



Auditorías de Seguridad Vial

Francisco Javier Saura López

Eduardo Careaga Miró

Ramón Crespo del Río

AEPO, Ingenieros Consultores S.A.

(Área de Gestión de Infraestructuras)

Introducción

Las auditorías de seguridad vial constituyen, hoy en día, una herramienta para diagnosticar la problemática que presentan las carreteras en relación a su seguridad, detectando posibles inconsistencias y/o carencias existentes en el diseño de todos los elementos que conforman la vía.

Realizado el diagnóstico el paso siguiente es la propuesta de actuaciones encaminadas a la reducción del número de accidentes por causas imputables de alguna manera a la vía y a la minimización de los efectos producidos por los accidentes.

Se presenta y expone en este trabajo el objetivo, las diferentes etapas y fases, las fuentes de información necesarias, el personal y equipo técnico y los costes de realización que conlleva una auditoría de seguridad vial.

El registro de numerosos accidentes de circulación con incluso víctimas mortales, su reiteración y gravedad, así como la repercusión social preocupa a los técnicos de las diferentes Administraciones por lo que recurren en muchos casos a la contratación de asistencias técnicas para la realización de estudios e informes en materia de seguridad vial.

Dada la experiencia adquirida por la empresa AEPO S.A. Ingenieros Consultores, y especialmente su Departamento de Seguridad Vial y Sistemas de Gestión de Infraestructuras, en la realización de diversas auditorías de seguridad vial se expone en las páginas siguientes la metodología aplicada y un resumen de los resultados obtenidos y las conclusiones resultantes de los análisis.

Objetivo

El principal objetivo de las auditorías de seguridad vial es la evaluación y definición de riesgos potenciales de accidentes en la carretera y el nivel de seguridad de la misma, durante las etapas de planeamiento, diseño, construcción y puesta en servicio, estableciendo un diagnóstico de seguridad y proponiendo actuaciones y medidas encaminadas a la eliminación o en su defecto reducción de los accidentes, minimizando en consecuencia los costes derivados de pérdidas humanas o daños materiales.

Etapas y fases

El proceso lógico de las auditorías de seguridad vial comienza con el análisis durante la fase inicial de planeamiento y la posterior elaboración del proyecto constructivo de la carretera, con el fin de poder corregir y mejorar aquellas, circunstancias o condicionantes que afectan de forma directa o indirecta a la seguridad vial durante el periodo de diseño.

Sin embargo, si la auditoría se realiza sobre un tramo recientemente construido y que no ha experimentado un análisis previo durante la fase de planeamiento y diseño, lo que se denomina auditoría post-apertura, los objetivos se encaminan a la evaluación del diseño existente para ver como se está comportando en la realidad.

Definida esta situación de partida, las etapas que conducirán a una mejora de la seguridad vial de la carretera son las siguientes:

Fase de Planeamiento. Auditoría de Viabilidad. (Estudios previos)

- Análisis conjunto del auditor con Planificadores de Transporte y de Usos del Suelo, tomando decisiones sobre la necesidad y proyecto de la futura carretera o de los cambios de la carretera existente en relación a su trazado y a su seguridad
- Determinación de las normativas, recomendaciones, órdenes circulares que habrá que tener en cuenta en el diseño de la carretera

Auditoría de Seguridad. Etapa 1 (Después de los estudios previos)

- Tras la terminación de estudios previos de la nueva carretera o de la mejora de la existente, se tienen en cuenta los trazados alternativos
- El auditor visita la zona para valorar la topografía local, condicionantes y limitaciones existentes
- Toma de imágenes
- Cartografía 1/1.000 para el trazado general y 1/500 para las intersecciones

- ❑ Análisis de los siguientes aspectos:
 - Adecuación de la velocidad de proyecto
 - Configuración de las intersecciones
 - Distancias de visibilidad y de parada
 - Seguridad de peatones y ciclistas
 - Seguridad durante las operaciones de conservación
 - Impacto de posibles alteraciones del tráfico en la zona en relación a la seguridad

Auditoría de Seguridad. Etapa 2. (Antes del inicio de las obras)

- ❑ Análisis sobre proyecto detallado del itinerario, y antes de que se comiencen los posibles trámites de expropiación de los terrenos para la posterior construcción
- ❑ Utilización de cartografía con una escala aproximada de 1/500 o 1/200 para el trazado general
- ❑ Análisis de la señalización vertical y horizontal, drenaje, alumbrado, cerramiento, barreras de seguridad
- ❑ Aspectos a contemplar en esta etapa:
 - Estudio del entorno y señalización confusa
 - Distancias de visibilidad correctas
 - Colocación de mobiliario urbano
 - Iluminación de travesías, enlaces e intersecciones
 - Prioridades de paso y estudio de flujos circulatorios
 - Cambios de la geometría de la vía (radios, peraltes y pendientes)
 - Instalaciones para usuarios vulnerables (peatones, ciclistas, ...)
 - Características del firme y capa de rodadura
- ❑ Identificación de cambios en el proyecto con el fin de evitar costes adicionales en la etapa de construcción
- ❑ Análisis de la información recopilada y facilitada. Estudios de accidentes, TCA's, preventivas, datos de las empresas de conservación integral, inventarios de señalización, meteorología, tráfico,...

Auditoría de Seguridad. Etapa 3. (Antes de la puesta en servicio)

- ❑ Caso de abrir al tráfico las obras en distintas fases el auditor definirá las disposiciones a tener en cuenta en cada una de ellas

- ❑ El auditor recorrerá el itinerario en todas las direcciones, circulando por la intersecciones, analizando y comprobando también los giros y maniobras a realizar desde los diferentes accesos. Estos recorridos se realizarán durante el día y la noche
- ❑ Elaboración de listas de comprobación y de chequeo identificando las posibles carencias existentes en el itinerario en materia de seguridad vial

Auditoría de Seguridad. Etapa 4. (Puesta en servicio)

- ❑ Sobre itinerarios en servicio, identificando problemas de seguridad vial en los trazados existentes y aprovechando la experiencia de los gestores de carreteras locales
- ❑ Realización en dos fases

Auditoría de Seguridad. Etapa 4. Fase I (Inspección in situ)

- ❑ Inspección del itinerario durante el día detectando las carencias de seguridad vial existentes en el itinerario
- ❑ Inspección del itinerario durante la noche donde se pueden apreciar otras carencias de seguridad vial como por ejemplo la falta de visibilidad de la señalización
- ❑ Campaña de toma de datos del itinerario:
 - Filmación en video de la carretera y toma de imágenes. (EVASIVA, VIDEO LASER RST)
 - Campaña de auscultación (CRT, IRI, Textura, Roderas, Fisuración, Deflexiones,...)
 - Elaboración de listas de chequeo de seguridad
 - Inventariado de los elementos de la vía (señalización, balizamiento, barreras de protección, medianas, postes S.O.S, túneles, ...)

Auditoría de Seguridad. Etapa 4. Fase II (Trabajo de gabinete)

- ❑ Estudio y análisis de actuaciones propuestas con anterioridad en materia de seguridad vial e informes existentes
- ❑ Aplicación informática (video inventario) de gestión y análisis del itinerario para realizar la auditoría
- ❑ Identificación de los Tramos de Concentración de Accidentes (TCA). Determinación de criterios de identificación en función de los índices de accidentalidad, número de accidentes con víctimas, tipo de vía, tipo de zona y tráfico existente (IMD)
- ❑ Identificación de la posible implicación de la carretera en la generación de accidentes
 - Análisis de la consistencia del diseño y adecuación a lo establecido en la Instrucción de Carreteras Norma de trazado 3.1-I.C. (Radios mínimo, inclinaciones longitudinales y transversales, longitudes de los carriles de aceleración y deceleración, pérdidas de trazado)
 - Análisis de las distancias de parada y visibilidad

- Barreras de protección: Adecuación a las Recomendaciones sobre los Sistemas de Contención de Vehículos (O.C. 321/95) en mediana, márgenes, ramales, vías o caminos de servicio
 - Señalización vertical y horizontal, balizamiento. Situación actual, estado de conservación y adecuación a la nueva situación
 - Pasos de mediana. Disposición actual, características funcionales, Cumplimiento de taludes, anchuras,...
 - Análisis de la influencia del estado del firme en la accidentalidad (parámetros de auscultación IRI-CRT-Textura, Deflexiones y su correlación con los accidentes)
 - Análisis de la iluminación existente en los enlaces, travesías,...
 - Sistemas de drenaje
 - Vallas y cerramiento
 - Análisis y adecuación de los postes S.O.S.
 - Análisis del equipamiento existente en los túneles
- Análisis de zonas con riesgo potencial de hidroplaneo
 - Estudio de tráfico (IMD, % de pesados,...) y aforos puntuales existentes en el itinerario

La elaboración de los diferentes trabajos enumerados se realizará para el itinerario objeto de estudio, elaborando un diagnóstico de la situación actual, las propuestas de actuación a realizar y su valoración económica.

Fuentes de información y documentación necesaria

La información necesaria para la realización de una auditoría de seguridad vial se divide en datos de accidentes, informes de las empresas de conservación, tráfico, proyectos constructivos (trazado y geometría), cartografía, auscultación y datos complementarios, los cuales se detallan a continuación:

1.- Datos de accidentalidad

Procedente de los partes estadísticos de accidentes de circulación con víctimas y con daños materiales, la información registrada se estructura en los siguientes campos que se enumeran a continuación:

- Carretera y punto kilométrico
- Fecha y hora
- Vehículos implicados, muertos, graves, leves e ilesos
- Tipología del accidente
- Factores concurrentes
- Factores atmosféricos
- Tipo de superficie del firme en el momento del accidente
- Luminosidad
- Otras circunstancias
- Tipo de circulación
- Señalización de peligro
- Visibilidad restringida
- Marcas viales

Además es necesario disponer de la relación de tramos de concentración de accidentes (TCA), puntos negros, actuaciones preventivas, accidentes con víctimas mortales, información que complementará el análisis y permitirá tener un mayor conocimiento de la situación real.

2.- Datos de las empresas de conservación integral

Informes y listados de accidentes registrados por las empresas de conservación integral. En ocasiones disponen de unas bases de accidentes que incluyen accidentes fundamentalmente con daños materiales donde no se ha realizado un atestado del mismo. Se trata por tanto de una fuente muy importante a la hora de analizar la accidentalidad real existente en la vía.

Dicha información suministrada en dichos informes y listados se estructura de la siguiente forma:

Localización espacio temporal: Fecha y hora del accidente, carretera, punto kilométrico, sentido de circulación.

Datos principales: Hora de aviso e intervención, parte de daños, intervención de la Policía de tráfico y levantamiento de atestado. Número de muertos, graves, leves y vehículos implicados. Municipio y provincia. Tipo de Zona.

Detalles de la vía: Tipo de vía, número de carriles, anchura de la calzada, carriles y mediana. Marcas viales, tipo de arcén, arcén pavimentado, tipo de firme y estado del mismo. Factores externos: Luminosidad, factor atmosférico, visibilidad, otras circunstancias, señalización de peligro, visibilidad de la señalización vertical y horizontal, existencia de aceras. Existencia de árboles y distancia a los mismos.

Descripción del accidente: Tipo de accidente, salida de calzada y tipo de salida.

Estado de la circulación y medidas especiales. Descripción del accidente. Tipo de obstáculos y distancias al mismo. Posibles factores concurrentes.

Elementos de seguridad: Barrera de seguridad en ambos márgenes, otros elementos de seguridad

3.- Datos de tráfico

Procedentes de las estaciones de aforos existentes en la carretera proporcionan información sobre las intensidades medias diarias (IMD), porcentajes de vehículos pesados, evolución del tráfico, régimen de velocidades, distribución anual, mensual, semanal y diaria. Esta información sirve de base para la elaboración de un estudio de tráfico, analizando la funcionalidad de la vía y muy especialmente las velocidades y comportamiento de los usuarios durante la conducción.

4.- Datos de trazado y geometría de la vía

Los proyectos constructivos proporcionan los datos relativos al trazado de la vía, el estado de alineaciones, los radios de curvatura, las pendientes longitudinales y transversales, así como lo relativo al drenaje, señalización y balizamiento, que son de especial importancia a la hora de detectar e identificar posibles inconsistencias e irregularidades que presenta la carretera y los elementos que la constituyen. Además permiten conocer condicionantes ambientales, geotécnicos o de otro tipo, así la justificación de la elección del trazado y diseño de los elementos de la carretera.

Es importante significar que la situación real de la carretera no coincide siempre con lo que establecen los planos de los citados proyectos, ya que durante el proceso seguido desde la elaboración de los mismos hasta la construcción definitiva de las obras se suelen producir modificaciones. Por lo que se requiere un trabajo de comprobación y chequeo de la información real de la vía y la del proyecto.

5.- Cartografía y Ortofotos

Con el objeto de tener una mayor visión de la carretera y su entorno, la información cartográfica servirá de apoyo para la toma de decisiones.

6.- Auscultación

La auscultación realizada en la carretera tiene como finalidad analizar el estado y situación del firme en relación a la adherencia existente entre la rueda y el pavimento, permitiendo establecer una correlación entre el estado de la capa de rodadura y la accidentalidad registrada. Para ello se registran los valores relativos al coeficiente de rozamiento transversal (CRT), Índice de Regularidad Internacional (IRI), Textura, Roderas, Fisuración, y se analiza su implicación e influencia en los accidentes.

Además es posible la realización de una auscultación con el fin de filmar en video la carretera utilizando cámaras de alta resolución y con capacidad de tomar perspectiva del tramo. Esto permitirá una mayor definición y análisis de los diferentes elementos que conforman y constituyen la vía.

7.- Datos complementarios

Se recogen tres grupos de información:

- Toma de video e imágenes en perspectiva de la carretera objeto del estudio, mediante cámaras de alta resolución:
- Reportaje fotográfico de los puntos considerados más importantes mediante el uso de cámara digital.
- Recopilación de la información relativa a actuaciones de otros programas en curso, o ya ejecutadas, así como de la fecha de inicio y puesta en servicio de los tramos sometidos a alguna actuación durante el periodo de estudio.

Las imágenes de vídeo aportan una versión dinámica de algunos de los hechos analizados, sólo perceptible en este soporte. Permite el análisis de la señalización vertical y horizontal, ubicación, visibilidad, y cuenta además con la ventaja de poder ser utilizado cuantas veces sea necesario: comparación con situaciones futuras o pasadas, análisis minucioso de determinados aspectos, etc.

El reportaje fotográfico se realiza recogiendo aquellos aspectos del tramo que pudieran tener una mayor incidencia, desde el punto de vista de la seguridad vial. Conjuntamente con el soporte vídeo constituye una fuente dual de gran utilidad para una perfecta definición de los aspectos a destacar.

El tercer elemento es el constituido por toda la documentación relativa a actuaciones ejecutadas, en ejecución, o programadas, que afectasen directamente a alguno de los tramos objeto de estudio, así como las fechas de puesta en servicio de las ya ejecutadas.

Personal y equipo técnico

El equipo mínimo para cualquier etapa de la auditoría es de dos personas de forma que se reduce la probabilidad de que un solo auditor pase por alto o no advierta algún problema de seguridad.

En determinadas etapas se dispondrá asimismo de la colaboración de técnicos especializados en distintas materias con el fin de garantizar un mayor rigor en la definición del diagnóstico de seguridad.

Como equipo técnico para la realización de la auditoría se dispondrá de ordenadores Pentium IV con capacidad para almacenar las distintas imágenes y vídeo, así como las bases de datos de accidentalidad e inventariado que se utilizarán en la aplicación informática de gestión.

Así mismo se utilizará un sistema de información geográfica (S.I.G) para el almacenamiento y visualización de los distintos resultados obtenidos durante el diagnóstico de seguridad.

Costes de realización

El importe total de los costes depende del tamaño del proyecto o itinerario a auditar, así como de la composición del equipo auditor necesario. La experiencia permite suponer entre el 5 y el 10 % de los honorarios del proyecto y menos del 1 % de la construcción de la obra.

En caso de la no existencia de una herramienta de gestión de seguridad (video inventario) se recomienda vivamente su elaboración integrando en la misma las bases de datos de accidentalidad, los distintos inventarios existentes, los datos de las campañas de auscultación, tráfico, video e imágenes.

Para ello será necesaria la toma de datos en campo mediante equipos especializados .

Resultados e informe final

Durante la realización de una auditoría de seguridad vial se analizan todos los elementos de la carretera prestando atención a:

- Señalización vertical y horizontal
- Cartelería
- Balizamiento
- Dispositivos de contención
- Márgenes
- Accesos
- Iluminación
- Enlaces e intersecciones
- Firmes
- Travesías
- Drenaje
- Túneles
- Lechos de frenado

Se analiza también la información procedente de los proyectos constructivos verificando lo realmente construido, y el cumplimiento de la normativa vigente.

Se expone a continuación los diferentes trabajos realizados por AEPO S.A. Ingenieros Consultores en las auditorías de seguridad vial:

Señalización vertical: Revisión de todas las señales existentes en la vía, verificando las dimensiones y colores, su ubicación y coordinación con el resto de la señalización y el estado en el que se encuentra.

Como resultado se identifican aquellas señales que se encuentran en mal estado o son incorrectas.

Además se analiza la señalización relativa a los adelantamientos verificando las distancias existentes y su idoneidad en la carretera de acuerdo al trazado y visibilidades.

Señalización horizontal: Análisis y chequeo de las marcas viales verificando su coordinación con la señalización vertical, sus dimensiones, la visibilidad (niveles de retroreflexión) y en definitiva su adecuación a la normativa.

Como resultado se presentan aquellas carencias detectadas en las marcas viales identificando el tipo de anomalía y su localización en la carretera, planteando el repintado y mejora de los mismos.

Además, se analiza la secuencia de señalización (vertical y horizontal) en los comienzos y finales de las vías lentas de forma que verifiquen lo estipulado en la normativa vigente.



Balizamiento: Se pretende garantizar una uniformidad y homogeneidad en el guiado de la vía en elementos de balizamiento como son los hitos de arista y los captafaros.

Por ello se identifican las zonas donde es necesaria la colocación de nuevos elementos de balizamiento y aquellos donde realizar una sustitución o un refuerzo.

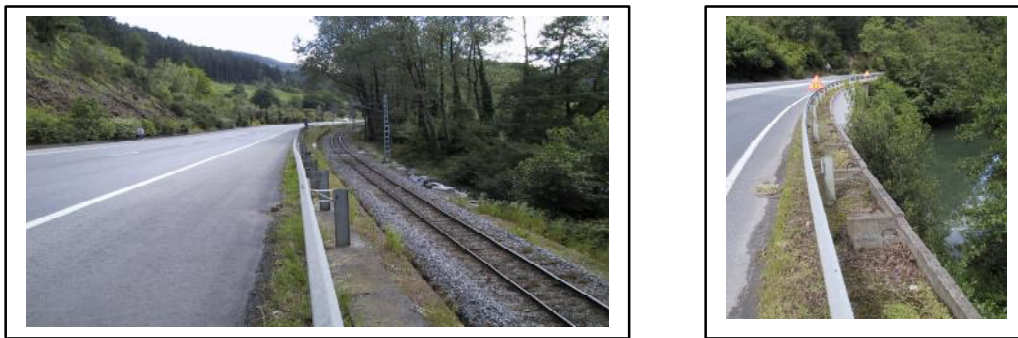
Además se estudian los paneles direccionales verificando lo establecido en la normativa y definiendo el número y secuencia en las curvas que los necesita.

Se analizan también las balizas de vértice y cilíndricas en las divergencias o salidas de la vía, así como en los diferentes ramales de los enlaces o intersecciones existentes detectando su estado e idoneidad.

Dispositivos de contención: De acuerdo a las recomendaciones sobre dispositivos de contención de vehículos (Orden Circular 321/95 T y P), se establecen los niveles de gravedad en caso de producirse un accidente en cada zona de la carretera. En definitiva, se analizan los riesgos de accidente muy grave, grave o normal y se propone la colocación de un sistema de contención adecuado, que sirva de protección de elementos como postes de iluminación, cunetas, edificaciones, árboles, aristas de muros, estribos de estructuras, desniveles pronunciados, ...



Además, se estudian y analizan los terminales de las barreras de forma que se encuentren perfectamente abatidos al suelo, así como la continuidad de las barreras y el correcto acoplamiento entre sistemas rígidos (barrera de hormigón) y flexibles (barrera metálica). Por último, se presta también especial atención a la tipología de los postes de las barreras metálicas analizando la gravedad en caso de accidente de vehículos de dos ruedas y planteando las protecciones necesarias a instalar.



En resumen, se identifican las carencias existentes en la vía a nivel de sistemas de contención proponiendo las modificaciones y en algunos casos la nueva instalación de barrera con el fin de dotar a la vía de una mayor seguridad y eliminar o reducir la gravedad en caso de producirse accidentes.

Márgenes: Como elemento del entorno de la carretera, las márgenes deben de estar despejadas de todo tipo de elemento que dificulte la visibilidad de elementos como la señalización vertical y la cartelería, así como se identifican las posibles carencias o riesgos por la caída de objetos a la vía. Así se analiza la presencia de excesiva vegetación y la existencia

de desprendimientos en taludes, de manera que se proponen actuaciones de seguridad como la poda y despeje, y la instalación de rejillas o mallas metálicas de protección.



Accesos: Se analiza la tipología de todos y cada uno de los accesos existentes a la carretera, proponiendo las actuaciones necesarias para mejorar las condiciones de acceso y garantizar una adecuada seguridad y distancias de visibilidad mínimas durante la maniobra.

Iluminación: Análisis de los niveles lumínicos existentes, de forma que exista homogeneidad y uniformidad en las transiciones, y que no suponga un problema de visibilidad al usuario durante la conducción.

Enlaces e intersecciones: Estudio de las condiciones viarias de las diferentes maniobras existentes, proponiendo las mejoras necesarias que permitan unos niveles aceptables de seguridad.

En este apartado, se presta especial atención a las visibilidades y condiciones de cada uno de los movimientos y maniobras o giros permitidos, en la existencia de buena iluminación en la zona de influencia del enlace o intersección. Como resultado final se proponen las remodelaciones necesarias a realizar.

Firmes: Con la información de la auscultación realizada se analiza el fenómeno de adherencia entre neumático y pavimento, estableciendo las zonas en las que es necesaria una mejora y rehabilitación de las características superficiales del firme, basándose fundamentalmente en el Coeficiente de Rozamiento Transversal (CRT). Asimismo, con la información de video se realiza una inspección de los posibles deterioros estructurales y superficiales que presenta el firme.

Travesías: En zona urbana se presta atención a los accidentes por atropello ocurridos, a la correcta canalización y separación de flujos de vehículos y de peatones, así como a la disposición de sistemas reductores de velocidad.

Drenaje: Estudio de las posibles zonas de acumulación de agua que suponen riesgo de producirse el fenómeno de hidropelaje o 'aquaplaning', identificando las posibles carencias

existentes en el sistema de drenaje del pavimento (trazado, peraltes, pendientes y macrotextura), así como en los elementos de drenaje (cunetas, imbornales, caces, sumideros, ...) verificando su idoneidad, estado y nivel de funcionamiento.



Túneles: Como elemento de especial relevancia e importancia en materia de seguridad vial se analizan las condiciones en las que se encuentran los túneles (si existen), teniendo en cuenta el equipamiento e instalaciones, su funcionamiento, la visibilidad, iluminación y balizamiento existente, identificando aquellas carencias que derivan en un riesgo de producirse un accidente de gravedad y proponiendo las actuaciones encaminadas a eliminar o reducir dicho riesgo.

Lechos de Frenado: En caso de existir este tipo de elemento, se analiza su correcto funcionamiento y estado, de forma que cumpla los criterios establecidos en la normativa vigente con los que fue diseñado.

Todo lo anterior deriva en la elaboración de un diagnóstico de seguridad vial en contraste con los accidentes registrados, exponiendo las carencias existentes en la carretera y su entorno, y proponiendo y valorando las actuaciones de seguridad vial necesarias para solucionar dicha problemática.

Otros: La existencia de paradas de autobús, pasos de peatones y otros elementos que intervienen en el entramado viario se tienen también en cuenta.

Conclusión

A nadie se le escapa el gravísimo problema que suponen los accidentes de tráfico, no sólo a nivel social por las pérdidas de vidas humanas y el sufrimiento de personas, sino también a nivel económico.

Los costes derivados de un accidente repercuten en diferentes niveles. Por un lado los costes directos de cuidados médicos y reparación de vehículos e infraestructura además de la necesidad previa de disponer de servicios de emergencia. Por otro los costes ocultos debidos a muertes de personas y al dolor de personas heridas y su entorno.

Todo esto se traduce en una pérdida de producción de la economía de un país debido a los periodos de recuperación y sustitución de personas que han sufrido accidentes.

Las diferentes administraciones tanto nacionales como autonómicas y locales gastan grandes sumas de dinero público para la prevención de los accidentes de circulación. La auditoría de seguridad vial es una herramienta para el aseguramiento de que las carreteras de nueva construcción y las ya existentes tengan los mejores niveles de seguridad, de manera que se reduzca el gasto público destinado a paliar las consecuencias de los accidentes, destinándolo a la prevención de los mismos.

Desde su primera aplicación en el Reino Unido en los años 80, las auditorías de seguridad vial han recorrido un largo camino experimentando un desarrollo internacional que sin duda acabará por implantarse también en nuestro país.