sean cabalmente cumplidas.

### **3.10.1.13 Regulación del transporte comercial**

Se estima que entre 10 y 15% del tránsito que circula por las vías públicas de Noruega es transporte comercial (Rideng, 1996). El transporte comercial se realiza a menudo utilizando vehículos pesados y de grandes dimensiones, utilizando para ello autobuses o camiones articulados. El tiempo que se necesita para realizar el transporte afecta directamente a los beneficios de la industria del transporte. La combinación de la presión por ahorrar tiempo y del mayor peso de los vehículos comerciales sugiere que el transporte comercial puede representar un riesgo particular. Debido a ello, en países como Noruega el gobierno ha venido regulando el transporte comercial desde 1940.

La normativa está basada en una regla básica: para comenzar un negocio de transporte es preciso conseguir un permiso formal (o autorización administrativa) del gobierno. Para obtener dicho permiso el propietario del negocio debe satisfacer un cierto número de condiciones específicas. En Noruega, el transporte comercial está regulado por la Ley de Transportes y Comunicaciones de 1976. Esta ley afecta a todo el transporte comercial, es decir, a vehículos de alquiler, taxis, autobuses y transporte comercial de mercancías.

Desarrollos similares han ocurrido en otros países, incluyendo Suecia (Kristiansen, 1996), Gran Bretaña (Evans, 1994), Canadá (Withers, 1989), los Estados Unidos (Moses y Savage, 1989) y Nueva Zelanda (Frith y Derby, 1986).

En términos generales, se puede realizar una distinción entre los siguientes tipos de cambios en la legislación sobre transporte comercial:

1. Regulación: introducción de normativas en áreas o países en donde los operadores de transporte gestionaban sus negocios con total libertad (o no estaban directamente regulados).
2. Liberalización: introducción de normativas menos estrictas, si bien manteniéndose los requisitos básicos para la obtención de autorizaciones.
3. Introducción de competencia: creación de concursos para la asignación de permisos o autorizaciones administrativas para el transporte de mercancías y pasajeros.

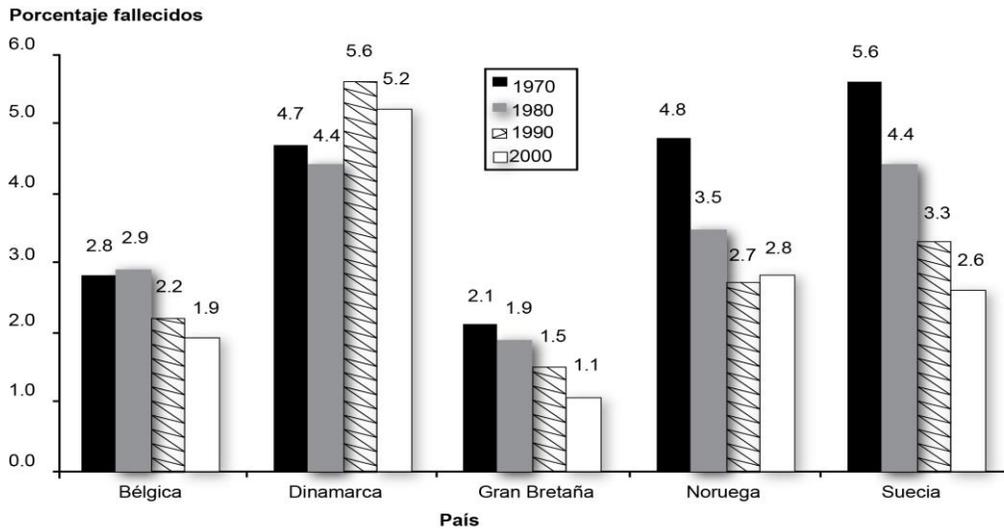
4. Desregulación: eliminación de todas las restricciones para el inicio de actividades de transporte.

Los cambios legales introducidos en Noruega a partir de 1979 son una combinación de liberalización, de introducción de competencia (en forma de concursos públicos para la asignación de permisos para el transporte local) y de desregulación.

Aquellos que operan compañías de transporte comercial están sujetos en cualquier caso a diversas normativas oficiales, entre las que se incluye la normativa sobre tiempos de conducción y descanso y la normativa relativa a las inspecciones técnicas de los vehículos. La desregulación únicamente se refiere a que las autoridades no regulan ni el número de personas o compañías trabajando en el sector ni el tipo de competencia entre ellas.

### 3.10.1.14 Organización de los servicios médicos

Son diversos los factores que afectan al resultado final de los siniestros viales en lo que hace referencia a la gravedad de las lesiones. Uno de estos factores es la organización de los servicios médicos. Cuanto más rápidamente recibe un lesionado la primera asistencia o el primer tratamiento médico, mayores son las posibilidades tanto de supervivencia como de recuperación total de las lesiones. En el curso de los últimos 20 – 30 años, la organización y el tiempo de llegada de los servicios médicos han mejorado en muchos países motorizados.



**Figura 3.8 Cambios en el porcentaje de fallecidos por siniestros viales en diferentes países (1970 – 2000).**

La Figura 3.8 muestra, para varios países, los cambios entre 1970 y 2000 en el porcentaje de víctimas que resultaron fallecidas en siniestros viales. En Gran Bretaña, por ejemplo, este porcentaje era del 2,1 % en 1970 y se redujo al 1,1 %

en el año 2000. Un patrón similar puede verse en la mayoría de los países incluidos en la gráfica.

Se ha sugerido que la reducción en la proporción de las víctimas de siniestros de circulación que resultan fallecidas (relación entre el número de fallecidos y el número total de víctimas) se puede atribuir, al menos en parte, a una mejora en la organización y respuesta de los servicios médicos de emergencias.

La organización de los servicios médicos incluye:

- La llegada de la primera asistencia y el transporte por ambulancia.
- El tratamiento recibido por las víctimas en los hospitales u otras instituciones médicas.
- La rehabilitación de las lesiones que requieran tratamiento a largo plazo y la recuperación final de los afectados.

El objetivo de los servicios médicos es garantizar una rápida asistencia y traslado de las víctimas a un centro médico para el tratamiento de sus lesiones (hospital o similar) en caso de un siniestro vial, así como maximizar la probabilidad de supervivencia y de recuperación sin secuelas gracias al tratamiento adecuado de sus lesiones.

### **3.10.2 Medidas de seguridad vial en la etapa de diseño**

La seguridad vial se incrementa significativamente al aumentar el estándar de proyecto geométrico, es por ello que las autopistas son cuando menos cuatro veces más seguras que una carretera común. Sin embargo, cabe mencionar que apearse a los estándares de las normas que aplican en cada país no asegura un diseño seguro debido a que éstos han sido desarrollados gradualmente a medida que el creciente tránsito de vehículos ha hecho precisa la planificación de mejores vías. El conocimiento de los efectos del diseño de las vialidades sobre la seguridad es, como se podría esperar, incompleto, sin embargo, se conocen algunos efectos sobre la seguridad vial de diversas características particulares. Por ejemplo, el aumento en el ancho de las vías reduce el número de siniestros viales con víctimas en las carreteras interurbanas, pero puede provocar un aumento de los siniestros en las zonas urbanas. Asimismo, en las vialidades urbanas con banquetas se producen menos siniestros viales que en las vialidades sin banquetas.

Por otro lado, los estándares de características geométricas (trazado) incluyen diversos elementos que pueden ser combinados entre sí para formar un indicador general de la calidad del alineamiento o trazado de la vía. Las vialidades con un buen trazado tienen aproximadamente 25% menos siniestros viales que las que tienen un trazado deficiente.

En términos generales, el mayor estándar geométrico para una carretera corresponde a una velocidad de proyecto elevada, un control total de acceso a propiedades aledañas, zonas laterales benignas, rampas de entrada y salida en intersecciones a desnivel y sentidos opuestos de tránsito separados por una mediana. Se recomienda diseñar para la velocidad más alta razonable, por ejemplo, la del percentil 85, para cubrir con los niveles deseados de seguridad, movilidad y eficiencia, considerando también la estabilidad de los vehículos en las curvas, de ahí que para un vehículo y curva dados la variable fundamental sea la velocidad. Por ejemplo, entre menor sea el radio de una curva más difícil será maniobrar el vehículo, si no se diseña correctamente los conductores tienden a invadir uno o varios carriles para poder girar.

Actualmente existen muchas curvas que fueron diseñadas con velocidades menores a la velocidad de operación actual, registrándose un amplio porcentaje de siniestros viales por año. Además, la frecuencia de siniestros aumenta rápidamente con la densidad de accesos.

Por esto, siempre que sea posible es necesario diseñar con altos estándares y, cuando no es factible, se pueden aplicar medidas para mejorar la seguridad vial. En las siguientes líneas se darán algunas recomendaciones para lograr dicho fin.

### **3.10.2.1 Proyecto geométrico**

Resulta una práctica frecuente que se entienda por modernización de un camino la adición de carriles o cuerpos, sin actualizar las condiciones geométricas para las velocidades reales de circulación, lo que frecuentemente resulta una fuente de problemas de siniestralidad.

De acuerdo con (Mendoza, Quintero y Mayoral, 2002), los radios mínimos especificados para las velocidades de proyecto consideradas por la normativa de *Proyecto Geométrico de Carreteras de 1984* (SCT, 1984) vigentes para caminos tipo A, son generadores de siniestros viales. La única velocidad de proyecto que conduce a la construcción de autopistas seguras, para las velocidades actuales de circulación, corresponde a 110 km/h, ya que para ella se especifican curvas con radio mínimo de 458.37 metros de acuerdo con el *Manual de proyecto geométrico de carreteras 2018* (SCT, 2018).

Las recomendaciones a seguir para un proyecto geométrico con alto estándar de calidad son las siguientes:

- Evitar una geometría irregular en un sólo trayecto, con curvas horizontales aisladas que restrinjan repentinamente la velocidad de operación.
- Construir terceros carriles de ascenso para permitir el rebase de vehículos pesados.
- Diseño adecuado o emplazamiento de intersecciones a desnivel.

- Evitar la presencia de curvas verticales sucesivas con largas restricciones de rebase.
- Proporcionar rampas de emergencia para detener vehículos fuera de control, en carreteras con pendientes fuertes y prolongadas.
- Correspondencia entre la geometría del camino y la estructura de pavimento y superficie de rodamiento proporcionadas.
- Proporcionar una “zona despejada”, definida como el área adyacente a los caminos, la cual debe mantenerse libre de peligros laterales como: postes, árboles y arbustos con troncos mayores a 0.1 m, muros de obras de drenaje, taludes pronunciados (mayores a 4:1) y otros objetos fijos, o condiciones que representen un peligro. El ancho de esta zona debe ser consistente con el diseño geométrico, velocidad de operación, composición vehicular y nivel de tránsito.

### **3.10.2.2 Diseño de la vía y equipamiento**

Para algunas medidas de mejora, incluidas las mejoras de la sección transversal, de la alineación, las distancias de visibilidad e iluminación, existe una clara relación llamada dosis – respuesta. Esto significa que cuanto mayor sea la dosis de la medida que se implementa, mayor será el cambio en el número de siniestros viales. Por ejemplo, una mejora importante en la iluminación de una carretera reduce el número de siniestros en la oscuridad más que una mejora menor.

Las medidas que se han encontrado para reducir el número de siniestros viales incluyen: autopistas, libramientos, cruces a desnivel, canalización de cruces, rotondas, barreras, amortiguadores de impacto e iluminación.

Las barreras y los amortiguadores de impacto son efectivos en el control de lesiones, reduciendo el número de siniestros con lesiones, pero no siempre el número de siniestros con daños a la propiedad. Para una serie de medidas, el efecto varía sustancialmente, dependiendo del diseño y las condiciones del sitio. Por ejemplo, ciertas formas de canalización de intersecciones reducen el número de siniestros, pero no todas las formas de canalización lo hacen. Asimismo, las rotondas reducen el número de siniestros con lesionados, pero parecen conducir a más daños a la propiedad.

La mejora de la sección transversal y la alineación de las carreteras pueden reducir la cantidad de siniestros viales; sin embargo, los efectos son complejos y dependen, entre otras cosas, del estándar de la carretera, la consistencia de las propiedades geométricas y los efectos sobre la velocidad. Por lo tanto, es difícil establecer relaciones simples entre propiedades geométricas aisladas de carreteras y su siniestralidad. Las combinaciones de las propiedades geométricas son en su mayoría más importantes para evitar los siniestros viales.

### 1 Carril para bicicletas

Los ciclistas corren un gran riesgo al ser embestidos por un automóvil, por lo cual, muchos ciclistas se sienten inseguros transitando sobre todo en vías mixtas. Las medidas que se pueden tomar incluyen instalaciones que representan distintos grados de separación del tránsito motorizado.



Fuente: Prensa de Zaragoza, España.

**Figura 3.9 Carril Bici en la Calle Miguel Servet de Zaragoza.**

Los carriles para bicicletas son un espacio protegido en la calzada, separados del tránsito motorizado por medio de marcas viales, tal como aparece en la Figura 3.9. Por otro lado, las pistas para bicicletas (o las rutas para bicicletas) son espacios que están físicamente separados de la calzada vehicular, por ejemplo, por césped o una zanja. Otro tipo de infraestructura son las pistas para caminar y andar en bicicleta, estos son caminos compartidos entre peatones y ciclistas que están físicamente separadas de la calzada vehicular.

### 2 Autopistas

Las carreteras existentes fueron diseñadas para un menor tránsito del que tenemos actualmente, lo que ocasiona numerosos siniestros viales. La demanda de menor tiempo de viaje y bajos costos de transporte genera una gran cantidad de tránsito a altas velocidades, lo cual repercute en la siniestralidad vial.

Por su parte, las autopistas están diseñadas para tránsito vehicular que circula a alta velocidad con los más bajos números de siniestralidad (carreteras autoexplicativas y perdonadoras). Existen diferentes definiciones de autopistas en diversos países, pero en su mayor parte, las autopistas son carreteras para el tránsito de vehículos de motor únicamente, que separan sus sentidos de

circulación y no tienen intersecciones a nivel. La mayoría de las autopistas tienen más de un carril por sentido. El límite de velocidad suele ser de 90, 100 o 110 km/h, y algunas veces (por ejemplo, en Alemania, Figura 3.10) no hay límite de velocidad. El estándar de la carretera es generalmente alto, las autopistas tienen carriles anchos, hombros anchos, a menudo están equipadas con iluminación vial y tienen un alto estándar de mantenimiento.



**Figura 3.10 Autopista en Alemania.**

### *3 Desvíos (libramientos)*

Las carreteras en áreas urbanas tienen una tasa de siniestralidad vial de 2 a 10 veces más alta que las carreteras en entornos rurales (Elvik y Muskaug 1994). Esto sucede porque en la ciudad peatones, ciclistas y vehículos a motor conviven en el mismo espacio.

Un alto volumen de tránsito dentro de las ciudades, además de causar problemas ambientales, incrementa el riesgo de siniestros viales. Es por ello que se diseñan libramientos, para llevar el tránsito interurbano fuera de los pueblos y ciudades (Figura 3.11), y así evitar los conflictos entre el tránsito local y el de paso. La construcción de libramientos hace más fácil introducir medidas de control de tránsito en las principales vialidades de la ciudad.

Los libramientos son normalmente diseñados y construidos sin accesos, para un límite de velocidad de al menos 80 km/h. Las conexiones con las carreteras existentes son mediante intersecciones de alto estándar.



Fuente: SCT

**Figura 3.11 Libramiento de Tlaxcala.**

#### *4 Carreteras urbanas arteriales*

En muchas ciudades grandes, la red principal de caminos se diseñó para tener menos tránsito del que transporta actualmente. Esto conduce a la congestión y al tránsito denso. Si la capacidad de la red vial principal es demasiado pequeña, parte del tránsito se desviará a las vías colectoras y de acceso, que no están diseñadas para altos niveles de circulación. El tránsito intenso en áreas residenciales arruina los entornos residenciales, lo que hace que sea inseguro y desagradable estar afuera, especialmente para los niños y los ancianos. Asimismo, la congestión y el tránsito en hora pico aumentan la tasa de siniestralidad vial.

La construcción de nuevas vías arteriales y la ampliación de la capacidad de las vías principales existentes tienen como objetivo dirigir el tránsito de mayores itinerarios hacia las vías principales con capacidad adecuada y altos niveles de seguridad. Otros objetivos importantes en la construcción de vías arteriales urbanas son: aumentar la movilidad, reducir el tiempo de tránsito, reducir los costos de operación de los vehículos y mejorar el medio ambiente mediante la reducción del ruido y la contaminación.

Los caminos arteriales dentro de los pueblos y ciudades están diseñados para transportar el tránsito desde y hacia el centro y a través del pueblo o ciudad.

### 5 Canalización de intersecciones

En las intersecciones se presenta una gran cantidad de siniestros viales. Los siniestros más comunes son: impacto lateral, choques al dar vuelta izquierda (como se observa en la Figura 3.12 mediante el movimiento marcado con el número 1) y colisiones con peatones o ciclistas.



Fuente: Elvik et al., 2009

**Figura 3.12 Giro a la izquierda.**

La canalización de intersecciones pretende mejorar la seguridad mediante la separación de los flujos de tránsito, mejorando la visibilidad y marcando los patrones de conducción, así como reglas de tránsito transparentes.

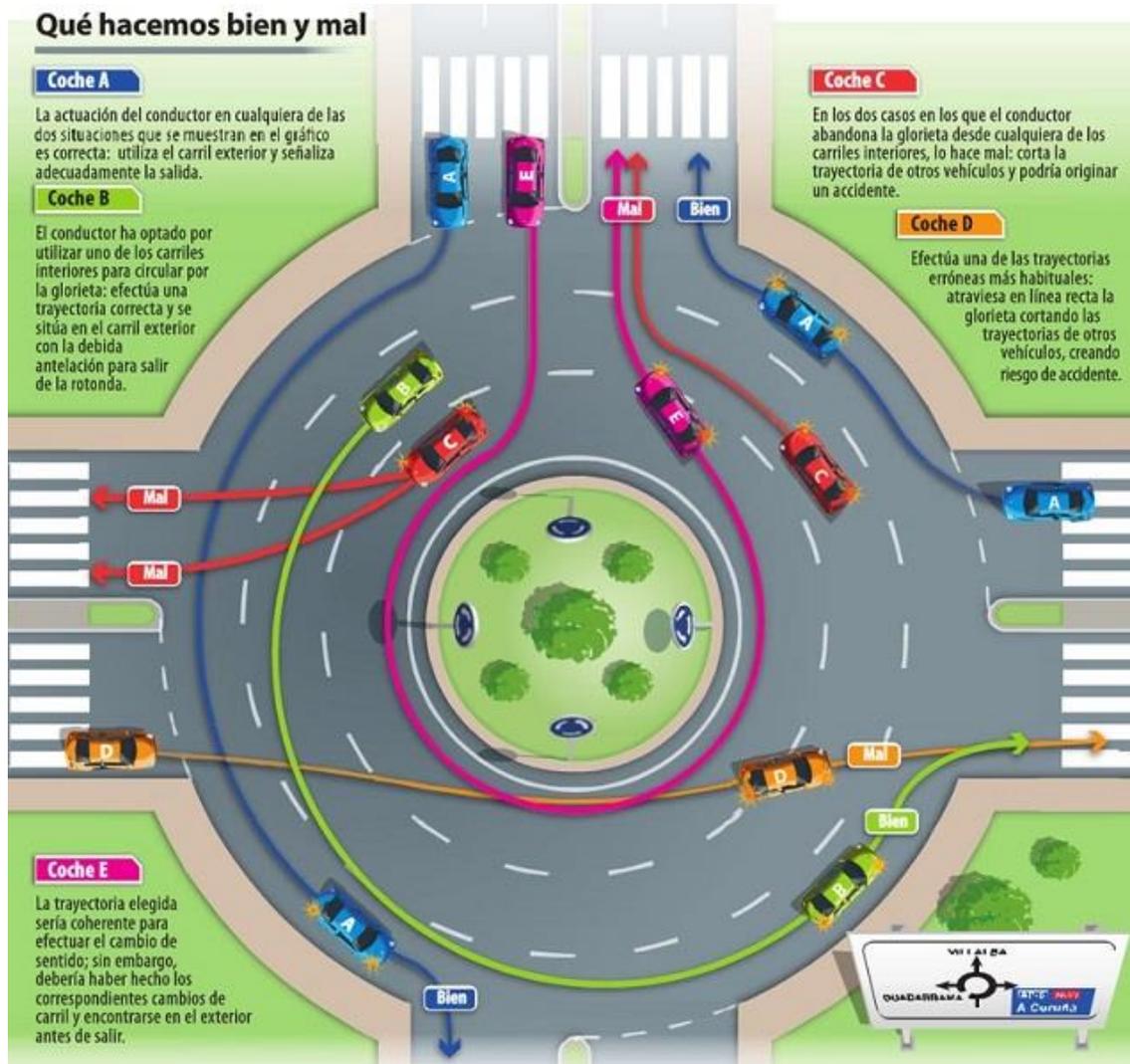
La canalización es una medida para segregar diferentes flujos de tránsito, la cual puede realizarse utilizando islas de tránsito (canalización física) o señalización vial (canalización visual). A continuación, se mencionan diferentes tipos de canalizaciones que pueden ser llevadas a cabo:

- a) Canalización de caminos laterales con islas de tránsito o marcas viales en las intersecciones.
- b) Carriles de giro a la izquierda: separan los vehículos que giran a la izquierda de la vía principal de los que van en línea recta en un cruce.
- c) Carriles de giro a la derecha: separan el tránsito que gira a la derecha de la vía principal del tránsito directo en un cruce.
- d) Carriles de paso: son áreas más anchas para el flujo que va recto en una intersección, de modo que este tránsito puede rebasar a los vehículos que esperan girar a la izquierda. Los carriles de paso son una alternativa a los carriles de giro a la izquierda.

- e) La canalización completa: incluye tanto la canalización de caminos laterales como los carriles de giro a la izquierda y, posiblemente, también los carriles de giro a la derecha.

### 6 Rotondas

Convertir las intersecciones a rotondas o glorietas puede mejorar la seguridad y el flujo de tránsito en muchas maneras. Una rotonda es una intersección con flujo de tránsito circular, el cual se regula en una sola dirección en sentido contrario a las agujas del reloj (en los países que conducen a la derecha), alrededor de una isla de tránsito redonda situada en el centro. El tránsito que se acerca a una rotonda requiere dar el paso al tránsito que ya está en la rotonda. En la Figura 3.13 se observa la información de cómo circular correctamente en una rotonda.



Fuente: Altozano.com.mx

**Figura 3.13 Como circular correctamente en las glorietas.**

## 7 Rediseño de intersecciones

El rediseño de intersecciones pretende mejorar las condiciones de visibilidad y simplificar los giros, es decir, hacer más visible y ágil la intersección para los usuarios que se aproximan.

## 8 Mejoras en la sección transversal

Situaciones peligrosas pueden surgir fácilmente en caminos estrechos cuando aumenta la cantidad de tránsito, ya que los conductores no tienen mucho espacio para maniobrar, y mucho menos espacio para peatones y ciclistas.

Mejorar la sección transversal de las vialidades pretende darles a todos los usuarios un incremento en los márgenes de seguridad, y como beneficio secundario se incrementa la movilidad aumentando la capacidad de la vía. Por tal motivo, resulta efectivo mejorar los elementos de la sección transversal, tal como se muestra en la Figura 3.14.



Fuente: Elvik et al., 2009.

**Figura 3.14 Elementos en la sección trasversal (carriles en una sola dirección).**

Con respecto a los carriles de circulación, los anchos menores a 3 metros contribuyen a la generación de siniestros, por lo que la ampliación de ellos minimizará su incidencia. En contraparte, tampoco es seguro que los carriles sean demasiado anchos, ya que fomentan maniobras inseguras como el rebase.

En cuanto a los acotamientos, de acuerdo con (Mendoza, Quintero y Mayoral, 2002), se recomienda un ancho mínimo de 1.5 metros, esto logrará una disminución en la siniestralidad vial.

## 9 Tratamiento de seguridad en zonas laterales

El entorno a lo largo de la vía puede afectar tanto al número de siniestros viales como a la severidad de los mismos. Pendientes pronunciadas aumentan la probabilidad de que un vehículo ruede al momento de salirse de la carretera y esto a su vez aumenta la probabilidad de que el conductor y pasajeros salgan expulsados del vehículo. Por otra parte, obstáculos permanentes cerca de la vía deja un pequeño margen para recuperar el control del vehículo que sale de la calzada vehicular e incrementa la severidad de los siniestros.

El tratamiento de zonas laterales tiene el propósito de retirar los peligros y así otorgarles a los conductores más oportunidades para recuperar el control de sus vehículos en caso de salirse del camino.

Las zonas laterales de una carretera deberían ser espacios despejados y seguros, disponibles para su uso por parte de vehículos fuera de control. Sin embargo, los taludes actuales de la mayoría de las carreteras mexicanas no son seguros, pues son muy inclinados, de tal forma que, si un vehículo se sale del camino, este corre el riesgo de volcarse. Adicionalmente, es común encontrar objetos fijos a los costados de la carretera que ocasionarían un choque frontal u obras de drenajes no cubiertas por donde el vehículo pudiera impactar.

Entonces, tres de los factores que debemos tomar en cuenta para el tratamiento de las zonas laterales son: los taludes, los objetos fijos y las obras de drenaje. Para empezar, los taludes deben estar tratados de tal forma que el vehículo pueda maniobrar sin riesgo al volteo, es por eso que se recomienda taludes menores de 4:1. Por su parte, los objetos fijos como postes o árboles deben estar a una distancia tal que no representen un peligro para un vehículo fuera de control y los sistemas de drenaje deben estar protegidos para no representar un riesgo.

Para proveer un nivel de seguridad aceptable, los taludes de los terraplenes deben ser lo más tendidos posibles. Taludes superiores a 3:1 no son traspasables por un vehículo, en otras palabras, el vehículo que comienza a bajar por estos taludes volcará. Taludes entre 3:1 y 4:1 son traspasables si son uniformes, es decir, si no cuentan con irregularidades importantes, aun cuando el vehículo sigue bajando hasta donde termine el talud. Taludes de 4:1 o menores son traspasables y recuperables, o sea que, un vehículo que comienza a descender por estos, podrá en muchos casos recuperar el control y detenerse o subir de nuevo a la calzada.

En lugares donde no hay espacio suficiente para tender los taludes, o se tiene objetos fijos muy cercanos a la vía sin posibilidad de quitarlos, se pueden tomar en cuenta otras consideraciones como, por ejemplo, la instalación de barreras. Para grandes objetos fijos aislados y terminales de barreras, se considera la colocación de amortiguadores de impacto.

Es muy importante el tratamiento de las zonas laterales, sin embargo, en la mayoría de las carreteras de México esto no está considerado, haciendo que las estadísticas de siniestralidad por salida del camino o impacto contra objeto fijo sean cada vez mayores y con consecuencias fatales. Por ello, se debe poner más atención a este tipo de situaciones, mejorar las vías existentes y diseñar las nuevas carreteras con el concepto de vías perdonadoras, con el fin de disminuir las tasas de siniestralidad.

### *10 Mejora del alineamiento de la carretera y la distancia de visibilidad*

La frecuencia promedio de siniestralidad en segmentos en curvas horizontales es 3 veces mayor que en segmentos en tangente. El radio es el principal factor que

afecta la seguridad en dichas curvas. Algunos tratamientos que pueden realizarse para mitigar los problemas de seguridad vial en curvas horizontales son:

- La rehabilitación física y/o la reconstrucción parcial. Incluye la eliminación de riesgos en las zonas laterales (árboles, postes, etc.), el tendido de los taludes laterales, el mejoramiento del coeficiente de fricción de la superficie de rodamiento, la corrección de la sobreelevación, la pavimentación de los acotamientos y la eliminación de escalones en los bordes del pavimento.
- Tratamientos de bajo costo. Tales como el repintado de las rayas centrales y laterales, la instalación de botones (vialetas) reflejantes, la colocación de indicadores del alineamiento de la curva, la rehabilitación del señalamiento preventivo, etc.

Con respecto al alineamiento vertical, las curvas verticales en cresta pueden llegar a tener problemas con la distancia de visibilidad. Además, la frecuencia y la severidad de los siniestros viales aumentan con la pendiente, principalmente para en el sentido descendente, pues resulta problemático para los camiones de carga.

Los alineamientos vertical y horizontal no deben ser considerados independientemente entre sí, o independiente de los estándares de proyecto aplicables al resto de la carretera. Se recomienda evitar curvas horizontales con radio menor de 450 metros y pendiente de más de 4% (Mendoza, Quintero y Mayoral; 2002). La consistencia a lo largo de una carretera es particularmente importante. Las curvas horizontales deben contar con transiciones en ambos extremos para conectar con las tangentes.

Las distancias de visibilidad insuficientes están asociadas con la ocurrencia de siniestros viales. La reconstrucción de curvas horizontales para incrementar la distancia de visibilidad suele no ser rentable, excepto en casos extremos.

### *11 Barreras y amortiguadores de impacto*

Las barreras y los amortiguadores están diseñados para reducir la gravedad de los daños y lesiones en caso de accidente. Las barreras centrales en carreteras divididas están destinadas a prevenir siniestros que involucren el cruce de la mediana. Las barreras de protección y los amortiguadores de impacto deberían, idealmente, detener un vehículo y dirigirlo a una parada controlada. Además, las barreras de protección y los amortiguadores deben instalarse de manera que no obstruyan la visibilidad o den una impresión engañosa de la alineación de la carretera.

La recomendación de instalar una barrera se basa en la premisa de que sólo debe instalarse si reduce la severidad de un potencial accidente, ya que el propósito fundamental de las barreras es impedir que un vehículo abandone el camino y golpee un objeto que lo detenga violentamente, caiga por el borde del terraplén, o que las consecuencias previstas del accidente sean mayores que las provocadas

por el impacto con la propia barrera; por eso mismo deben utilizarse barreras de tecnología probada y certificada.

### *12 Medidas contra colisión de semovientes*

Estas medidas tienen el propósito de reducir el número de siniestros con semovientes y la severidad de los mismos. Esto incluye medidas que apuntan a cambiar el comportamiento del conductor, el comportamiento animal o la población de animales. En cuanto a la infraestructura las medidas de mejora son: señales de tránsito y medidas similares, cercas e instalaciones de cruce, límites de velocidad e iluminación de carreteras. Por otro lado, se deben trabajar en conjunto medidas relacionadas con la administración forestal y de vida silvestre.

### *13 Alumbrado*

La mayoría de la información para los conductores es visual, las condiciones de visibilidad son por lo tanto muy importantes para la seguridad del conductor. En la oscuridad, el ojo capta en un menor grado contrastes, detalles y movimiento que en la luz del día. Esta es una de las razones por las que el riesgo de un accidente es mayor durante la noche que durante el día para todos los usuarios de la carretera. Otros factores que pueden contribuir a aumentar las tasas de siniestralidad vial en la oscuridad son conductores con somnolencia y el desarrollo de velocidades mayores.

El objetivo de iluminar las vías es reducir la tasa de siniestralidad en la oscuridad haciendo más fácil ver la carretera, a otros usuarios y al entorno. Adicionalmente, la iluminación hace sentir más seguros a los usuarios durante el viaje y ayuda en la prevención de crímenes.

### *14 Drenaje*

La disposición de cunetas no traspasables junto a la calzada compromete seriamente la seguridad de un conductor frente al más leve descuido. Asimismo, es necesario un buen drenaje superficial, ya que una película o capa de agua puede generar inestabilidad a un vehículo al presentarse el fenómeno de "hidroplaneo". El hidroplaneo se presenta al reducir el coeficiente de fricción entre llantas y pavimento, haciendo imposibles las operaciones de frenado.

### *15 Control de accesos*

Diversos estudios demuestran que la frecuencia de siniestros viales aumenta con la densidad de accesos. El control de accesos a través del uso de vías laterales puede ser una herramienta bastante efectiva, sin embargo, no siempre es posible controlar todos los accesos, en cuyos casos podemos darles tratamientos a través de carriles específicos para dar vuelta, carriles de aceleración y deceleración.

Todos los tratamientos para el control de accesos tienen beneficios hacia la seguridad.

### *16 Medianas*

Usadas para separar el tránsito de direcciones opuestas, pueden ser:

- Anchas sin barrera física, proporcionando espacio para un vehículo fuera de control.
- Angostas con barrera física, diseñada para hacer volver a un vehículo descontrolado a su propio flujo vehicular.
- Angostas sin barrera física, que hace muy poco por los vehículos descontrolados.

En áreas urbanas deben ser lo suficientemente amplias para proteger los vehículos que dan vuelta o que cruzan la vía, además de que proporciona beneficio a los peatones, ya que, pueden cruzar la vialidad en etapas.

### *17 Rebase*

Las operaciones de rebase están asociadas con la siniestralidad vial en carreteras. Por este motivo, los carriles para rebasar proporcionan significativos beneficios operativos y de seguridad.

### *18 Rampas de escape para camiones de carga*

Existen 6 tipos diferentes de diseño general para las rampas de escape o frenado destinadas a camiones de carga:

1. Pila de arena.
2. Rampa de gravedad.
3. Cama de detención sobre tramo con pendiente ascendente.
4. Cama de detención sobre tramo horizontal.
5. Cama de detención sobre tramo con pendiente descendente.
6. Cama de detención sobre las zonas laterales.

Si las rampas son diseñadas apropiadamente resultan efectivas para detener los camiones descontrolados, pero su aplicación se limita a pendientes pronunciadas y largas, instalándose solo cuando la geometría lo permite.

### **3.10.3 Medidas de seguridad vial en la etapa de operación del tránsito**

De acuerdo con Elvik y Vaa (2006), las medidas de control o regulación del tránsito en la etapa de operación tienen como objetivo modificar la conducta de los usuarios de las vías. Cuanto mayor sea el cambio en su comportamiento, mayor será el cambio esperado en el número de siniestros viales. Para estas medidas se ha encontrado un claro patrón dosis – respuesta, por ejemplo, cuanto más se reduce la velocidad mayor resulta la reducción en el número de siniestros, y de manera inversa, cuanto más aumenta la velocidad mayor es el aumento del número y gravedad de siniestros.

En el manual de medidas de seguridad vial (Elvik y Vaa, 2006) se detallan 21 medidas para el control y regulación del tránsito, las cuales se enlistan a continuación:

1. Calmado zonal del tránsito
2. Calles medioambientales
3. Calles peatonales
4. Calles residenciales
5. Control de accesos
6. Regulación de la prioridad de paso
7. Señales de “ceda el paso” en intersecciones
8. Señales de “alto” en intersecciones
9. Semáforos en intersecciones
10. Cruces de peatones semaforizados
11. Límites de velocidad
12. Elementos reductores de la velocidad
13. Marcas viales y balizamiento
14. Regulación del tránsito de peatones y ciclistas
15. Regulación de la parada y el estacionamiento
16. Calles de sentido único
17. Calles reversibles
18. Carriles y diseño de paradas de autobús
19. Guiado dinámico de la ruta
20. Paneles de mensaje cambiable
21. Protección de pasos a nivel

En general todas estas medidas han mostrado tener un efecto en la reducción de siniestros en mayor o menor proporción.

### **3.10.3.1 Calmado zonal del tránsito**

El calmado zonal del tránsito consiste en el uso coordinado de diversas medidas de control y regulación del tránsito en áreas amplias, pero claramente definidas, con el objetivo de mejorar la seguridad vial y las condiciones medioambientales. Las medidas que pueden formar parte del calmado zonal del tránsito son:

- Prohibición del tránsito de paso en zonas residenciales mediante señales de tránsito o cierres físicos.
- Elementos reductores de velocidad instalados en calles residenciales. Estos pueden ser en forma de señales con límites específicos de velocidad (las zonas con velocidad máxima permitida de 30 km/h, o zonas 30, constituyen un ejemplo muy frecuente de esto); mediante elementos físicos (reductores de velocidad transversales, resaltes o “topes”, así como estrechamientos de la calzada); o bien mediante una combinación de estos dos métodos.
- Tránsito unidireccional en las calles residenciales para evitar el tránsito de paso, o para al menos desincentivarlo.
- Mejora del tránsito en las vías principales, por ejemplo: con prohibiciones de estacionamiento, con mejoras de las paradas de autobuses y tranvías, con mejoras del control semafórico en las intersecciones o con pasos peatonales semaforizados.
- Modificaciones de la regulación del estacionamiento en las calles residenciales y en las vías de acceso, por ejemplo, en forma de restricciones al estacionamiento de personas no residentes.

Otras de las medidas que pueden incluirse en el calmado zonal del tránsito son la construcción de carriles exclusivos para los autobuses y la creación de calles peatonales y calles residenciales.

El calmado zonal del tránsito reduce el número de siniestros viales en aproximadamente un 15% cuando se incluyen en el análisis todas las calles y vías dentro del área de influencia de las medidas de calmado del tránsito. Sobre las calles locales o residenciales situadas dentro del área de influencia de la medida, el número de siniestros se reduce en aproximadamente un 25 – 30%. En las calles o vías principales situadas dentro de la zona de influencia, el número de siniestros se reduce en aproximadamente un 10%. Un análisis más detallado de los estudios muestra cómo la mayor parte de la reducción de siniestros en las calles residenciales es debida a la reducción propia en el tránsito de vehículos.

### 3.10.3.2 Calles medioambientales

Los habitantes de poblaciones con vías que soportan un gran volumen de tránsito consideran a menudo la circulación de vehículos como un problema, particularmente cuando las velocidades son altas. El tránsito intenso y las velocidades elevadas se traducen en altas tasas de siniestralidad vial y provocan ruido, contaminación y sensación de inseguridad. Una vialidad se convierte en estas condiciones en una barrera, donde las oportunidades de contacto social se ven limitadas. Para reducir el conflicto entre la función de una vía dentro del sistema de transporte y la necesidad de un entorno de vida seguro y apacible dentro de las poblaciones, las vialidades pueden ser rediseñadas para reducir la velocidad de circulación de los vehículos y, al mismo tiempo, proporcionar un entorno de conducción más placentero.

La conversión de una vía principal en una calle con “prioridad medioambiental” tiene como objetivo mejorar el entorno urbano mediante la reducción de: los siniestros viales, de la sensación de inseguridad y de los problemas medioambientales causados por el tránsito. Las medidas diseñadas para conseguir todo esto incluyen elementos físicos reductores de la velocidad y otras medidas medioambientales como la plantación de vegetación, el uso decorativo de los bordillos y otras medidas estéticas.

Una calle medioambiental es una vialidad en la que se permite el tránsito de paso, pero en donde su diseño garantiza una reducción de la velocidad y un alto nivel de alerta, así como concientización y consideración de los conductores en relación con el tránsito local.

Los elementos que pueden ser incluidos en dicho diseño son:

- Sendas o pistas para peatones y ciclistas.
- Badenes transversales o resaltes y/o pasos de peatones elevados.
- Aumento de la anchura de las aceras en las intersecciones.
- Estrechamiento alternativo de la calzada (patrón en zig-zag, también conocido como “chicanes”, ver Figura 3.15).
- Continuación de la línea de bordillos en las intersecciones, de modo que el bordillo atraviese las calles secundarias, para con ello reforzar la obligación de ceder paso.
- Paradas de autobús delineadas con bordillos.
- Plazas de estacionamiento pintadas, combinadas con prohibiciones de estacionamiento fuera de los lugares marcados.
- Refugios en los cruces de peatones.
- Vegetación y mobiliario urbano en las aceras y las isletas.



**Figura 3.15 Estrechamiento de las vialidades residenciales por medio de “chicanes”.**

### **3.10.3.3 Calles peatonales**

Una calle peatonal es aquella donde no se permite la entrada de vehículos a motor, con la excepción de los vehículos de reparto de mercancías durante determinadas horas del día. Las calles peatonales se señalizan normalmente en ambos extremos con señales de prohibición del paso de vehículos, con la excepción mencionada de la carga y descarga de mercancías. Las calles peatonales se construyen normalmente eliminando los bordillos, de modo que la división entre la banqueta y la calzada desaparece.

En las calles comerciales situadas en el centro de las ciudades suele ocurrir un alto número de atropellos de peatones. Pueden citarse varias razones para ello, entre las cuales se encuentra el estacionamiento y las operaciones de carga y descarga de mercancías, los cuales pueden crear obstáculos visuales. Asimismo, el intenso tránsito de peatones y los incesantes cruces de calles crean conflictos entre vehículos y peatones. Las vías comerciales tienen a menudo una alta densidad de intersecciones y bocacalles.

Al convertir las calles comerciales en calles peatonales se consigue una reducción de los conflictos entre los vehículos a motor y los peatones. Al mismo tiempo, resulta más fácil introducir otras medidas medioambientales, tales como la plantación de vegetación. Cuando una calle se peatonaliza resulta importante garantizar que los problemas de tránsito no sean automáticamente transferidos a las calles adyacentes.

### 3.10.3.4 Calles residenciales

Las calles residenciales tienen como objetivo, por encima de todo, promover el esparcimiento, la convivencia y los juegos en el exterior de las viviendas y en las áreas en donde el tránsito se restrinja en cierto nivel. Las calles residenciales permiten una mezcla de usuarios de la vía y constituyen también una de las medidas utilizadas en los esquemas de calmado zonal de tránsito.

Las calles residenciales suelen tener árboles y arbustos, cajas de arena para juegos infantiles, así como diverso equipamiento recreativo infantil, mesas, bancos, entre otros. Estas calles no suelen diseñarse con trazados totalmente rectos, ni se delimitan utilizando bordillos u otros elementos que puedan crear diferencias en altura entre la calzada y el resto de las áreas. En ellas, las plazas de estacionamiento deben estar claramente señalizadas. Asimismo, las calles residenciales deben soportar un tránsito muy limitado, por lo cual la entrada y salida de estas calles se señala a menudo continuando los bordillos de las banquetas a través de la calzada de modo claramente visible por los conductores.

Las calles residenciales constituyen principalmente una medida medioambiental, aunque también representan un avance neto en seguridad vial. El concepto de calles residenciales procede de Países Bajos, en donde se presentó como una alternativa a los principios "Scaft" de separación y diferenciación de la red vial (Kraay, Mathijseen y Wegman, 1984). Estos principios habían sido criticados debido a la rigidez de la clasificación de la red vial, algo que, se argumentaba, podía provocar como efecto secundario un entorno de tránsito aburrido.

En la práctica no se da ningún conflicto o contradicción entre los principios Scaft y el concepto de calles residenciales. Al contrario, los esquemas exitosos de calmado zonal del tránsito que se basan en los principios Scaft pueden constituir un requisito previo necesario para la creación de calles residenciales en zonas de viviendas (Muskaug, 1983).

En Noruega, las señales de calle residencial pueden instalarse únicamente si:

- El área no soporta tránsito de paso.
- Ningún edificio o vivienda está situada a más de 300 metros de la calle más cercana de salida o entrada de la zona residencial.
- No existe división entre la calzada y las banquetas, así como tampoco entre otras zonas peatonales.
- Se introducen elementos físicos reductores de velocidad.
- Las plazas de estacionamiento se encuentran claramente señalizadas.
- Los bordillos se utilizan para marcar las zonas de entrada y salida de los vehículos a las calles residenciales.

### 3.10.3.5 Control de accesos

Los caminos privados de acceso a las propiedades (cuyo término en inglés estadounidense es “driveway”) se definen como cualquier vía que conecta una propiedad privada con una vía pública. Junto con el punto de conexión propiamente dicho, una parte de la vía privada está normalmente considerada como parte del acceso. La tasa de siniestralidad vial aumenta considerablemente a medida que crece el número de vías privadas de acceso por kilómetro de carretera. Un estudio sobre las tasas de siniestralidad en las carreteras nacionales noruegas en el periodo 1977 – 1980 (Muskaug, 1985) encontró la siguiente relación entre el número de vías privadas de acceso por kilómetro de carretera y la tasa de siniestralidad, expresado en términos del número de siniestros con lesiones recogidos en las estadísticas oficiales policiales por millón de vehículo-kilómetros (Tabla 3.4):

**Tabla 3.4 Relación entre la tasa de siniestralidad vial y el número de vías privadas de acceso por kilómetro de carretera en Noruega.**

Número de puntos de acceso por kilómetro de carretera	Siniestros viales por millón de vehículo-kilómetro
Ninguno - autopista o autovía de clase A	0.08
Ninguno - carretera de clase B	0.11
0-5	0.21
6-10	0.27
11-15	0.29
16-30	0.38
Más de 30	0.47
Áreas centrales de las ciudades (más de 50)	0.80

Los controles de acceso tienen como objetivo reducir el número de vías privadas de acceso a las que dan servicio las carreteras públicas, así como conseguir la máxima seguridad en cada uno de los puntos de acceso y distribuir el tránsito de modo tal que la tasa total de siniestralidad vial sea mínima.

### 3.10.3.6 Regulación de la prioridad de paso

Cualquier camino puede designarse como vía prioritaria, excepto las vías exclusivamente de acceso. Las carreteras que describen una curva cerrada de 90 grados en una intersección no pueden normalmente tener prioridad mientras dicha intersección no sea reconstruida de modo que la aproximación a la intersección se realice mediante un tramo recto.

Si todas las intersecciones se rigieran por la regla general de ceder el paso a los vehículos que se aproximan por la derecha (regla de prioridad de la mano derecha), el tránsito intenso en las poblaciones y ciudades en donde existen numerosas intersecciones podría favorecer la confusión entre los conductores y provocar un deficiente flujo de vehículos. En las intersecciones entre una carretera con tránsito intenso y otra con menos densidad de circulación, la regla de prioridad a la derecha no funciona satisfactoriamente. Según un estudio noruego (Johannessen, 1984), aproximadamente la mitad de los conductores asumen que los vehículos procedentes de la vía con menor tránsito deben ceder el paso en la intersección. Al señalar las vías principales en pueblos y ciudades como vías prioritarias y obligar a los vehículos que proceden de las vías secundarias a ceder el paso se favorece la interacción entre los usuarios de las vías y se aumenta la capacidad de la vía principal.

### **3.10.3.7 Señales de “ceda el paso” en intersecciones**

En las intersecciones en las que no se ha introducido ningún tipo de regulación del tránsito rige la regla general de prioridad de paso de los vehículos que se aproximan por el lado derecho. La regla de prioridad a la derecha se aplica en la mayoría de las intersecciones en pueblos y ciudades en Noruega (Elvestad, Freiesleben, Poutanen, Thormar y Helmers, 1991).

La regla de prioridad de paso a la derecha no siempre funciona como se desea (Helmers y Åberg, 1978; Johannessen, 1984). En las intersecciones en donde una carretera o calle es más ancha que la otra, o bien, en donde una de ellas tiene un tránsito claramente superior, el grado de cumplimiento de la regla de prioridad de paso a la derecha es escaso. Aproximadamente el 50 – 60% de los usuarios de las vías cumplen con la norma de prioridad de paso a la derecha en intersecciones con estas características. La falta de claridad en relación con las reglas de prioridad de paso puede provocar comportamientos peligrosos y, en última instancia, siniestros viales.

El aumento del tránsito en las intersecciones en donde rige la prioridad a la derecha conduce a menudo a las llamadas situaciones complejas de preferencia de paso. Se trata de situaciones en las que varios usuarios llegan al mismo tiempo a una intersección y deben cederse el paso entre ellos. En estas situaciones muchos usuarios tienen dudas sobre cómo deben proceder (Bjørnskau, 1994) y el tránsito se vuelve inestable y lento. El tránsito principal que atraviesa una población o una ciudad concreta puede verse retrasado por la existencia de numerosas intersecciones en donde se produzca este fenómeno.

El propósito de la introducción de las señales de “ceda el paso” consiste en simplificar el proceso de toma de decisiones por parte de los usuarios, mejorar la fluidez de la circulación y aumentar la seguridad vial.

### **3.10.3.8 Señales de “alto” en intersecciones**

Uno de los errores más comúnmente asociados a los siniestros viales es no percibir a tiempo la presencia de otros usuarios de las vías o, frecuentemente, no llegar nunca a percatarse de dicha presencia (Englund, 1978). El diseño de una intersección, la visibilidad, el volumen de tránsito y el mismo comportamiento de los usuarios constituyen algunos de los factores que influyen sobre la probabilidad de que los usuarios de las vías se percaten de la presencia de otros usuarios con tiempo suficiente como para evitar, en caso de presentarse una situación de conflicto, un accidente. Las dudas sobre quién debe ceder el paso en una intersección pueden también provocar siniestros.

Las administraciones o departamentos gubernamentales encargados de las vialidades pueden influir sobre algunos de los factores que afectan a la probabilidad de que los usuarios se percaten de la presencia de otros vehículos o peatones. Cuando se instalan señales de ALTO, los usuarios de las vías están obligados a realizar una detención completa antes de internarse en las intersecciones. Ello debería ofrecer a los conductores un mayor tiempo para observar y analizar el tránsito.

Las señales de ALTO situadas en las intersecciones tienen como objetivo reducir los siniestros viales al dar a los usuarios de las vías más tiempo para observar el tránsito antes de internarse en una intersección o cruce.

El uso de las señales de ALTO en las intersecciones tiene dos versiones: alto en una de las vías (en la vía secundaria) o alto en todas las vías. Las señales de ALTO en una de las vías se instalan en la carretera o calle con menos volumen vehicular. La expresión “señal de alto en todas las vías” significa que se instalan señales de ALTO en todas las calles o carreteras que desembocan en la intersección. Cuando una intersección está regulada por un ALTO en todas las vías, el conductor que llega antes al cruce y se detiene ante la señal es quien goza de la preferencia de paso. Cuando se instala una señal de ALTO en una vía los vehículos procedentes de ésta deben esperar hasta que exista el espacio suficiente en la corriente de vehículos que circula por la vía principal como para internarse en ésta con seguridad.

El uso de señales de ALTO en todas las vías, a menudo denominado “alto en ambas vías”, está muy extendido en Norteamérica; fuera de Norteamérica este tipo de control o regulación del tránsito es menos común. En Noruega, en concreto, el uso de señales de ALTO está muy restringido. En numerosos países se han elaborado normas técnicas para el uso de las señales de ALTO; dichas normas tienen como objetivo que estas señales se utilicen únicamente en las intersecciones en las que se producen numerosos siniestros viales asociados a la inadecuada percepción de la presencia de otros vehículos por parte de los conductores implicados en los siniestros.

### 3.10.3.9 Semáforos en intersecciones

La mayoría de los siniestros viales en el interior de poblaciones y ciudades ocurre en intersecciones. Esta afirmación es válida para todos los grupos de usuarios de las vías (Elvik y Muskaug, 1994). A medida que aumenta el volumen de tránsito, la probabilidad de conflicto en las intersecciones aumenta, al mismo tiempo que el flujo del tránsito empeora.

El control o regulación del tránsito en las intersecciones mediante semáforos (intersecciones semaforizadas) separa en el tiempo las diferentes corrientes de tránsito y puede mejorar el flujo de vehículos en los cruces.

Las pautas noruegas sobre elementos de regulación del tránsito citan los siguientes cinco objetivos de la regulación del tránsito en intersecciones mediante semáforos:

1. Mejorar la seguridad vial en general.
2. Mejorar específicamente la seguridad de las vías escolares.
3. Reducir el tiempo de espera.
4. Dar prioridad al transporte público.
5. Eliminar la necesidad de control o regulación manual del tránsito.

El énfasis que se haga sobre cada uno de estos objetivos varía dependiendo de las condiciones de cada intersección en particular.

La regulación semafórica de intersecciones, como su propio nombre indica, se realiza utilizando semáforos. Éstos pueden estar controlados bien por tiempo (las fases cambian tras un determinado tiempo, independientemente de la cantidad de tránsito) o bien por los propios vehículos (la longitud de las fases se adapta a la cantidad de vehículos que llegan a la intersección, aunque existe siempre una duración máxima de la fase).

Los semáforos pueden diseñarse con fases totalmente diferentes para cada una de las corrientes de tránsito que llegan a la intersección (regulación libre de conflictos) o con fases compartidas por varias de las corrientes de vehículos. En Noruega es habitual que los conductores que giran a la derecha compartan la misma fase que los peatones que atraviesan la vía, y que los conductores que giran a la izquierda compartan la misma fase con los vehículos que se aproximan en dirección contraria.

### **3.10.3.10 Cruces de peatones semaforizados**

El cruce de una calle a mitad de manzana puede ser complejo, especialmente en el caso de los niños y las personas mayores. Estos grupos de población se enfrentan a mayores problemas a la hora de atravesar las vías públicas. Las estadísticas oficiales de siniestralidad vial en Noruega muestran que aproximadamente el 70% de los atropellos a peatones ocurren cuando estos intentaban cruzar la calzada.

La construcción de un paso de peatones no siempre proporciona suficiente seguridad para los peatones que cruzan la vía. Los conductores no respetan siempre la preferencia de paso de los peatones que cruzan la calle o la carretera utilizando los pasos de peatones señalizados (Amundsen et al., 1976; Muskaug et al., 1979). Cada año muchos peatones son atropellados mientras cruzan la vía por pasos de peatones. A este respecto, cuando se desea mejorar la seguridad de los pasos de peatones concurridos, el punto de cruce puede semaforizarse.

Los cruces de peatones pueden semaforizarse por medio de semáforos cuyas fases cambian automáticamente, o también mediante semáforos con pulsadores que deben ser presionados por los peatones para que la luz de peatones cambie a verde. La experiencia muestra como estos pulsadores son poco utilizados (Dahlen y Toftenes, 1979).

En Gran Bretaña existe una variante de paso de peatones con semáforo, consiste en un sistema semaforizado activado por pulsador con una fase de luz ámbar intermitente para vehículos al final de la fase de luz verde para peatones. Cuando se enciende la luz ámbar, los vehículos tienen permitido atravesar el paso de peatones cuando no haya peatones utilizándolo. El propósito de dicha fase de luz ámbar intermitente es acortar el tiempo de espera de los vehículos a motor.

La semaforización de cruces de peatones reduce el número de siniestros viales con lesiones en aproximadamente un 5 – 10%. El número de atropellos de peatones se ve reducido ligeramente más que el número de siniestros con implicación únicamente de vehículos. Sin embargo, los cambios en el número de siniestros entre vehículos no son estadísticamente significativos. Estos resultados son válidos tanto en el paso de peatones propiamente dicho como en los 50 metros anteriores y posteriores al paso de peatones. Los estudios muestran como el número de atropellos de peatones se reduce en mayor medida a la altura del paso de peatones, con una reducción del 27%.

Se debe prestar atención a la ubicación de los pasos semaforizados de peatones, ya que pueden sorprender a los conductores y, precisamente por este motivo, provocar de modo indirecto frenadas bruscas que, a su vez, pueden causar colisiones por alcance. Una buena señalización de aviso puede evitar dichas colisiones por alcance.

### 3.10.3.11 Límites de velocidad

Los límites de velocidad genéricos y los específicos indican la velocidad de circulación permitida sobre una calle o carretera. Idealmente hablando, los límites de velocidad se determinan como un punto de equilibrio entre la necesidad de movilidad de los conductores y la necesidad de seguridad, tanto desde el punto de vista de los conductores como desde la perspectiva del resto de usuarios de la vía.

Los conductores desean normalmente desplazarse desde el punto A al punto B utilizando para ello el menor tiempo posible y con una sensación razonable de seguridad durante la conducción. La mayoría de los conductores “negocian” con el tiempo de desplazamiento y con su propia seguridad y la del resto de usuarios de las vías. En esta evaluación o negociación se consideran aspectos como la geometría de la vía, las condiciones de la conducción y de la iluminación, el volumen de tránsito, las características del vehículo, las propias habilidades como conductor y las motivaciones, las tasas de siniestralidad vial y la presencia del control policial. Son muchos los conductores que se crean expectativas poco realistas sobre su capacidad para controlar su vehículo a velocidades superiores a las indicadas por los límites de velocidad. Esto es particularmente frecuente en el caso de los conductores jóvenes y poco experimentados, quienes son propensos a sobrevalorar sus aptitudes y a infravalorar los riesgos del tránsito (Johansson, 1982; Spolander, 1983; Rumar, 1985). Si los conductores de vehículos eligieran su propia velocidad de circulación, muchos de ellos escogerían probablemente una velocidad muy superior a la velocidad de circulación real en la actualidad.

En la práctica, y bajo las mismas condiciones externas, existen grandes diferencias en la velocidad a la que cada conductor circula. Los conductores que escogen una velocidad muy diferente a la velocidad media del tránsito están más frecuentemente implicados en siniestros que los conductores que circulan a una velocidad próxima a la velocidad media (Solomon, 1964; Munden, 1967; Cirilo, 1968). Las velocidades altas y las grandes variaciones en la velocidad de los diferentes vehículos aumentan la probabilidad de accidente y el riesgo de lesiones graves al crecer las exigencias de atención (observación del entorno) y de reacción de los usuarios de las vías, y al aumentar la distancia de frenado proporcionalmente al cuadrado del cambio en la velocidad. Por otro lado, el riesgo de lesión mortal aumenta también con el cuadrado del cambio de velocidad en caso de siniestro.

Las altas velocidades aumentan el consumo de energía y la emisión de gases contaminantes. Asimismo, el nivel de ruido generado por el tránsito también se incrementa a medida que lo hace la velocidad.

De acuerdo con algunos autores, el control sobre la velocidad por parte de las entidades gubernamentales determina en gran medida el éxito de los planes contra los siniestros viales en dónde resultan personas fallecidas o con lesiones graves.

### **3.10.3.12 Elementos reductores de la velocidad**

Las velocidades altas en las calles residenciales, en las vías de acceso y en otros lugares en donde puede encontrarse presencia de peatones generan una alta tasa de siniestralidad vial y altos niveles de sensación de inseguridad.

La reducción de la velocidad en las áreas residenciales en Noruega disminuye el riesgo de presentar siniestros viales (Blakstad y Giæver, 1989), a pesar de que las señales de tránsito que anuncian límites de velocidad especialmente bajos (20, 30 o 40 km/h) no siempre producen los efectos deseados. En particular, en las vías rectas y anchas las velocidades suelen ser elevadas (Amundsen y Christensen, 1986). Con el objetivo de reducir las velocidades hasta el nivel deseado, se pueden colocar elementos físicos reductores de la velocidad que hagan la conducción a velocidad alta incómoda o imposible. Los elementos reductores de velocidad tienen como objetivo forzar a los vehículos a mantener una velocidad de circulación moderada, de modo que el riesgo de siniestralidad disminuya y la sensación de seguridad aumente.

La expresión “elemento físico reductor de la velocidad” incluye las siguientes medidas:

- Topes transversales.
- Pasos de peatones elevados.
- Intersecciones elevadas.
- Bandas sonoras transversales.
- Estrechamientos de la calzada.

En las zonas de velocidad reducida se pueden combinar diversos elementos reductores de la velocidad. Las medidas pueden incluir elevaciones o topes transversales, intersecciones elevadas, estrechamientos de la vía, bolardos para impedir que los vehículos entren en determinadas zonas y chicanes.

### **3.10.3.13 Marcas viales y balizamiento**

Si se tiene como objetivo ofrecer las condiciones necesarias para una conducción segura y cómoda, los conductores han 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 niebla). Dichos puntos de referencia son esenciales para distinguir la carretera de su entorno. En intersecciones complejas también es importante que los usuarios dispongan de referencias claras para encontrar su lugar correcto sobre la calzada. 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) o permitiendo o restringiendo los adelantamientos o los cambios de carril.
- Completar y reforzar la información ofrecida por medio de otras señales de tránsito.

Algunas medidas relativas al marcado vial y balizamiento son:

- Señales horizontales en la superficie de la vía realizadas con pintura plástica retrorreflectiva.
- Bandas sonoras longitudinales (líneas separadoras entre carriles o entre carril y acotamiento).
- Señalización de carriles de giro a la izquierda bidireccionales.
- Marcas viales anunciando pavimentos elevados.
- Postes, hitos o balizas de delineación.
- Marcas para ayudar a mantener la distancia de seguridad en autopista y autovías.

Las señales horizontales incluyen las rayas o marcas centrales de separación de los sentidos de circulación, las rayas separadoras de carriles y las rayas de borde de la calzada. Las rayas centrales para separación de sentidos pueden ser bien de prohibición de adelantamiento (línea continua), la cual no se puede atravesar, o bien línea de advertencia discontinua. Las rayas de separación de carriles son blancas y separan los carriles destinados a un mismo sentido de circulación. Las rayas de borde son también blancas y separan la zona destinada a la circulación de vehículos del acotamiento o del borde de la calzada. En muchos países es habitual que en carreteras estrechas las rayas de borde sean discontinuas, y continuas en las vías con mayor anchura.

En México, la normativa que determina el tipo y dimensiones de las marcas en las carreteras y vialidades es la NOM-034-SCT2-2011.

### **3.10.3.14 Regulación del tránsito de peatones y ciclistas**

En los siniestros entre peatones o ciclistas con vehículos a motor, el peatón o el ciclista es quien normalmente resulta lesionado, mientras que los ocupantes de los vehículos a motor suelen resultar ilesos. Según las estadísticas oficiales noruegas,

los peatones están expuestos a un riesgo de resultar fallecido o herido, por kilómetro recorrido, 4 veces superior al correspondiente a los conductores de automóviles. Por su parte, los ciclistas están expuestos a un riesgo 6 veces superior al de los conductores de automóviles (Bjornskau, 1993). Si dicho riesgo se calculara a partir de cifras de siniestralidad vial corregidas para tener en cuenta la inclusión parcial en la práctica de las estadísticas oficiales, los peatones correrían un riesgo de resultar lesionados 6 veces superior al correspondiente a los conductores de automóviles, mientras que los ciclistas tendrían un riesgo de lesión aproximadamente 40 veces superior al de los conductores de automóviles. En este último caso, se incluyen también los siniestros de ciclistas en los que no está implicado ningún otro vehículo aparte de la bicicleta.

La regulación del tránsito de peatones y ciclistas tiene como objetivos:

- Separar en el tiempo y en el espacio el tránsito de peatones y ciclistas del tránsito de vehículos a motor.
- Guiar a los peatones y ciclistas hacia puntos de cruce con buenas condiciones de visibilidad y con reglas claras de preferencia de paso.
- Aumentar la movilidad del tránsito de peatones y ciclistas, reservando para el mismo determinadas partes de la carretera o calle y dándole prioridad en los cruces.

La regulación del tránsito de peatones y ciclistas incluye las siguientes medidas:

- Señalización horizontal en la calzada de los pasos de peatones, normalmente combinada con señalización vertical.
- Regulación semafórica de los pasos de peatones (en intersecciones y en tramos de carretera).
- Elevación de los pasos de peatones.
- Refugios (isletas) en los pasos de peatones.
- Barandas y vallas para peatones.
- Patrullas escolares.
- Ensanchamiento de las aceras en las intersecciones.
- Señalización horizontal de carriles bici sobre la calzada.
- Líneas de detención adelantadas para ciclistas en las intersecciones.

### **3.10.3.15 Regulación de paradas y estacionamiento**

El crecimiento del uso de los vehículos privados en las poblaciones y ciudades ha provocado un aumento en la demanda de plazas de estacionamiento. En muchos lugares las redes viales existentes no fueron diseñadas para soportar los actuales volúmenes de tránsito, y a pesar de ello, se utilizan a menudo para estacionarse

cuando no se dispone de otras alternativas. Los estacionamientos sobre la vialidad obstruyen la visión, reducen su capacidad y pueden generar situaciones peligrosas cuando los vehículos maniobran para estacionarse. En Noruega, durante el periodo 1991 – 1995, los siniestros viales relacionados con el estacionamiento de vehículos representaron el 2.4% de todos los siniestros con lesiones.

Los siniestros viales más comunes relacionados con el estacionamiento incluyen: las colisiones con vehículos aparcados (30%), los atropellos a peatones cuando cruzan la calzada saliendo detrás de vehículos aparcados (25%), las colisiones cuando se sortean vehículos aparcados (15%) y las colisiones de vehículos al incorporarse nuevamente al tránsito (8%). Asimismo, además de los siniestros con heridos, un gran número de siniestros con daños exclusivamente materiales están relacionados con el estacionamiento.

La mejora de la seguridad vial no es siempre el objetivo primario de las regulaciones o restricciones de estacionamiento. El deseo de mejorar el entorno residencial o el flujo de circulación es a menudo la razón por la que se demandan restricciones a los estacionamientos sobre la vía o paradas de vehículos. Mejorar el casco antiguo o central de las ciudades, reducir la circulación, o reforzar el transporte público son algunos de los principales objetivos de las políticas de estacionamiento en Noruega (Hanssen y Stenstadvold, 1993).

La regulación de las paradas y el estacionamiento de vehículos tienen como objetivo:

- Eliminar o reducir apreciablemente el estacionamiento en superficie en las calles, especialmente donde dicho estacionamiento pueda contribuir a aumentar el número de siniestros viales.
- Transferir el estacionamiento a zonas señalizadas específicamente para ello, o a instalaciones de aparcamiento fuera de las calles.
- Prevenir que los vehículos se detengan o estacionen en lugares donde su presencia suponga un obstáculo para la visión o dificulte los movimientos de otros usuarios de las vías, incluidos los peatones.

En este punto, las medidas que se pueden considerar para regular las paradas y el estacionamiento son:

- Señales de prohibición de parada.
- Prohibición del estacionamiento en superficie.
- Restricciones al estacionamiento.
- Control de los patrones o disposiciones geométricas del estacionamiento.
- Regulación zonal de las paradas y del estacionamiento.
- Parquímetros.

Estas medidas pueden usarse de modo combinado y pueden también alternarse en la misma vialidad a lo largo de diferentes periodos del día.

### **3.10.3.16 Calles de sentido único**

Las calles de las ciudades son a menudo estrechas o tienen vehículos estacionados junto a las banquetas. Cuando existe tránsito en ambos sentidos las velocidades han de mantenerse en niveles reducidos y, a pesar de ello, los vehículos tienen que frenar a menudo cuando los conflictos o los puntos de ceda el paso son abundantes. Todo ello afecta considerablemente al flujo de la circulación.

Desde el punto de vista de los peatones, la situación se complica cuando el tránsito de vehículos a motor procede de varias direcciones diferentes, particularmente en las intersecciones más utilizadas por los peatones para cruzar. Los ciclistas también encuentran más dificultades para cruzar la vía en estas condiciones.

Mediante la introducción de calles de sentido único el número de puntos de conflicto en las intersecciones puede reducirse de modo significativo. Las vías con dos carriles de circulación y con tránsito en ambos sentidos crean 32 puntos de conflicto en las intersecciones con vías similares. Si se utilizan los dos carriles para un mismo sentido de circulación, el número de puntos de conflicto se ve reducido a 16. Además, resulta más sencillo para los peatones cruzar la vía, al mismo tiempo que la capacidad se incrementa. Como contrapartida, las calles de sentido único pueden inducir distancias de recorrido más largas.

Las calles de sentido único se señalizan instalando señales de “vía de sentido único” al inicio de la vía. La señal muestra una flecha indicando el sentido de circulación. En el otro extremo de la vía se instala una señal de “prohibido el paso”. Las calles de sentido único se introducen a menudo con ocasión de los planes de reclasificación de calles o en áreas en donde se implantan esquemas de calmado zonal del tránsito.

### **3.10.3.17 Carriles reversibles**

El volumen horario de tránsito en la red vial principal dentro de las ciudades y en sus alrededores varía considerablemente a lo largo del día. El tránsito es normalmente más intenso de entrada a las ciudades durante las horas de la mañana; en este periodo del día existe un escaso tránsito de salida de las mismas. Por la tarde sucede lo contrario. Esta distribución desigual en los flujos de entrada y salida durante las horas punta crea problemas de capacidad en la red vial principal.

No siempre es posible ampliar la capacidad del sistema vial para acomodar los picos máximos de tránsito de modo que no se produzcan retrasos o embotellamientos. Una alternativa a la construcción de nuevos carriles de circulación es convertir algunos de los ya existentes en carriles reversibles. El carril reversible tiene como objetivo poder acomodar tránsito en ambos sentidos, dependiendo de cuál de ellos soporta en cada momento un mayor número de vehículos. Su funcionamiento es alternativo, de modo que el carril reversible está abierto únicamente a un sentido en cada momento, por ejemplo, de entrada hacia la ciudad por las mañanas y de salida por las tardes. El sentido de circulación abierto al tránsito en el carril reversible se indica mediante semáforos o paneles de señalización variable situados en pórticos sobre la calzada. Una luz verde en dichos paneles indica que el carril está abierto a la circulación y, simultáneamente, se muestra al sentido contrario de circulación una luz roja.

Los carriles reversibles tienen como objetivo mejorar el flujo del tránsito en aquellas vías principales en donde la distribución entre el volumen de los dos sentidos de circulación varía considerablemente a lo largo del día. Para prevenir cualquier aumento en el número de siniestros viales es preciso instalar señales de advertencia de la existencia y del funcionamiento de los carriles reversibles.

Los carriles reversibles pueden utilizarse en vías que tienen 3, 4, 5 o más carriles de circulación. En las calles o carreteras con tres carriles es frecuente que el situado en medio sea el seleccionado como reversible, de modo que la ciudad tiene dos carriles de entrada a la ciudad por las mañanas y dos de salida por las tardes. Cuando el tránsito en general es escaso, el carril reversible puede cerrarse completamente o dejarse abierto en uno de los sentidos. Cuando se realiza el cambio del sentido de circulación, el carril reversible debe mantenerse cerrado el tiempo suficiente como para permitir que se vacíe completamente de vehículos.

### **3.10.3.18 Carriles y diseño de paradas de autobús**

La probabilidad de que un usuario de la vía resulte lesionado en un accidente es más elevada cuando el vehículo con el que se presenta el siniestro es un autobús o tranvía. Los autobuses generan un riesgo de producir una lesión a otros usuarios de las vías que equivale a cuatro veces el riesgo inducido por los automóviles privados. Los tranvías crean un riesgo muy alto de provocar lesiones a otros usuarios, aproximadamente 50 veces superior al de los vehículos privados.

La construcción de carriles exclusivos para autobuses o tranvías y la protección de las paradas de éstos tienen como objetivo segregarlos del resto del tránsito, y de este modo, reducir el número de siniestros viales. Otro objetivo con estas medidas es aumentar la movilidad del transporte público para acortar el tiempo de viaje.

La construcción de carriles bus incluye las siguientes medidas:

- Señalización vertical y horizontal del carril reservado para autobuses durante todo el día (carril bus).
- Señalización vertical y horizontal del carril reservado para autobuses durante los periodos de máxima intensidad de tránsito (carriles de hora punta para autobuses).
- Construcción de calles reservadas durante todo el día al transporte público (calles exclusivas para transporte público).

El diseño de las paradas de autobús o tranvía incluye las siguientes medidas:

- Selección de la ubicación y tipo de parada.
- Construcción de bahías para autobuses.
- Instalaciones de seguridad en las paradas, como iluminación y vallas de protección.

### **3.10.3.19 Guiado dinámico de la ruta**

En las ciudades grandes, la congestión del tránsito en las horas pico constituye un grave problema. Los atascos causan retrasos y estrés a los conductores, y pueden incitar a algunos de ellos a escoger rutas o atajos que consideran más cortos pero que pueden atravesar áreas residenciales. En las áreas urbanas con una amplia red vial existe a menudo una extensa lista de rutas alternativas. Los conductores desconocen frecuentemente la ruta más favorable desde el punto de vista del tiempo de recorrido, costos de funcionamiento de los vehículos, efectos medioambientales en el entorno y tasa de siniestralidad vial. No siempre se cumple que las rutas escogidas por los conductores den como resultado una minimización de los costes sociales del tránsito.

Los conductores que no están familiarizados con las áreas en donde existe una densa red vial, eligen a menudo vías que no resultan las óptimas para alcanzar su destino final. El resultado de ello puede ser que los conductores no lleguen a su destino por la ruta más corta y que tengan que seguir conduciendo hasta que lo encuentren.

Un estudio estadounidense (King y Mast, 1987) estimó que aproximadamente 6% de los kilómetros recorridos en Estados Unidos se pueden considerar "circulación innecesaria". En el estudio, la circulación innecesaria se definió como todos aquellos kilómetros adicionales recorridos porque los conductores no escogieron la ruta más corta (en términos de tiempo) entre dos puntos. La conducción por puro placer, aquella que no responde a ningún otro propósito que no sea el disfrute del viaje, no se consideró conducción innecesaria.

En este sentido, el número de siniestros viales con lesiones es aproximadamente proporcional al número de kilómetros recorridos (Fridstrøm et al., 1995). Un aumento en el número de kilómetros recorridos contribuye, por lo tanto, a aumentar el número de siniestros viales.

El guiado dinámico de la ruta es un sistema que proporciona información a los conductores sobre las mejores rutas al mismo tiempo que ellos están conduciendo sus vehículos. El sistema está basado en la captación de la cantidad de tránsito y del flujo de la circulación (velocidad media), normalmente con ayuda de espiras magnéticas situados bajo la calzada o con cámaras de vídeo en diversos puntos de la red vial. A partir de esta información, se puede almacenar en una computadora el tiempo de recorrido entre determinados lugares y a lo largo de ciertas vías. El tiempo de recorrido se actualiza continuamente con los cambios en el volumen de vehículos y su velocidad. El conductor puede obtener información sobre el tiempo de recorrido a lo largo de determinadas rutas mediante una unidad receptora y utilizar dicha información para elegir la ruta que ofrezca un tiempo de desplazamiento más corto.

El objetivo principal del guiado dinámico de la ruta es mejorar la utilización de la red vial evitando la selección de rutas inadecuadas. De este modo, se puede prevenir la conducción innecesaria. Este tipo de sistemas también podría proporcionar información sobre siniestros viales, desviar el tránsito lejos de la escena del accidente y suministrar información sobre la tasa de siniestralidad en las diferentes calles, de modo que los conductores puedan seleccionar las calles más seguras.

El guiado dinámico de la ruta consiste en un sistema que permite distribuir el tránsito entre las vías pertenecientes a un área a partir de la información sobre el volumen de circulación y el flujo de tránsito en las vías situadas dentro del área en cuestión. El sistema asume que cada vehículo está equipado con una unidad receptora y que el conductor utiliza en la práctica la información proporcionada por la unidad. De este modo, resulta posible aconsejar al conductor sobre las rutas más rápidas para alcanzar su destino.

### **3.10.3.20 Señales de mensaje cambiabile**

Mediante la utilización de señales las autoridades pueden regular el comportamiento del tránsito y ofrecer información a los usuarios de las vías. Esto ayuda a prevenir comportamientos peligrosos y permite avisar de los peligros relacionados con el tránsito. Sin embargo, las señales convencionales tienen dos limitaciones básicas en su papel de ayuda para captar la atención e influir en la conducta de los usuarios de las vías.

En primer lugar, las señales de tránsito no suelen incorporar elementos de supervisión o control de su cumplimiento. En muchas ocasiones los usuarios de las vías pueden desobedecer las señales durante largos periodos de tiempo sin

que esto provoque ninguna consecuencia para el infractor. Los comportamientos que infringen los mensajes de algunas señales de tránsito, por ejemplo, conducir por encima del límite de velocidad o estacionarse en zonas prohibidas, pueden incluso tener consecuencias positivas para los usuarios de las vías, como llegar más rápidamente al destino o estacionarse mucho más cerca de éste.

En segundo término, la mayoría de las señales de tránsito son permanentes y contienen el mismo mensaje a lo largo de todas las horas del día. Las señales convencionales ofrecen pocas oportunidades para variar el contenido del mensaje en función de las condiciones en el lugar y momento concreto. Por ejemplo, algunas localizaciones pueden ser especialmente resbaladizas en determinadas condiciones climatológicas y de temperatura. Sería deseable advertir a los usuarios de las vías sobre este problema únicamente cuando se presente, en lugar de advertirlos de modo indiscriminado. Una señal que avise de carreteras resbaladizas durante todo el año no será tomada en serio por los usuarios, dado que resulta obvio que el mensaje de la señal no puede ser correcto en todo momento.

Estas limitaciones pueden solventarse en algunas vías utilizando paneles de señalización variable. Los paneles de señalización variable son señales de tránsito en las que el mensaje transmitido puede mostrarse o modificarse en función de las necesidades. Por ejemplo, se podría indicar durante las horas lectivas un límite de velocidad más reducido en los alrededores de una escuela que durante el resto del día. Los paneles de señalización o mensaje variable pueden también utilizarse para avisar a los usuarios sobre vías congestionadas, siniestros viales o presencia de hielo o niebla en la calzada.

Los objetivos de los paneles de señalización variable son:

- Avisar a los usuarios de las vías de condiciones de circulación que sean infrecuentes y que requieran reacciones rápidas cuando sucedan (por ejemplo, avisos de la presencia de niebla).
- Reducir el número de señales y la cantidad de información, mediante la utilización de paneles cuyo contenido/mensaje pueda ser modificado.
- Avisar de los peligros en el mismo momento en éstos suceden, o con el menor retraso posible.

Asimismo, existe un apartado dentro del Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (DGST, 2014) en dónde se explica en qué situaciones se podrán utilizar este tipo de señales.

### 3.10.3.21 Protección de pasos a nivel

Las colisiones entre trenes y otros usuarios de las vías producen a menudo graves consecuencias. Esto es debido a que la masa del tren es mucho mayor que la de otros vehículos.

La protección de pasos a nivel tiene como objetivo reducir la probabilidad de colisión entre los trenes y otros tipos de usuarios. Esto puede conseguirse eliminando los pasos a nivel o equipándolos con señales de advertencia y barreras.

De acuerdo con el Manual de señalización vial y dispositivos de seguridad (DGST, 2014), la señal informativa de recomendación “CRUCE DE FERROCARRIL” se usa para indicar el sitio en donde se inicia el cruce a nivel con una vía férrea. Asimismo, esta señal estará acompañada por la señal restrictiva SR-6 “ALTO” para indicar el sitio donde debe parar el vehículo antes del cruce con la vía férrea, o integrarse un semáforo con barrera.

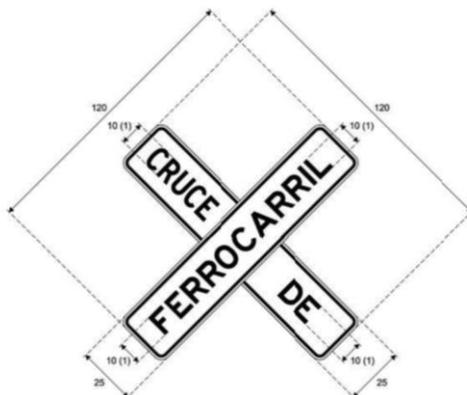


Figura 3.16 Señalización de cruce de ferrocarril en paso a nivel.

### 3.10.4 Medidas de seguridad vial en la etapa de mantenimiento y zonas de obra

Los estándares de diseño para la construcción de nuevas carreteras se basan en la expectativa de que el mantenimiento necesario se llevará a cabo periódicamente para hacer frente al inevitable deterioro causado por la carga del tránsito, los efectos climáticos y otras influencias perjudiciales. En consecuencia, el mantenimiento de las carreteras es una necesidad fundamental, tan importante como los elementos integrados en el propio diseño vial original.

El mantenimiento del activo vial debe planificarse, diseñarse y llevarse a cabo con el conocimiento de que la vía está operando. Se debe proporcionar un alto nivel de servicio a los usuarios que, con razón, esperan que se satisfagan sus necesidades incluso cuando las actividades de mantenimiento se están llevando a cabo en la

red. Además, todo el mantenimiento debe realizarse teniendo en cuenta los requisitos de las legislaciones gubernamentales sobre el trabajo involucrado.

En los siguientes apartados se expondrán los aspectos más importantes que se deben tener en consideración para un adecuado mantenimiento de la vía.

### **3.10.4.1 Repavimentado periódico de la vía**

El tránsito, las condiciones climatológicas y aquellas relativas al terreno exponen a la superficie del pavimento a un considerable desgaste y deterioro. Los baches, las grietas y las irregularidades en la superficie de la vía reducen la comodidad de conducción y pueden llegar a constituir un peligro para el tránsito. La acumulación de agua en la superficie de rodadura incrementa el peligro de hidroplaneo o acuaplaneo. Las roderas y las grietas pueden contribuir a desviar la trayectoria de los vehículos a motor. Los baches o agujeros de mayor tamaño pueden provocar daños en los vehículos y provocar que los conductores pierdan totalmente el control de éstos.

No se conoce el número de siniestros viales que se deben exclusivamente o en parte al estado de la superficie de la vía. En vialidades mojadas la tasa de siniestralidad vial aumenta cuando se tienen superficies deterioradas (calzadas con grietas, baches o irregularidades).

La renovación del pavimento (su reasfaltado o repavimentado) tiene como objetivo eliminar las irregularidades o desperfectos debidos al uso y desgaste de dicha superficie. Otros objetivos de esta medida son la mejora de la comodidad de la conducción, el mantenimiento de la capacidad del pavimento para soportar esfuerzos (como por ejemplo los esfuerzos mecánicos provocados por las cargas máximas permitidas por cada eje de los vehículos pesados) y la reducción del desgaste y deterioro de los propios vehículos.

El mantenimiento periódico del pavimento puede incluir la sustitución de las superficies o capas de rodadura existentes por otras nuevas, por ejemplo, mediante el reasfaltado. El asfaltado de los caminos de tierra se incluye como uno de los tipos de renovación de las superficies de la vía.

En cuestión de siniestralidad vial general, el reasfaltado de carreteras no parece producir ningún cambio estadísticamente significativo en la reducción del número de siniestros, al contrario, se aprecia un ligero aumento.

### **3.10.4.2 Mejoras en las irregularidades de la vía**

Las irregularidades en la superficie de la carretera representan peligros potenciales que pueden provocar pérdidas de control de los vehículos. Asimismo, los desperfectos importantes en el pavimento incrementan el desgaste y el

deterioro de los vehículos, y pueden llegar incluso a causarles importantes daños mecánicos.

La mejora de las irregularidades del pavimento tiene como objetivo eliminar los desperfectos peligrosos puntuales, de modo que se vea reducido el peligro de pérdida de control de los vehículos. Otros objetivos son reducir el desgaste y el deterioro de los vehículos e incrementar la comodidad de los desplazamientos.

La mejora del grado de irregularidad del pavimento parece producir un incremento en el número de siniestros viales de aproximadamente un 10%. Lo anterior es válido tanto para el caso de los siniestros con víctimas como para el caso de los siniestros con daños exclusivamente materiales. Una explicación al hecho de que las mejoras en las irregularidades del pavimento no mejoren la seguridad vial es que los conductores son capaces de compensar dichas irregularidades reduciendo su velocidad y aumentando su nivel de alerta (para ser capaces de sortear las irregularidades).

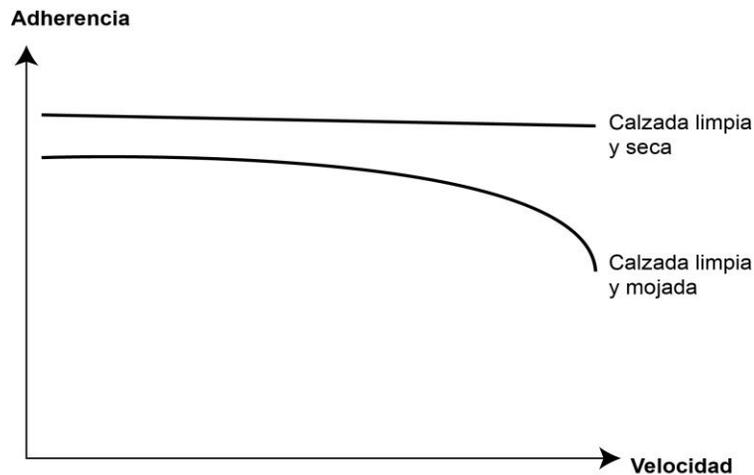
#### **3.10.4.3 Mejora del coeficiente de fricción de la vía**

Una buena adherencia es una condición esencial para la seguridad en la circulación de los vehículos. La adherencia afecta tanto a la maniobrabilidad como a las distancias de frenado. La fricción o adherencia denota la resistencia al deslizamiento entre dos superficies en contacto. La adherencia o fricción se mide utilizando un coeficiente, el coeficiente de rozamiento, que varía entre 0 y 1.

Cuando el coeficiente de fricción se reduce, digamos, desde 0.5 hasta 0.3, la distancia de detención de un automóvil que se desplace a 80 km/h aumenta de 73 hasta 106 metros (Ragnoy, 1986), asumiendo que el tiempo de reacción de los conductores en ambos casos es de un segundo. Los valores habituales de coeficiente de fricción en los pavimentos de carretera son 0.7 – 0.9 para superficies secas y limpias, 0.4 – 0.7 para superficies limpias y mojadas y 0.1 – 0.4 en superficies cubiertas de nieve o hielo.

Sobre superficies secas y limpias la adherencia no está relacionada con la velocidad de circulación (Brudal, 1961; Ivy, Ekes, Neil y Brenner, 1971; Thurmann-Moe, 1976; Hegmon, 1987). En superficies mojadas y limpias, por otro lado, la adherencia se reduce a medida que aumenta la velocidad. La relación entre la velocidad y la adherencia se muestra en la Figura 3.17.

La mejora de la adherencia de la superficie del pavimento puede conseguirse de diferentes maneras. El método más común es tender sobre la capa de rodadura existente una nueva superficie con mejor adherencia, o que mejore el drenaje del agua. Dichas superficies se conocen como firmes con alto coeficiente de rozamiento o como asfaltos porosos (o drenantes). Otro método es el estriado o ranurado del firme.



**Figura 3.17 Relación entre la velocidad y la adherencia.**

Los asfaltos porosos tienen composiciones de áridos diferentes a las de los asfaltos normales. El asfalto poroso consiste en piedras de tamaño relativamente grande, entre las cuales se forman bolsas de aire que permiten drenar el agua y contribuyen a reducir el ruido de rodadura (Kielland, 1988). Los estudios suecos indican que durante los primeros cinco años el asfalto poroso es tan resistente frente a los neumáticos con clavos como el asfalto normal (Wagberg, 1985). El asfalto poroso proporciona la misma adherencia durante las condiciones invernales que el asfalto normal (Gustafsson, 1986).

#### **3.10.4.4 Superficie de la vía color claro**

Las propiedades reflectantes de la superficie de la calzada tienen influencia en las condiciones visuales cuando se viaja por carretera, especialmente en la oscuridad. Las superficies normales oscuras absorben la mayoría de la luz que llega a la superficie de la carretera. Mediante la utilización en la superficie del pavimento de tipos de áridos con tonos más claros se puede aumentar la reflexión de la luz. La investigación desarrollada en Noruega en el Laboratorio de la Carretera (Thurmann-Moe y Drum, 1980) demuestra que es posible aumentar la distancia de visibilidad en la oscuridad en un 10 – 20% reemplazando las superficies oscuras de la vía con otras de color más claro. La distancia de visibilidad determina la distancia a la que el resto de los usuarios (así como los obstáculos fijos) pueden ser detectados y, como consecuencia, es fundamental a la hora de evitar siniestros viales. Como contrapartida, las marcas viales son más visibles sobre calzadas oscuras (Amundsen, 1983).

Las superficies de la carretera de color claro tienen como objetivo mejorar las condiciones de visibilidad durante la conducción, especialmente durante las horas nocturnas y en vías sin iluminación, de modo que tanto el resto de los usuarios como los obstáculos que eventualmente se presenten sobre la calzada puedan ser percibidos con mayor antelación.

La claridad de la superficie del pavimento viene determinada por el tipo de árido utilizado. Mediante la utilización de áridos de color más claro, la superficie de la carretera puede hacerse menos oscura.

#### **3.10.4.5 Medidas de protección contra los deslizamientos de tierra**

Los usuarios de las vías carecen de medios para protegerse por sí mismos de los desprendimientos o deslizamientos de tierra. También cuentan con pocas posibilidades de evitarlos cuando circulan por el lugar exacto en el que se producen, y en el mismo instante en que suceden. Como consecuencia, los corrimientos y los desprendimientos se consideran un peligro contra el que las personas deberían estar totalmente protegidas cuando circulan por las vías públicas.

Las medidas de protección contra los corrimientos de tierra incluyen:

- Nuevos trazados de las carreteras en terrenos menos expuestos a corrimientos de tierras, o construcción de túneles.
- Construcción de superestructuras contra corrimientos: muros, desmontes y pantallas contra desprendimientos.
- Fijado mecánico de rocas, recubrimiento de las paredes rocosas con mallas o materiales similares.
- Avisos del peligro de corrimientos de tierra y cierre de las carreteras más expuestas durante los periodos de tiempo con riesgo particularmente alto.

#### **3.10.4.6 Corrección y mejora de las señales de tránsito**

Para que las señales de tránsito funcionen de modo apropiado se deben cumplir diversas condiciones:

1. Las señales deben estar situadas de manera que resulten fácilmente visibles.
2. Las señales deben poder ser leídas tanto de día como de noche.
3. Las señales deben instalarse o emplearse de modo que sean creíbles para los usuarios (en otras palabras, de modo que sean tomadas en serio).
4. El cumplimiento de las señales tiene que ser supervisado, para evitar infracciones.
5. Las señales deben ser comprensibles.

Para garantizar que las señales de circulación cumplan con estas condiciones, en Noruega el gobierno ha elaborado diversas recomendaciones sobre el diseño, ubicación y uso de las señales de tránsito. También se han establecido normas técnicas sobre el mantenimiento de las señales en el Manual 111 de la Administración Noruega de Carreteras (Statens vegvesen, 1994A).

Sin embargo, algunos estudios sugieren que estas recomendaciones o normativas no siempre se aplican en la práctica. Un análisis de las condiciones y mantenimiento de las señales de tránsito (Amundsen, 1986) encontró que el 32% de un total de 6 484 señales inspeccionadas se encontraban dañadas. Además de lo anterior, el 19% de todos los pies de las señales presentaba daños. El estudio encontró que muchas de las señales más antiguas tenían malas propiedades reflectantes, es decir, resultaban difíciles de leer en la oscuridad.

Un estudio de 731 señales de tránsito situadas en ocho tramos de carreteras en Noruega encontró también que había defectos en el 60% de dichas señales. Se distinguió entre los siguientes tipos de defectos (el porcentaje correspondiente de defectos se indica entre paréntesis):

1. Error de ubicación: las señales estaban situadas de modo que no eran fácilmente visibles, que no tenían la altura correcta, o se encontraban demasiado cerca de otras señales (30%).
2. Fallo de diseño: la señal era de tamaño inadecuado, contenía el texto incorrecto o el color equivocado (27%).
3. Error de repetición: la señal se encontraba erróneamente ubicada en relación con la intersección o con otras señales cuyos mensajes reforzaba (4%).
4. Ausencia de correspondencia con la señalización horizontal (marcas viales): la señal vertical no se correspondía con la señal horizontal (2%).
5. Uso incorrecto de la señal: la señal había sido utilizada incorrectamente, o la combinación de señales no era adecuada (9%).
6. Exceso de señales: de acuerdo con las recomendaciones para señalización, la señal no era necesaria, o se repetía demasiadas veces (19%).
7. Ausencia de señales: las recomendaciones de señalización indicaban que debía existir una señal, y en la práctica no la había (9%).

Las señales erróneas y el mantenimiento deficiente de éstas pueden provocar que los conductores no vean algunas de ellas, o que las interpreten incorrectamente. Dependiendo del tipo de señal, esto puede provocar comportamientos peligrosos, como por ejemplo la conducción por encima del límite de velocidad, la inobediencia a las reglas de preferencias de paso, la conducción en sentido contrario o el estacionamiento ilegal.

La corrección de las señales de circulación erróneas tiene como objetivo garantizar que las señales y su mantenimiento correspondan con las recomendaciones y normas preparadas por las autoridades, de modo tal que las señales cumplan eficazmente la función para las que se han diseñado.

En este punto se recomienda realizar inspecciones de seguridad vial para poder determinar si cierta señal está bien ubicada y es visible, así como el nivel de atención que está teniendo por parte de los usuarios de la vía.

### **3.10.4.7 Recomendaciones en zonas de obra**

Cuando se realizan trabajos sobre una vialidad, difícilmente se puede cerrar por completo al tránsito, creando zonas con un alto riesgo tanto para trabajadores como para usuarios. Para evitar que un vehículo llegue a penetrar en el área de trabajo se requiere un plan de manejo de tránsito temporal bien diseñado, así como señalización oportuna que advierta sobre la proximidad de la zona en obras.

PIARC (2012) hace referencia a 4 principios fundamentales para el manejo seguro y eficiente en el diseño, operación y mantenimiento de las zonas de obras. Estos principios indican que una zona en obras debe ser notable, clara, consistente y creíble.

1. **Notable.** Los usuarios deben ser físicamente capaces de ver qué está por venir. La zona de obra debe notarse, atrayendo la atención de los usuarios para incitarlos a actuar de manera segura en su paso a través de ésta zona con restricciones a la circulación.
2. **Clara.** Todos los señalamientos, guías e instrucciones a través de la carretera donde se desarrollan trabajos deben ser claros, con el fin de que los usuarios estén absolutamente seguros acerca de sus decisiones sobre cómo deben conducirse.
3. **Consistente.** La zona debe tener arreglos del mismo tipo, estándares uniformes, para inducir a los usuarios que mantengan un determinado comportamiento esperado. Es de suma importancia que no se presenten sorpresas a los usuarios, razón por la cual la uniformidad y armonía es un elemento prioritario en todos los temas relacionados con la señalización.
4. **Creíble.** Las instrucciones deben ser creíbles con el fin de que los usuarios puedan confiar en ellas y que los mensajes de advertencia concuerdan con las condiciones que se presentarán a continuación.

De acuerdo con recomendaciones de la Administración Sueca del Transporte, el manejo del tránsito temporal debe: informar, guiar y proteger. Es decir, se debe informar a los usuarios con antelación sobre la proximidad de una zona en obras para que adecuen su velocidad de aproximación y, a continuación, guiarlos de manera clara y segura a través de la zona intervenida. Finalmente, el personal

encargado de llevar a cabo los trabajos debe estar siempre protegido para asegurar que realicen sus labores de una manera segura.

Como regla general, para minimizar el riesgo que se presenta en una carretera con trabajos en desarrollo, la desviación del tránsito debe ser siempre la primera opción. Si ésta no es posible, el tránsito debe guiarse de manera tal que circulen a una distancia segura de la zona en obras. La última opción siempre debe ser separar el tránsito de la zona de obras mediante dispositivos viales. Además, siempre debe protegerse la zona en obras para evitar la inclusión de los usuarios de la vía en ella.

Es recomendable realizar los trabajos en el horario con menor intensidad de tránsito, con el fin de minimizar la interferencia en la operación de la vía. Sin embargo, debe considerarse que en nuestro país es común que cuando hay menos demanda de tránsito la velocidad de operación aumenta, por lo cual se deben colocar señales que informen sobre los trabajos que se realizan con suficiente distancia, contemplando este aumento en la velocidad de circulación de algunos vehículos.

Para mantener la operación de una zona de obras de una manera segura, existen medidas de tipo reglamentario/administrativo o de carácter técnico. Estas medidas deben ser difundidas para que sean conocidas por las autoridades y aplicadas exitosamente por parte de las empresas contratistas responsable de los trabajos sobre carreteras.

#### *Medidas reglamentarias y de gestión*

Desde el punto de vista legislativo, en países de vanguardia en la temática de seguridad vial la ley prohíbe que los trabajadores ingresen a la zona de obra hasta que se compruebe su seguridad, revisando los permisos necesarios y verificando la colocación de los señalamientos y desviaciones del tránsito. En México está en desarrollo la Ley General de Seguridad Vial, sin embargo, tiene ya varios años que se ve detenida en la cámara de diputados. Asimismo, se cuenta con una norma oficial "NOM-086-SCT2-2015, Señalamiento y dispositivos para protección en zonas de obras viales", sin embargo, hace falta demasiada supervisión para que se cumpla todo lo establecido en ella. En general, tenemos mucho trabajo que realizar a este respecto para lograr que las consideraciones de seguridad vial sean contempladas, exigidas y aplicadas legalmente. Se debe regular el inicio de los trabajos en la zona de obra, permitiendo el paso de los trabajadores hasta que el lugar sea seguro para ellos.

Para la asignación de los trabajos el factor determinante al momento del fallo es generalmente el costo. Se debe buscar la manera de incluir un factor que pondere la importancia de los aspectos de seguridad vial al momento de elegir la mejor propuesta técnico-económica para los trabajos. Se debe dar mayor importancia al proyecto de señalamiento en zona de obra, requisando el proyecto correspondiente a las desviaciones, señalamiento y demás previsiones para

intervenir el área de manera segura, pero sobre todo haciendo cumplir este requisito. Además, una vez asignada la obra, las medidas de seguridad deben quedar sentadas de manera contractual, y consideradas dentro del presupuesto del contratista. Recomendaciones internacionales señalan que una buena práctica para incluir una correcta gestión de la seguridad en las zonas en obras es establecer parte del pago dependiendo de los resultados de seguridad obtenidos durante la ejecución de las obras, así como utilizar indicadores y metas relacionadas con la seguridad vial. Es importante buscar las vías legales para lograr la obligatoriedad de las consideraciones de seguridad vial.

Asimismo, para asegurar que los estándares de seguridad vial se mantengan, deben realizarse inspecciones rutinarias. Estas inspecciones deben ser hechas por personal experimentado para brindar las recomendaciones pertinentes que aseguren condiciones óptimas de seguridad durante la ejecución de los trabajos. Durante este tipo de inspecciones, el uso de listas de verificación puede ser de gran ayuda. En adición, el contratista debe contar con personal exclusivo responsable de la seguridad en la obra, el cual debe contar con capacitación especializada en el tema. A este respecto, recientemente la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes publicó el Manual de Auditorías de Seguridad Vial, el cual incluye un capítulo exclusivo respecto al control de la supervisión de las zonas de obra a través de auditorías de seguridad vial (DGST, 2018).

En la supervisión de los trabajos, una práctica recomendable es tomar fotografías al momento de autorizar la apertura de los trabajos, con el fin de asegurar que una vez iniciada la intervención en el tramo ningún señalamiento importante sea retirado. Asimismo, se debe procurar la estandarización de las revisiones de seguridad en las zonas de obra, con el fin de promover el conocimiento de los procedimientos que deben seguirse en dichas zonas.

Para lograr transmitir a los usuarios la importancia que tiene el seguimiento de las indicaciones en este tipo de zonas, la comunicación es de vital importancia. Se debe comunicar a los usuarios los beneficios de las obras, así como mantener la información actualizada sobre las condiciones del tránsito, con apoyo de las nuevas tecnologías.

Por otro lado, la gestión de la velocidad representa un tema sobresaliente, pues a pesar de que existen medidas técnicas para influir en la velocidad que desarrollan los usuarios, los mejores resultados se obtienen a partir de la vigilancia, haciendo cumplir las medidas regulatorias vigentes.

#### *Gestión de la velocidad, vigilancia*

La presencia policiaca, ya sea circulando o estacionados en la zona de obra, son las dos maneras típicas de vigilancia. Un estudio desarrollado en EUA (Ukkusuri et al, 2016) señala que la vigilancia policiaca reduce tanto la velocidad de los automóviles ligeros como de los camiones de carga en alrededor de 7 y 8 km/h

respectivamente. Este tipo de operativos son efectivos, sin embargo, el efecto “halo” y su costo son las principales desventajas.

Los radares de vigilancia automática (foto multas) son una buena alternativa para detectar velocidades excesivas. Países de vanguardia en la temática de seguridad vial como Países Bajos, indican incluso los costos mínimos de una multa al violar los límites de velocidad en zona de obra por el riesgo que esto implica. Además, el efecto “halo” se reduce significativamente al usar esta forma para detectar infractores. Estudios realizados en EUA (Benekohal et al, 2009) han encontrado reducciones de entre 6.8 y 12.7 km/h en automóviles y entre 5.5 y 11.1 km/h para camiones de carga al utilizar este tipo de control de velocidad. Por otro lado, en países donde este tipo de medidas ya son habituales, se comercializan detectores de radares para su instalación en los vehículos; este tipo de dispositivos alertan a los conductores sobre la presencia de radares, incitándolos a reducir su velocidad para evitar multas. Dado que es usual que los conductores más intrépidos coloquen este tipo de dispositivos, su efecto es ejercido directamente hacia los conductores más arriesgados.

Se debe enfatizar el peligro que conlleva el exceso de velocidad en zonas de obras, tanto para los propios usuarios como para los trabajadores, por lo cual es muy recomendable establecer multas acordes.

#### *Establecimiento de la zona de obras*

El mayor peligro en una zona de obra se presenta al momento de colocar y retirar la señalización correspondiente, por lo cual este procedimiento debe hacerse de la manera más rápida posible. Existen varias técnicas para realizar una rápida y segura señalización de la zona, entre ellas:

- i. Breve cierre total de la vialidad para colocación de señalamientos sin la interacción con el flujo vehicular.
- ii. Uso de grúas para colocación de señales tipo bandera (ver Figura 3.19).
- iii. Uso de equipos automatizados para la colocación y retiro de señalamiento (ver Figura 3.18).

En las siguientes figuras se muestran ejemplos de equipos que permiten agilizar las labores de montaje y desmontaje de señalamiento, evitando así el riesgo que implica su instalación y retiro.



Figura 3.18 Instrumentos robotizados para colocación de conos.



Figura 3.19 Grúa auxiliar para despliegue de señalización de obra.



Figura 3.20 Camión auxiliar para despliegue de señalización de obra.

En la Figura 3.20 se puede observar cómo, además de ser una manera sumamente rápida de montar la señalización de aviso de zona de obra, las señales montadas en tráiler mejoran el reconocimiento sobre las restricciones que se presentarán en la circulación.

Por otro lado, en los trabajos de señalización de zona de obra en carretera, los operarios se encuentran expuestos al riesgo que supone la colocación y retirada de la señalización con tránsito, en las cuales se tiene que cruzar la calzada vehicular o caminar a un lado de ella cargando el peso del señalamiento. Es recomendable proveer las señales provisionales con mecanismos que las hagan más fáciles de montar y desmontar. Por ejemplo, en el caso de las señales verticales, un asa trasera para su manipulación y transporte, así como, evitar los materiales con bordes filosos que pudieran lastimar a los trabajadores, ayudan a agilizar su despliegue. Ejemplos de lo mencionado se muestran en la Figura 3.21.



**Figura 3.21 Señalamiento temporal fácil de transportar.**

#### *Información, advertencia y guiado a los usuarios*

Antes de que los usuarios lleguen a la zona de obra, se les debe avisar para que modifiquen su comportamiento, guiando su toma de decisiones para que no entren a esta zona con restricciones al tránsito sorpresivamente.

#### *Uso de señales de mensaje variable*

Cuando recién se ha establecido una zona en obras se generan limitaciones y desviaciones al tránsito. Las aplicaciones móviles de navegación, tan usadas hoy en día, pueden no estar actualizadas, por lo cual, durante las primeras horas de entrada en operación de los trabajos es muy recomendable colocar señales que sugieran no seguir las instrucciones de sus dispositivos como la mostrada en la Figura 3.22. Incluso, en algunos países se coloca señalización pidiendo a los usuarios sintonizar cierta estación de radio como la mostrada también en la Figura 3.22, en la cual se brinda información sobre las condiciones que se presentarán en el camino.



**Figura 3.22 Señal de mensaje variable “no sigas las instrucciones del navegador” y señal para aviso de información por radio.**

Si la intervención en la carretera se prolongará por un considerable periodo de tiempo, se deben proveer rutas alternas, brindando información al respecto para evitar la formación de grandes filas de espera, agilizando el tránsito, evitando pérdidas importantes de tiempo y evitando los siniestros que se presentan bajo estas condiciones. En la Figura 3.23 se presenta un ejemplo de este tipo de señales.



**Figura 3.23 Señal de aviso de desvío por congestión.**

Asimismo, es importante colocar señales de mensaje variable para brindar información actualizada sobre las condiciones que los usuarios encontrarán a través de la zona intervenida. Por ejemplo, es recomendable colocar señales con mensajes variables indicando si se encontrará congestión vehicular, para esta tarea se pueden usar señales como la presentada en la Figura 3.24. El accionamiento de este tipo de señales se puede realizar utilizando sistemas automatizados que al detectar velocidades menores a 50 km/h activen las señales correspondientes. El avisar a los usuarios a través de mensajes variables sobre condiciones de congestión vial contribuye a homogeneizar el tránsito.

Con respecto a los avisos de congestión, es interesante mencionar que de acuerdo con investigaciones de Ukkusuri et al. (2016) en los EUA, es mucho más

recomendable indicar la longitud de las filas de espera que los tiempos de retraso, pues estos pueden ser muy variables.



**Figura 3.24 Señal de aviso de congestionamiento.**

En definitiva, y de acuerdo con varios estudios, la percepción de seguridad de los usuarios es mucho mayor cuando se hace un uso apropiado del señalamiento con mensaje variable, por lo cual su uso en zonas de obra es altamente recomendable. Este tipo de mensajes permite a los usuarios reaccionar adecuadamente ante situaciones como tránsito detenido o congestión, ya sea modificando su comportamiento o desviando su trayectoria cuando esto es posible.

#### *Guiado a través de la zona de obra*

Es importante guiar las trayectorias que deben seguir los usuarios a través del uso de señalamiento temporal horizontal y vertical.

Respecto al aviso de orientación y cambio de carril, los sistemas de separación de sentidos de circulación brindan excelentes resultados para la canalización del tránsito. Es importante que los dispositivos para separar los sentidos sean colocados continuamente, sin dejar zonas libres para tratar de ahorrar elementos, esto con el fin de evitar el riesgo de choques frontales y laterales. En la Figura 3.25 se muestra una correcta colocación de este tipo de sistemas.

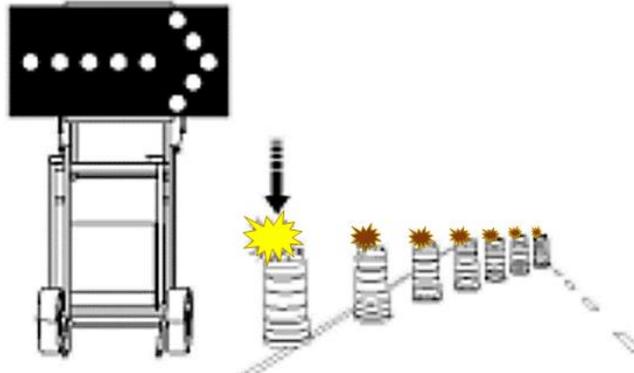
Colocar marcas temporales sobre el pavimento para guiar la trayectoria a seguir por parte de los conductores también ayuda bastante para evitar confusiones y lograr una rápida comprensión de la situación. Cuando se colocan marcas de guía provisionales en el pavimento, se debe contemplar la posibilidad de altos aforos de tránsito, esto con el fin de colocar dichos señalamientos en todos los carriles para que cada usuario logre observar las marcas provistas, ya que en condiciones de saturación si sólo se señalizan algunos carriles, su visualización, es obstruida por el tránsito.



**Figura 3.25 Dispositivos para separación de sentidos de circulación.**

Otra situación donde se deben extremar precauciones, es cuando se realizan trabajos cerca de una desincorporación con importante demanda. Se debe evitar obstruir dicha salida, canalizando a los usuarios para prevenir confusiones.

Al cerrar un carril se crea una convergencia de trayectorias, en dicha zona debe colocarse señalización incitando a los vehículos a ceder el paso. De acuerdo con recomendaciones probadas en EUA (Finley et al. 2001), una buena práctica para indicar cambios de carril viene dada por un sistema interconectado de luces intermitentes sincronizadas sobre tambores indicando la desviación (ver Figura 3.26) reforzado con un tablero iluminado de flecha sólida. Este sistema crea un efecto dinámico que invita a los usuarios a cambiar de carril.



**Figura 3.26 Sistema de luces sincronizadas para cambio de carril.**

En vialidades con alta demanda y flujos de tránsito variables, se recomiendan sistemas dinámicos de desvío de carril. En este tipo de sistemas, cuando la demanda es alta, se realiza el aviso de cierre de carril con mayor anticipación, logrando una zona de flujo constante y evitando la formación de largas colas de espera. Estos sistemas utilizan señales como la mostrada en la Figura 3.27 cada cierta distancia, mediante la cual se comunica a los usuarios la maniobra que debe realizar a continuación. Los sistemas dinámicos de desvío se equipan con sensores que detectan el volumen de tránsito y las velocidades, para poder determinar en donde inicia la saturación de los carriles y avisar a los usuarios antes de encontrarse en dicha situación. Con estas configuraciones se han

logrado excelentes resultados, evitando maniobras agresivas en la peligrosa zona de convergencia donde se cierra algún carril, reduciendo el tránsito detenido, el riesgo de choque y las demoras correspondientes.



**Figura 3.27 Señal de sistema de dinámico de desvío de carril.**

Otra recomendación al reducir el número de carriles en operación (Idewu y Wolshon, 2010) es crear una convergencia de dos carriles en lugar de bloquear sólo uno. Con esto se evita crear prioridad en un carril, incitando a los usuarios a incorporarse con maniobras uno a uno y generando en los conductores conductas más cautelosas.

#### *Coherencia de la información*

Una cuestión muy importante y que constantemente se olvida, es la coherencia del señalamiento permanente con el provisional para la zona de obra. Para guiar apropiadamente a los conductores a través de estas zonas, el señalamiento permanente que no coincide con las actuales restricciones debe cubrirse, colocando el señalamiento temporal necesario.

Es importante proporcionar información apropiada acerca de las condiciones que se encontrarán en el camino para evitar peligros. Sin embargo, demasiada o complicada información puede ser perjudicial, propiciando confusión en los usuarios. Colocar demasiados señalamientos advirtiendo zona de obra y limitando la velocidad cuando no es necesario, propicia falta de credibilidad en este tipo de señales, así como una opinión negativa hacia su presencia. Cuando un conductor observa señalamiento indicando una zona de obra y más adelante no encuentra ninguna, estas señales pierden su confiabilidad, por lo cual, con la finalidad de mantener la credibilidad de estas señales temporales, éstas deben retirarse o cubrirse cuando no son requeridas.

### *Gestión de la velocidad*

Cuando los trabajadores de la vía están expuestos al tránsito o las obras aumentan el riesgo de los usuarios, se requiere una reducción en la velocidad de circulación. Es muy importante cubrir los señalamientos restrictivos de velocidad que son parte de la infraestructura permanente de la carretera cuando entran en conflicto con las instrucciones para la zona de obra. Asimismo, los señalamientos temporales sólo deben permanecer mientras las restricciones producidas por las obras existen, pues en caso contrario éstos pierden credibilidad y en consecuencia los usuarios no los perciben como señales que deban obedecer.

### *Señales de mensaje variable*

Las señales de límite de velocidad variable proveen la flexibilidad necesaria para cambiar el límite de velocidad dinámicamente, con la finalidad de optimizar la operación del tránsito y la seguridad a través de la zona. De acuerdo con estudios realizados en Washington (Fundala y Fontaine, 2010), los sistemas con límites de velocidad variable retrasan la aparición de congestionamientos viales, y cuando se presentan, ayudan a que el flujo se recupere más rápidamente, siempre y cuando los volúmenes de demanda no sean muy superiores a la capacidad por la propia zona de obra. En la Figura 3.28 se presentan dos ejemplos de este señalamiento.



**Figura 3.28 Señales de aviso y límite de velocidad variable.**

Una variación de este tipo de señalamiento de velocidad variable incluye un par de luces tipo semáforo, las cuales encienden intermitentemente cuando se encuentra personal realizando trabajos, con el fin de que los conductores extremen precauciones (ver Figura 3.29).

En resumen, el uso de señales variables de velocidad, consistentes con las condiciones actuales de operación de la zona intervenida, contribuyen a respetar el límite de velocidad, agilizar el tránsito, homogeneizar el desarrollo de velocidades y mejorar la seguridad en general.



Figura 3.29 Señales de límite de velocidad variable.

En zonas de obra de corta duración, es recomendable el uso de señalamientos complementarios con radares de velocidad, que informen al usuario sobre su velocidad y la velocidad recomendada. Este tipo de señalamientos funcionan mejor en zonas de obras de corto plazo ya que los usuarios se llegan a habituar a su presencia, lo cual les va restando efectividad. Alrededor del mundo se han usado varias configuraciones de mensajes para incentivar a los conductores a disminuir su velocidad al aproximarse a una zona con restricciones por obras, mensajes como “VA MUY RÁPIDO, MODERE SU VELOCIDAD”, “SU VELOCIDAD ES \_\_\_\_, MODERE SU VELOCIDAD”, “GRACIAS POR RESPETAR LOS LÍMITES DE VELOCIDAD”, “VA MUY RÁPIDO, MULTA MÍNIMA \_\_\_\_”, entre otros, han reportado resultados similares. En especial, el señalamiento que informa sobre la velocidad a la que se está circulando seguida del límite de velocidad, como la mostrada en la Figura 3.30 ha presentado efectos positivos en la moderación de la velocidad, reduciéndola en 6% en promedio (Bowie, 2003).



Figura 3.30 Señal de información de velocidad.

### *Marcas transversales en el pavimento*

Otra técnica usada para moderar la velocidad del flujo de tránsito son las marcas en el pavimento colocadas transversalmente al tránsito. En México usualmente se colocan las marcas logarítmicas, sin embargo, existen otras configuraciones como la mostrada en la Figura 3.31. Estas marcas, además de introducir un efecto de reducción en el ancho del carril, al disponerse con un espaciamiento logarítmico crean la sensación de ir cada vez más rápido al atravesar la zona señalada.



**Figura 3.31 Marcas provisionales en el pavimento.**

### *Vibradores portátiles*

El uso de vibradores portátiles ha mostrado buenos resultados para disminuir la velocidad de los conductores al aproximarse a un área en obras, sobre todo en los vehículos ligeros. La imagen presentada en la Figura 3.32 muestra la disposición recomendada de este tipo de dispositivos, colocando dos juegos de cuatro tiras separadas 90 cm entre sí. Este tipo de dispositivos siempre deben utilizarse en conjunto con la señalización correspondiente para advertir la zona de obras. Es importante mencionar que se debe obligar a los usuarios a pasar por dichos dispositivos, ya que, si se colocan sólo en un sentido de circulación como el mostrado en la Figura 3.32, es usual que los conductores los esquiven conduciendo por el otro carril (cuando esto es posible). Asimismo, colocar las tiras en un color naranja, provee un efecto visual extra que alerta a los usuarios sobre la presencia de una zona de obras.



**Figura 3.32 Vibradores portátiles.**

### Chicanas o deflectores

Las chicanas son un sistema donde se obliga al conductor a realizar un desplazamiento lateral en su trayectoria, forzándolo a reducir su velocidad (ver Figura 3.33). Este tipo de sistemas reduce de una manera muy eficiente la velocidad. Su inconveniente es el tiempo y trabajo que implica su colocación y retiro, por lo cual su uso se recomienda solo en zonas donde la duración de los trabajos es considerable.

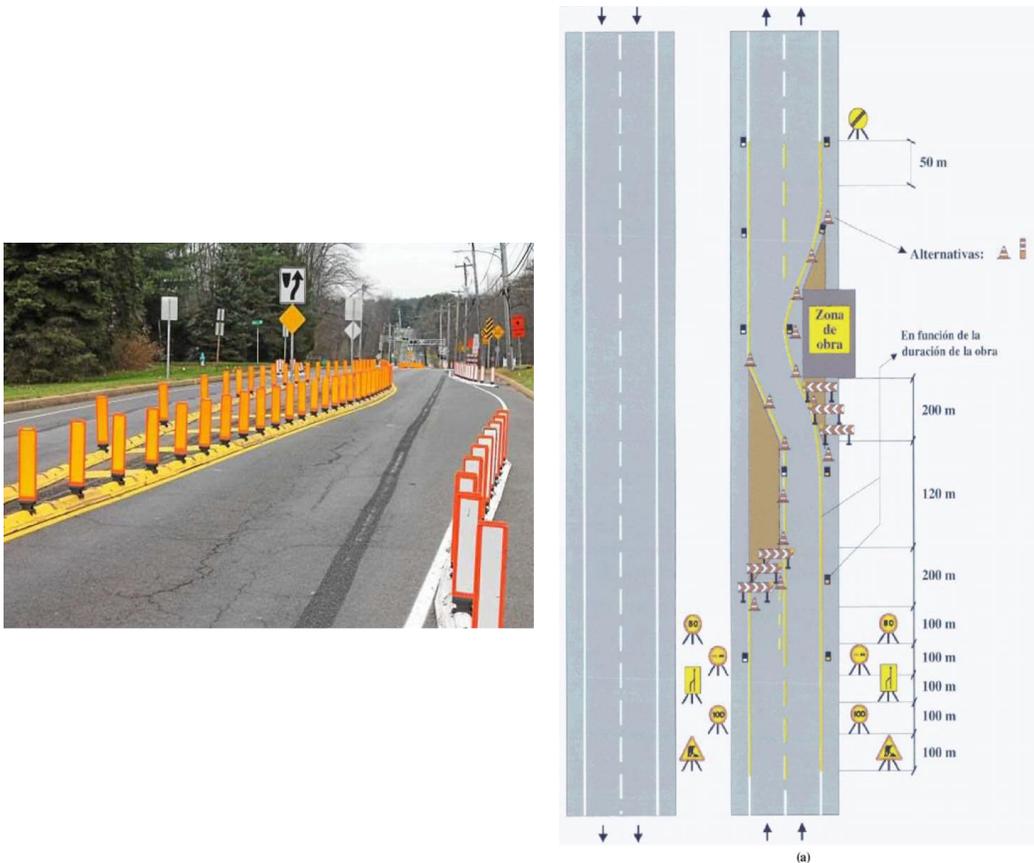


Figura 3.33 Chicanas en zona de obra.

### Deslumbramiento

Para evitar interferir con la operación del tránsito, en vialidades con alta demanda los trabajos se desarrollan en horarios nocturnos para aprovechar los menores aforos del día. En estos casos se deben tomar las medidas necesarias para evitar el deslumbramiento que causa la luz artificial, tanto para los trabajadores como para los usuarios, evitando colocar reflectores a baja altura o en dirección hacia la vista de los conductores. El uso de pantallas para evitar el deslumbramiento es recomendado.

### *Barreras de seguridad*

Es muy importante separar la zona de circulación del tránsito con la de trabajos, lo cual puede lograrse con el uso de barreras físicas. En zonas de trabajo fijo o donde se desarrollarán trabajos por un largo periodo, se recomienda el uso de barreras de concreto móviles como las mostradas en la Figura 3.34 o rieles de acero desmontables.

En el caso de zonas con obras temporales el uso de barreras longitudinales rellenas de agua, como la mostrada en la Figura 3.35, da buenos resultados para separar el área de trabajo, además de ser una buena guía para los conductores dado el efecto visual que producen. Las barreras plásticas rellenas de agua tienen varias ventajas, entre las cuales esta su fácil manipulación, rápida instalación y bajo costo, además de que pueden utilizarse para bloquear espacios pequeños. Sin embargo, en México es muy usual que este tipo de barreras no sean llenadas con agua, incluso es bastante común que se les coloquen piedras o tabiques en la parte superior para evitar que el viento las mueva, constituyendo un grave peligro para vehículos que pudiesen colisionar contra ellas.



**Figura 3.34 Barreras de concreto móviles.**



**Figura 3.35 Barreras plásticas longitudinales.**

Otro dispositivo para crear una zona segura, recomendada sobre todo en lugares donde se desarrollarán trabajos por un breve periodo de tiempo, son las barreras integradas por un semi-tráiler como la presentada en la Figura 3.36. Este tipo de barreras ofrecen una protección tanto física como visual entre el tránsito de paso y los trabajadores. El modelo mostrado en la Figura 3.36 puede modular su longitud en un rango entre 12.8 y 30.5 metros.



**Figura 3.36 Barrera semi-tráiler.**

#### *Tractores amortiguadores de impacto*

En zonas donde se interrumpe o desvía el flujo normal del tránsito es muy recomendable colocar amortiguadores de impacto. Un amortiguador de impacto disipa de forma gradual la energía cinética del vehículo que se impacta contra éste, disminuyendo notablemente la severidad del choque. Existen varios modelos de estos dispositivos, los cuales pueden colocarse sobre camiones o tractores, brindando una manera rápida y segura para su colocación y retiro. En la Figura 3.38 se muestra un par de ejemplos, donde se puede observar que no necesariamente deben ser sofisticados sistemas de amortiguamiento como el presentado en la Figura 3.37, sino que pueden adaptarse dispositivos en los propios camiones que se usan habitualmente en obra.



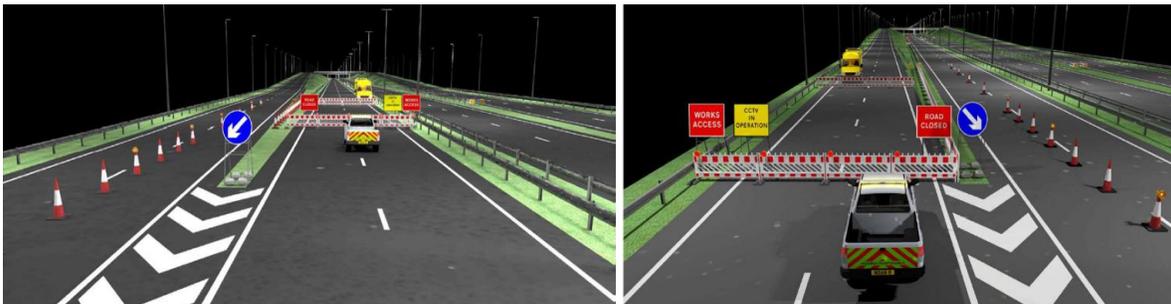
**Figura 3.37 Amortiguador de impacto.**



**Figura 3.38 Amortiguador de impacto.**

### *Sistemas Airlock*

Cuando es necesario bloquear por completo una calzada vehicular por el desarrollo de obras, es recomendable realizar el cierre de carriles con el llamado sistema “airlock”, el cual consiste en colocar dos bloqueos que ayudan a disminuir la posibilidad de que un vehículo no autorizado entre a la zona de trabajos, poniendo en riesgo la integridad física de los trabajadores (ver Figura 3.39). Este sistema es recomendado en todas las entradas y salidas que bloquean el área en obras y por las cuales es necesario que pasen vehículos de trabajo. Además, permiten tener un control más efectivo sobre las personas que acceden a la zona y brindan un área de resguardo para evitar la formación de colas fuera de esta área, lo que podría formar un conflicto con el tránsito que pasa.



**Figura 3.39 Sistema Airlock**

### *Alertas de intrusión*

Son varios los dispositivos que se pueden utilizar para detectar el paso de un vehículo por una zona cerrada a la circulación, por ejemplo, los tubos neumáticos, microondas, el rayo infrarrojo, sensores de movimiento, entre otros. Estos dispositivos accionan una alarma que alerta a los trabajadores sobre la intrusión de un vehículo no autorizado que puede poner en riesgo su seguridad. El uso de este tipo de sistemas no es tan efectivo cuando dentro de la zona de obra se produce mucho ruido.

### **3.11 Monitorear el desempeño de las medidas**

Un problema muy importante, que a menudo se descuida después de la introducción de una medida de seguridad vial, es el monitoreo del desempeño. El estado de los indicadores objetivo debe ser monitoreado anualmente, y se debe dar retroalimentación sobre su desempeño a los organismos responsables y al organismo coordinador nacional. Si alguno de ellos no se desarrolla en la dirección correcta, se deben tomar medidas de corrección adecuadas. El monitoreo sistémico del desempeño y la evaluación de los efectos de las medidas aplicadas motivan la implementación de medidas de seguridad más efectivas.

Varias fuentes señalaron la necesidad de mejorar la calidad de los datos sobre muertes, lesiones, indicadores provisionales y datos de exposición. Una buena fuente de información complementaria sobre la situación de la seguridad vial está reuniendo la opinión pública. Para comprender la percepción del riesgo de la población, así como el apoyo popular a las medidas de seguridad, se recomienda realizar encuestas. Este tipo de encuesta es una buena fuente para seguir los cambios en las actitudes del público hacia temas importantes de seguridad del tránsito a lo largo del tiempo. La Administración de Transportes de Suecia, que es responsable del trabajo de seguridad vial, realiza encuestas anuales entre la población para recopilar información sobre las actitudes del público. Un hallazgo importante de estas encuestas es que, en general, se necesitan años antes de que se puedan rastrear diferencias importantes en las actitudes y percepción de una medida en particular.

### **3.12 Estimular la investigación y el desarrollo de capacidades**

El contar con un programa de investigación de seguridad vial debería ser una parte de cualquier sistema de gestión de seguridad vial. Elvik et al. (2009) mostraron que los beneficios de la investigación en seguridad vial son mayores que los costos de llevar a cabo dicha investigación e implementar medidas de seguridad vial basadas en sus resultados. Hauer (2005) concluyó que hay una tendencia emergente en la gestión de la seguridad vial hacia decisiones basadas en hechos y en la ciencia, donde dicha gestión se basa en el conocimiento fáctico mantenido por profesionales bien capacitados. Para llegar allí, hay una necesidad de formación sistemática de los profesionales en el conocimiento de la seguridad vial, así como en los métodos de investigación. Para fortalecer el desarrollo de capacidades, Muhlrad (2015) propone capacitación para mejorar las habilidades y el conocimiento de las partes interesadas en la seguridad vial, así como, el desarrollo de herramientas de soporte.

## 4 Conclusiones

---

La decisión de establecer un enfoque basado en la gestión de la seguridad vial, en donde se realice un plan sistémico de cómo deben estructurarse los planes para solventar los siniestros en la red vial, la tendrán finalmente los encargados de tomar las decisiones, quienes deben apoyarse en los profesionales del transporte para poder implementar las medidas necesarias.

En cuanto a los elementos que se deben tener en cuenta en las etapas de los proyectos de infraestructura, podemos destacar que en la etapa de planeación destacan 4 puntos que se deberían implementar en cualquier sistema de gestión de la seguridad vial:

1. Reparto de competencias administrativas o públicas para la introducción de las medidas de seguridad vial.
2. Sistemas para la asignación de recursos para acciones de seguridad vial, incluyendo sistemas de incentivos dirigidos a las autoridades locales.
3. Definición de la responsabilidad de la puesta en marcha de medidas de seguridad vial y de la planificación de éstas.
4. Definición del alcance de la responsabilidad legal sobre el diseño y mantenimiento de las vialidades.

Otro punto importante que es menester de los profesionales del transporte, es dar a conocer el impacto que tienen los siniestros viales en el número de fatalidades y lesionados graves, ya que es necesario concientizar a la sociedad y a los tomadores de decisiones para poder mejorar la seguridad vial de la infraestructura.

La seguridad vial aumenta cuando se diseña con un elevado estándar de proyecto geométrico, el cual comprende entre otros aspectos: control total de accesos, zonas laterales benignas, rampas de entrada y salida en intersecciones a desnivel, y sentidos opuestos de tránsito separados por una mediana. Sin embargo, si esto no es posible, podemos aplicar medidas para mejorar la seguridad vial como: canalización de cruces, rotondas, barreras, amortiguadores de impacto e iluminación. Además de que las combinaciones de dichas medidas ayudan en su mayoría a disminuir la siniestralidad vial, cuanto mayor sea la dosis de las medidas que se implementan mayor será el cambio en el número de siniestros viales.

En cuanto a mejorar el proyecto geométrico, se debe evitar una geometría irregular. Se sugiere la construcción de terceros carriles para rebase, rampas de emergencia donde se requieran y proporcionar zonas laterales despejadas en las carreteras.

De todas las medidas mencionadas, en resumen, se tiene que la canalización de intersecciones mejora la seguridad mediante la separación de los flujos de tránsito, mejorando la visibilidad y marcando los patrones de conducción. Los carriles de bicicletas también separan el flujo motorizado de los ciclistas, usuarios vulnerables. Una mejora en la sección transversal de las carreteras, brinda a todos los usuarios un incremento en los márgenes de seguridad, además de aumentar la movilidad. Asimismo, todos los tratamientos para el control de accesos, tienen beneficios en el rubro de la seguridad vial. Por último, se deben diseñar nuevas carreteras con el concepto de vías perdonadoras con el fin de disminuir la siniestralidad vial y minimizar sus riesgos.



## 5 Recomendaciones

---

Como se ha recalcado desde el principio, se recomienda adoptar un enfoque sistémico en donde las responsabilidades de las partes involucradas estén bien definidas y fortalecer, sobre todo, los rubros de:

- Indicadores confiables del valor estadístico de la vida.
- Bases de datos con registros de siniestros con información de la policía y de los hospitales.
- Datos de exposición (persona – kilómetros) para todos los modos de transporte.
- El uso de análisis tridimensionales para identificar problemas de seguridad vial.
- Utilizar las nuevas tecnologías disponibles como los “Análisis sustitutos de la accidentalidad”, para poder identificar sitios potenciales en dónde se puedan presentar siniestros viales.
- Aplicar solamente medidas de mejora con efectividad conocida y comprobada.
- 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.



## Bibliografía

---

Amundsen, F. H. et al. (1976). Gangfelt. Utredn 1975. TØ1-rapport. Utgitt i samarbeid med Forskningsgruppen, Institutt for samferdselsteknikk, Norges Tekniske Høgskole. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Amundsen, F. H. y P. Christensen (1986). Sammenheng mellom kjøre fart og utforming av boligveger. TØ1-rapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Belcher, P. e I. Catling (1987). Electronic route guidance by AUTOGUIDE: the London demonstration. Traffic Engineering and Control, 28, 586-592.

Benekohal, R., Wang, M-H., Chitturi, M., Hajbabaie, A., Medina, J. (2009) Speed Photo-Radar Enforcement and Its Effects on Speed in Work Zones Transportation Research Record, V 2096, s 89-97. <https://doi.org/10.3141/2096-12>.

Bergan, R. y E. Wærness (1995). De norske kjøretøyavgift ene. ECON-rapport 124/95. ECON Analyse, Oslo.

Berntman, M., 1994. Metoder för insamling av uppgifter om svårt trafikskadade- några källor och teknier. Bulletin 6. Departament of Traffic Planning and Engineering. Road Construction, Lund University, Lund, Sweden.

Bjornskau, T. (1993). Risiko i vegtrafikken 1991/92. TØ1-rapport 216/1993. Transportøkonomisk institutt Oslo.

Bjornskau, T. (1994). Spillteori, trafikk og ulykker. En teori om interaksjon i trafikken. TØ1-rapport 287. Transportøkonomisk institute, Oslo.

Blakstad, F. y T. Gisever (1989). Ulykkesfrekvenserpå vegstrekninger i tett og middels tett bebyggelse. Rapport STF63 A89005. SINTEF Samferdselsteknikk, Trondheim.

Bowie, J.M. (2003) Efficacy of speed monitoring displays in increasing speed limit compliance in highway work zones. Utah: Brigham Young University.

Cirillo, J. A. (1968). Interstate System Accident Research - Study II - Interim Report II. Public Roads, 35, 3, 71-75.

Consejo Europeo de Seguridad del Transporte (2001). Transport Safety Performance Indicators., Brussels.

Consejo Europeo de Seguridad del Transporte (2006). A Methodological Approach to National Road Safety Policies. European Transport Safety Council: Brussels.

Dahlen og Toftenes (rådg ingeniører) (1979). Lyssignalanlegg i Bærum. Trafikksikkerhet. Utarbeidet for Vegkontoret i Akershus. Haslum.

DGST (2018). Manual de Auditorías de Seguridad Vial. Subsecretaría de Infraestructura. Dirección General de Servicios Técnicos. México, octubre 2018. Primera edición.

DGST, Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2014). Manual de Señalización Vial y Dispositivos de Seguridad.

Elvestad, B. et al. (1991). Forkjørregulering i bytrafikk. Rapport STF63 A91007. SINTEF Samferdselsteknikk, Trondheim.

Elvik, R. (1996). Trafikanter eksponering og risiko i vegtrafikk. Arbeidsdokument TST/0775/96. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Elvik, R. y R. Muskaug (1994). Konsekvensanalyser og trafikksikkerhet. TØ1-rapport 281. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Elvik, R., & Vaa, T. (2006). El manual de medidas de seguridad vial. Fundación Instituto Tecnológico para Seguridad del Automóvil.

Elvik, R., Vaa, T., Høy, A., & Sørensen, M. (Eds.). (2009). The handbook of road safety measures. Emerald Group Publishing.

Engebretsen, Ø. (1993) Samordning av areal- og transportplanlegging. Virkemiddel-diskusjon i et utvalg nyereplandokumenter. TØ1-rapport 212. Transportøkonomisk institutt, Oslo.).

Eriksen, K. S. e I. B. Hovi (1995). Transportmidlenes marginale kostnadsansvar. TØI-notat 1019. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Evans, A. (1994). Bus accidents, bus deregulation and London. Transportation, 27,327-354.

Finley, M.D., Ullman, G.L., Dudek, C.L. (2001) Work Zone Lane Closure Warning Light System. Project Summary report 3983-S. Project Summary Report 3983-S, Texas Transportation Institute, USA.

Fridstrøm, L. et al. (1995). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts. Accident Analysis and Prevention, 27, 1-20

Fridstrøm, L. et al. (1995). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts. Accident Analysis and Prevention, 27, 1-20.

Fridstrøm, L. y L. Rand (1993). Markedet for lange reiser i Norge. TØ1-rapport 220. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Frith, W. J, y N. M. Derby (1986). Road safety effects of deregulation of heavy freight transport in New Zealand. Proceedings of 13th ARRB Conference, Part 9, 103-114. Australian Road Research Board, Vermont South, Australia

Fudala, N.J., Fontaine, M.D. (2010) Interaction Between System Design and Operations of Variable Speed Limit Systems in Work Zones. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, V 2169, pp 1-10. DOI: 10.3141/2169-01.

Grue, B., O. I. Larsen, J. Rekdal y T. Tretvik (1997). Køkostnader og kjøprising i bytrafikk. TØ1-rapport 363. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Hanssen, J. U. y M. Stenstadvold (1993). Parkeringspolitikk i teori og praksis. Rapport 172. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Hauer, (2005). "The road ahead", J. Trans. Eng., vol. 131, no. 5, pp. 333-339, [[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2005\)131:5\(333\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2005)131:5(333))]

Helmers, G. y L. Åberg (1978). Förarbeteende i gatukorsningar i relation till företrädesregler och vägutformning. En explorativ studie. VTI-rapport 167. Statens väg och trafikinstitut (VTI), Linköping.

Hoff, S. A. (1996). Trygge lokalsamfunn som nasjonal strategi. I: Et tryggere Norge -veien videre, 19-21. En: Lund, J. (ed): Skadeforebyggende forums årskonferanse og årsmøte i Oslo, 24. april 1996. Skadeforebyggende forum, Oslo.

Hydén, C., 1987. The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique. Department of Traffic Planning and Engineering. Lund University, Lund, Sweden.

Idewu, W.I.A., Wolshon, B. (2010) Joint Merge and Its Impact on Merging Speeds in Lane Reduction Areas of Construction Zone. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, V 2169, pp. 31-39 DOI: 10.3141/2169-04

IRTAD, (2013) Road Safety Annual Report. 2013. OECD/ITF, 2013

IRTAD, (2017) Road Safety Annual Report. 2017. OECD/ITF, 2017

IRTAD, (2018) Road Safety Annual Report. 2017. OECD/ITF, 2018

Jansson, J. O. (1994). Accident Externality Charges. Journal of Transport Economics and Policy, 28, 31 -43.

Johannessen, S. (1984). Kjøreatferd i uregulerte T-kryss. Høyreregel eller vikepliktregidring? Rapport STF63 A84009. SINTEF Samferdselsteknikk, Trondheim.

Johansson, R. (1982). Förhållandet mellan upplevd och verklig olycksrisk. TFD-rapport 1982:9. Transportforskningscielegationen, Stockholm.

Jones, P. y A. Hervik (1992). Restraining car traffic in European cities: An emerging role for road pricing. *Transportation Research, Series A*, 26, 133-145.

King, G. F. y T. M. Mast (1987). Excess Travel: Causes, Extent, and Consequences. *Transportation Research Record*, 1111, 126-134.

Kraay, J. H., M. P. Mathijsscn y F. C. M. Wegman (1984). Towards safer residential areas. Institute for Road Safety Research SWOV, Leidschendam.

Kristiansen, A. 13. (1996). Privatisering og anbud i kollektivtransport. Norsk Kommuncforbund, Oslo Sporveisbetjenings Förening, Oslo.

Larsen, O. I y H. Minken (1995). Kriterier for optimal transportpolitikk i byer. Arbeids-dokument TRU/0479/95. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Larsen, S. L. e I. L. Saglie (1995). Tettstedsareal i Norge. NIBR-rapport 1995:3. Norsk institutt for by- og regionforskning, Oslo.

Lindberg, G. (1994). Traffic Charges. The Swedish experience of getting prices right. Centre for Research on Transport and Society, Borlange.

Mayeres, I., S. Ochelel y S. Proost (1996). Marginal external costs of urban transport. *Transportation Research, Series D*, 1, 111 -130.

Meland, S. (1996). Bompenger og vegprising. En: Miljøhandboken, Del 1, 116-129. (Kolbenstvedt, M., H. Silborn and T. Solheim eds): Transportøkonomisk institute Oslo.

Mendoza, Quintero y Mayoral (2002). Algunas consideraciones de seguridad para el proyecto geométrico de carreteras. Publicación Técnica 217. Instituto Mexicano del Transporte. San Fandila, Qro.

Moses, L. N. e I. Savage (1989). Introduction. En: *Transportation Safety in an Age of Deregulation*, 3-7. (Moses, L. N. and I. Savage, eds) Oxford University Press, New York, NY.

Muhlrad, (2015). "Road safety management from the national to the local level", In: G. Tiwari, and D. Mohan, Eds., *The Way Forward: Transportation Planning and Road Safety*. Macmillan India Ltd.: Kolkata.

Muskaug, R. (1983). Virkninger av gatetun i Oslo og Sandefjord. TØ1-rapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Muskaug, R. (1985). Risiko på norske riksveger. En analyse av risikoen for trafikkulykker medpersonskade på riks- og enropaveger utenfor Oslo, avhengig vegbredde, fartsgrense, trafikkmengde og avkjørselstetthet. TØ1-rapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Muskaug, R. et al (1979). Hvordan endringene i trafikkreglene 1978 virket på trafikantenes kunnskap og atferd. Prosjektrapport. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Newbery, D. (1990). Pricing and congestion: Economic principles relevant to pricing roads. *Oxford Review of Economic Policy*, 6, 2, 22-38.

OPS, 2003. Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud.

Organización Mundial de la Salud. (2015). Global status report on road safety 2015.

Organización Mundial de la Salud. (2018). Global Health Estimates 2016: Deaths by Cause, Age, Sex, by Country and by Region, 2000-2016. Geneva.

Organización Mundial de la Salud. (2018). Global status report on road safety 2018.

PIARC (2012). Improvements in Safe Working on Roads. 2012R29EN. World Road Association <http://www.piarc.org>.

Elvik, (2008). Road safety management by objectives: a critical analysis of the Norwegian approach", *Accid. Anal. Prev.* vol. 40, no. 3, pp. 1115-1122, 2008.  
[<http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2007.12.002>] [PMID: 18460380]

Regeringen, (1997). "Nollvisionen och det trafiksäkra samhället", (Vision Zero and the traffic safe society, In Swedish)., 1996/97 Government Proposition, 1996/97: 137, Sweden, 1996/97.

Rideng, A. (1996). Transportytelser i Norge 1946-1995. TØ1-rapport 331. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Rocky Mountain Insurance Information Association (2015) Graduated Driver Licensing (GDL). Recuperado de [http://www.rmiia.org/auto/teens/Graduated\\_Drivers\\_Licensing.asp](http://www.rmiia.org/auto/teens/Graduated_Drivers_Licensing.asp)

Rumar, K. (1985). The role of perceptual and cognitive filters in observed behaviour. En: Human behavior and traffic safety. (Evans, L. and R. C. Schwing eds.) Plenum Press, New York, NY.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes. (2011). Acuerdo por el que se da a conocer la Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-2020. Diario Oficial de la Federación, 693(4).

Solomon, D. (1964). Accidents on Main Rural Highways Related to Speed, Driver, and Vehicle. US Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Washington DC.

Spolander, K. (1983). Bilförarens olyckrisker - en modell testad på män och kvinnor. VTI-rapport 260. Statens väg- och trafikinstitut, Linköping.

Svensson, Å., & Hydén, C. (2006). Estimating the severity of safety related behaviour. Accident Analysis & Prevention, 38(2), 379-385.

Toroyan, T. (2009). Global status report on road safety. Injury prevention, 15(4), 286.

Ukkusuri, S.V., Gkritza, K., Qian, X., Sadri, A.M. (2016) Best Practices for Maximizing Driver Attention to Work Zone Warning Signs. Report number: FHWA/IN/JTRP-2016/15, Purdue University, USA. DOI: 10.5703/ 1288284316338.

Várhelyi (2018). Inventory of best practices to prevent incursions into work zones. Literature review. Technical Report. Lund University.

Varhelyi, A. (2016). Road Safety Management–The Need for a Systematic Approach. The Open Transportation Journal, 10(1).

Verhoef, E. (1994). External effects and social costs of road transport. Transportation Research, Series A, 28, 273-287.

Winston, C. (1991). Efficient Transportation Infrastructure Policy. Journal of Economic Perspectives, 5, 113-127

Withers, R. M. (1989). Transportation Safety and Economic Regulatory Reform - The Canadian Perspective. En: Transportation Safety in an Age of Deregulation, 300-307 (Moses, L. N. and I. Savage, eds) Oxford University Press, New York, NY.





Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado-Galindo"  
Parque Tecnológico San Fandila  
Mpio. Pedro Escobedo, Querétaro, México  
CP 76703  
Tel +52 (442) 216 9777 ext. 2610  
Fax +52 (442) 216 9671

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

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