

TEMA 28

LA SEGURIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS. PUNTOS NEGROS Y TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES. ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES. AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL: CONCEPTO, CARACTERÍSTICAS Y ORGANIZACIÓN DEL PROCESO. LA DIRECTIVA 2008/96/CE. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE LAS AUDITORÍAS. COSTES Y RESULTADOS.

1. LA SEGURIDAD VIAL EN LAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS.
2. PUNTOS NEGROS Y TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES.
3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES.
4. AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL: CONCEPTO, CARACTERÍSTICAS Y ORGANIZACIÓN DEL PROCESO.
5. LA DIRECTIVA 2008/96/CE.
6. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE LAS AUDITORÍAS.
7. COSTES Y RESULTADOS.

1. LA SEGURIDAD VIAL EN LAS INFRAESTRUCTURAS VIARIAS.

La movilidad es en sí misma una necesidad del ser humano, que en las sociedades modernas se ha consagrado como uno de los derechos fundamentales. Se trata del elemento central que permite la consecución de otras necesidades y derechos.

En efecto, el ser humano tiene un radio de acción dentro del cual satisface sus necesidades para la vida digna y el bienestar, variable en función del área geográfica, cultura, economía, costumbres, etc.

Dentro de ese radio de acción, las personas se desplazan para satisfacer necesidades básicas como la búsqueda de alimento y agua, o trabajar, y en otras necesidades más desarrolladas como relacionarse con sus semejantes o practicar actividades de ocio.

En el contexto español, la Constitución Española consagra el derecho a la libre circulación en su Artículo 19 dentro de su Sección 1ª “De los derechos fundamentales y de las libertades” del Título I “De los derechos y deberes fundamentales”.

En definitiva, la MOVILIDAD es la capacidad de las personas para satisfacer la necesidad de moverse libremente para desarrollar las actividades que le garantizan la subsistencia en una primera instancia y actividades que le proporcionan bienestar y placer en sociedades más avanzadas, siendo en definitiva el hilo conductor de la vida.

El tráfico por su parte, es la plasmación de la acción de la movilidad utilizando el modo de transporte “carretera”, en el cual se engloban los vehículos turismo, motocicletas, ciclomotores, bicicleta, furgones, furgonetas, camiones, autobuses, etc, **siendo hoy en día la expresión más genuina del ejercicio de libertad de circulación.**

Como cualquier acción y actividad socioeconómica, la movilidad lleva aparejada una serie de externalidades, entre las que se encuentra la accidentalidad vial, que se configura como uno de los mayores problemas de salud pública a nivel mundial, y que si bien en países con medios y bajos niveles de ingresos se considera como **“el precio del progreso”**, la experiencia de los países más desarrollados y con un alto nivel de ingresos debe ser clave para la evitación de accidentes y la reducción del problema.

Los accidentes de tráfico y sus consecuencias siguen siendo un problema mundial, regional y nacional, en especial, en aquellos países de ingresos medios y bajos donde se desarrollan o desarrollarán procesos de desarrollo económico aparejados de un incremento de la demanda de movilidad que debe ser necesariamente gestionada de forma integral de modo que esa nueva movilidad se realice en las máximas condiciones posibles de seguridad del propio conductor, del vehículo y de la infraestructura viaria.

A raíz de todo lo anterior, se puede comprender el necesario concepto de movilidad sostenible, en el cual se incluye la seguridad vial, y de la combinación de ambos, surge el concepto de seguridad sostenible.

En definitiva, **los principios que deben regir la aplicación de políticas de movilidad sostenible deben ser los siguientes.**

- Reducir las necesidades de desplazarse (la tecnología puede ayudar mediante el teletrabajo, Administración Electrónica, Banca Electrónica, e-shopping, etc).
- Acortar la longitud de los desplazamientos que sean necesarios.
- Favorecer que los desplazamientos se realicen en modos sostenibles (metro, tranvía, autobús, bicicleta, a pie).
- Favorecer la modernización del parque móvil con criterios de consumo energético, calidad del aire, y seguridad vial.
- **Lograr infraestructuras viarias autoexplicativas (que resulte obvio el comportamiento esperado del usuario), homogéneas, y que minimicen la probabilidad de errores humanos y que sean “perdonadoras” si estos suceden.**

Son muchos y complejos los factores que se encuentran implicados en un accidente de tráfico. Los factores que desembocan en un accidente surgen dentro de la compleja red de interacciones entre el vehículo, **la vía (diseño, ubicación y estado de la señalización; margen de la vía; elementos distractores como publicidad; consistencia del trazado; pavimento; balizamiento; indicaciones para orientación; limitación creíble de la velocidad; la gestión de la seguridad; presencia policial en la vía; etc)** y finalmente, el comportamiento del conductor y la situación de sus capacidades psicofísicas (Fell, 1976).

“Los accidentes de tráfico no son, pues, el resultado de un factor simple, sino más bien el producto de una conjunción de muchos factores. Por supuesto, no tiene la misma importancia cada variable del entramado multifactorial en la causa de los accidentes; en todo caso, los factores de riesgo más importantes parece que se asocian en todas las investigaciones con el llamado factor humano, y en segundo lugar los debidos al estado de la vía y a los elementos del vehículo.

En efecto, investigaciones como la de la Universidad de Indiana atribuyen al factor humano hasta un 93% de la influencia en los accidentes de tráfico. Sin embargo, **estas evidencias no deben inducir a desatender o despreocuparse de la infraestructura viaria, sino que resulta fundamental que el entorno vial en el que se produzca un accidente provocado por un error humano (93% de probabilidad), la infraestructura contenga suficientes características de seguridad vial como para que este accidente sea lo menos grave posible, y para ello resulta fundamental que el diseño, construcción, gestión y operación de las infraestructuras se realice desde la óptica del usuario, sus limitaciones y características psico-físicas.**

Asimismo, otros estudios como el de Sabey y Staughton, que se muestra en la siguiente ilustración, concluyen que el factor humano (usuario de la vía) como factor incluyente en los accidentes de tráfico, puede llegar a tener una implicación de hasta el 67% como factor único, o de hasta un 93% como factor único.

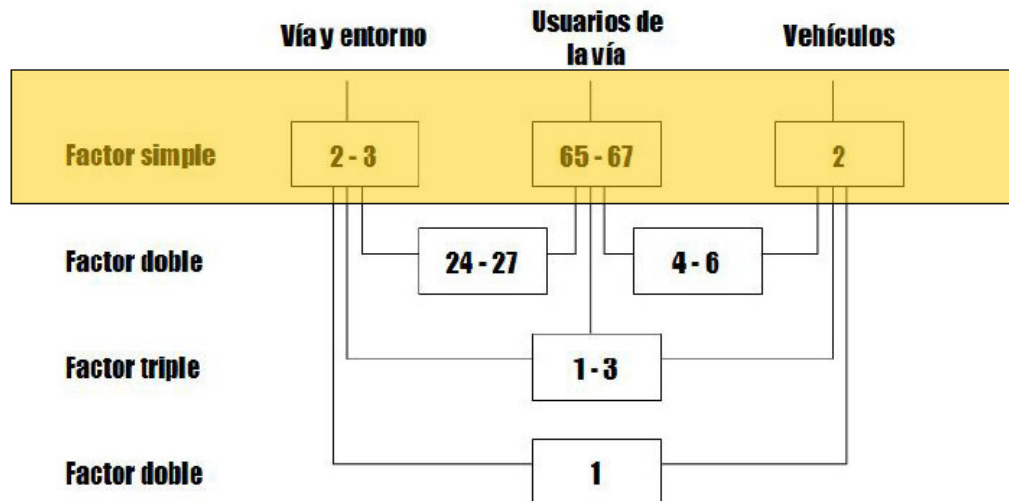


Ilustración 1: Interacción de los factores humano, vía y vehículo en los accidentes de tráfico. (Fuente: B. E. Sabey y G. C. Staughton "Interacting roles of road environment, vehicle and road user in accidents").

Por otra parte, a pesar de que se ha demostrado que las vías de alta capacidad (autovías y autopistas) resultan las más seguras, tanto en términos absolutos como en términos relativos en función de la exposición al riesgo (veh-km, viajeros-km, ton-km, etc), este tipo de infraestructuras suponen una serie de costes externos como es la fragmentación del territorio, ocupación de suelo, alta inversión para construcción, elevado coste de mantenimiento, impacto visual, etc, y por tanto, no se justifica su construcción si el tráfico que soportará no compensa los costes externos citados, resulta por tanto una evaluación que no solo considera elementos económicos y financieros, sino también humanos, ya que el accidente de tráfico genera un coste social y humano difícilmente cuantificable económicamente, si bien el coste de una víctima mortal por accidente de tráfico está cuantificado en 1,4 millones de euros (Fuente: Valor de una vida estadística, Universidad Pablo de Olavide de Sevilla y Universidad de Murcia).

Así, las evaluaciones de inversiones en infraestructura viaria deben realizarse con extrema pulcritud, incorporando criterios socioeconómicos, contemplando que la red viaria debe cumplir criterios de eficiencia considerando acciones que contribuyen a la seguridad y la fluidez del tráfico como son la adecuada gestión del tráfico, adecuado mantenimiento, y la incorporación de elementos de diseño y equipamiento para la seguridad de alta efectividad y bajo coste en aras de lograr un diseño geométrico consistente, **margen vial “perdonador”, comprensión fácil de la vía, y una vía que invite a cumplir la norma.**

El sistema de evaluación de inversiones y políticas de transporte debe garantizar que los tramos que muestren mayor prioridad sean objeto de evaluación y a ellos vayan dirigidas las actuaciones correctoras prestando atención a las que presenten un **mayor índice de rentabilidad.**

2. PUNTOS NEGROS Y TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES.

PUNTOS NEGROS

Históricamente, la Dirección General de Tráfico ha utilizado para el análisis viario de la accidentalidad el concepto estadístico de Punto Negro.

La definición de Punto Negro en España es:

“Aquel emplazamiento perteneciente a una calzada de una red de carreteras, en el que durante un año natural se hayan producido 3 o más accidentes con víctimas, con una separación máxima entre uno y otro de 100 metros”.

De esta manera, un Punto Negro, siempre tendrá una longitud mínima de 100 metros, pero no se limita su extensión espacial, de manera que éste podría llegar a ser de 1km. o incluso 2km. La realidad es que la extensión habitual de un Punto Negro es de unos 200-300m. soliendo alcanzar no obstante máximos cercanos a 1km.

En el año 2013, en torno a la mitad de los puntos negros se localizaron en la red viaria convencional (red viaria interurbana distinta de autovía y autopista), y asimismo atendiendo al tipo de red viaria en que se ubican los puntos negros, de longitud promedio de 238m. y 196m. para vía de alta capacidad y convencional respectivamente, éstos **representan en promedio el 0,03% de la longitud viaria en red convencional y el 0,37% de la longitud viaria en red de alta capacidad.**

En 2013, un 9,6% de los accidentes con víctimas y un 3.5% de los muertos en carretera tuvieron lugar en alguno de los 600 puntos negros registrados.

Habitualmente, cuando se trata de vías convencionales sin calzadas separadas, el Punto Negro engloba ambos sentidos de circulación, mientras que en aquellas vías con calzadas separadas, el Punto Negro sólo se refiere al sentido de la marcha en que se han producido los accidentes.

Igualmente, el **periodo de análisis recomendable oscila entre los 3 y los 5 años, siendo el caso español de 1 año**, periodo con limitaciones a efectos de análisis consistentes sobre las causas de la accidentalidad, o lo que es lo mismo, el periodo de 1 año se ve más “contaminado” por los efectos de la aleatoriedad y regresión a la media.

En la siguiente tabla se recogen las particularidades de las diferentes definiciones de Punto Negro en distintos países:

PAÍS	LONGITUD	PERIODO TIEMPO	VARIABLE OBSERVADA	VALOR DE LA VARIABLE	ÍNDICE/ TASA ACCIDENTES	TRÁFICO	TIPOLOGÍA DE ACCIDENTES	USUARIOS VULNERABLES
Austria	250 m	3 años	Promedio de accidentes con víctimas	3	Sí Índice de peligrosidad	Sí	No	No
Bélgica	Flandes	No	3 años	Fallecidos + Heridos Graves + Heridos Leves	15	Índice de víctimas	No	Sí
	Valonia	Sí	5 años	Acc. con víctimas/100 m	> 2,4	Nº ACV/100 m	Sí (a posteriori)	No
	Bruselas	No	1 año	Fallecidos + Heridos Graves + Heridos Leves	-	Índice de víctimas	No	Sí
Chipre	Intersecciones	3 años	Accidentes con víctimas	6	No	No	No	No
Dinamarca	No (Intersecciones)	5 años	Accidentes	4	No	Sí (Clasificación de vías)	No	No
Estonia	≤ 100 m	3 años	Acc. con víctimas	3	No	No	No	No
Finlandia	No	5 años	Accidentes	-	Acc/long. Acc/tráfico	Sí	No	No
Francia	< 850 m	5 años	Accidentes con víctimas	10 acc. con más de 10 víctimas	No	No	No	No
Grecia	No	1 año	Accidentes	5	No	Sí (Clasificación de vías)	No	No
Alemania	300 m		Accidentes	8	No	No	Sí	No
Hungría	200 m	3 años	Accidentes con víctimas	6	No	No	No	No
Irlanda	-	-	Accidentes		Acc/veh-km	Sí	No	No
Italia	1 km	5 años	Accidentes con víctimas		Índice de Recurrencia	Sí	No	No
Letonia	1 km	3 años	Accidentes Accidentes con víctimas	8 Acc 3 ACV	No	No	No	No
Lituania	500 m	4 años	Accidentes	3	ACV/1x10 ⁶ veh-km	Sí	No	No
Portugal	200 m	1 año	Fallecidos + Heridos Graves + Heridos Leves	> 20	100xF+10xHG+HL	No	No	No
Eslovaquia			Accidentes Nº de Víctimas	Superior a un valor crítico	No	No	No	No
Eslovenia	300 m				Tasa de accidentes		No	No
Holanda		3 años	Accidentes con víctimas	≥ 6	No	No	No	No
Reino Unido	300 m	3 años	Accidentes	> 12	No	No	No	No
España	100 metros de separación entre ACV	1 año	Accidentes con víctimas		No	No	No	No

Ilustración 2: Cuadro comparativo de la gestión de puntos negros en el mundo

Por su parte, en el caso español, la ventaja de la metodología actual de Puntos Negros es que existe una serie histórica de gran envergadura, lo cual permite analizar la evolución y comparación a lo largo del tiempo.

Asimismo, en la definición española de Puntos Negros, se incluyen todos aquellos accidentes con víctimas, independientemente de si éstas son mortales, graves o leves, excluyéndose en todo caso los accidentes de “sólo daños materiales”, y sin hacer clasificaciones o diferenciaciones en cuanto a la exposición al riesgo (volumen de tráfico).

La actual definición de punto negro no está exenta de críticas, que principalmente se centran los siguientes razonamientos:

- No diferencia entre **accidentes mortales del resto**, por lo que existen puntos negros en los que no se producen ni siquiera heridos graves, y que son considerados con igual prioridad que los puntos negros más lesivos.
- Únicamente considera accidentes separados 100m. entre sí, obviando el hecho de que la ubicación de un accidente **se registra según la Posición Final de los vehículos y no según el Punto de Decisión o Punto de Conflicto**, siendo éstos los que suelen coincidir la sección de infraestructura de características pésimas en que se induce el error humano que provoca el accidente. Debe sumarse la imprecisión en el registro del punto exacto del accidente en la escena del accidente.
- **Sólo contempla los accidentes acontecidos en un año natural**, lo cual contraría el concepto de “regresión a la media” (es el fenómeno por el que los tramos con un número elevado de accidentes en un periodo de análisis, tiende a tener un número bajo en el periodo posterior debido a variaciones de la parte aleatoria que explica la accidentalidad) y

provoca la intermitencia de puntos negros a lo largo del tiempo. Sólo en Grecia y Portugal se estudia un periodo de un año, siendo mayor en el resto de países de nuestro entorno.

- **No se diferencian los accidentes en que intervienen usuarios vulnerables** o de especial riesgo (peatones, ciclistas, vehículos a motor de dos ruedas), y por tanto dificulta la especificidad de las posibles medidas a acometer.
- **No contempla la exposición al riesgo** del tramo de análisis, por lo que no se obtiene un indicador relativo en función de la demanda de tráfico.
- **No se contempla el fenómeno de migración de accidentes** por el que parte de los accidentes que previamente se producían en tramos afectados (Puntos Negros), se trasladan a otras partes de la red viaria tras la intervención. Este concepto surgió después de que varios estudios de evaluación de tratamientos de Puntos Negros encontraran aumentos de accidentes en zonas adyacentes.

Finalmente, cabe citar el reciente concepto de **Punto Blanco**, definido como aquel tramo de 25km o mayor longitud en el que no se ha producido ningún accidente con víctimas en un periodo de 5 años, que si bien no se ha aplicado en el contexto español, sí proporciona un indicador adicional de la seguridad de la red viaria.

TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTES

El 'Tramo de concentración de accidentes' es conocido por sus siglas TCA, pretende identificar los tramos de concentración significativa de accidentes asociada a un nivel de peligrosidad de la vía superior a la media.

Dada la aleatoriedad de los datos relativos a accidentes no existe una definición única de TCA pero sí que hay diversos aspectos que deben considerarse de forma general:

- **Exposición al riesgo:** Debe tenerse en cuenta el volumen de tráfico, ya que es la variable más explicativa en cuanto a accidentalidad se refiere desde el punto de vista de la infraestructura. Con el fin de obtener indicadores de exposición del tipo IR (índice de riesgo).
- **Período considerado:** Debe ser suficientemente largo para asegurar la fiabilidad de la muestra de accidentes, pero no demasiado dilatado pues pueden variar sustancialmente las condiciones de contorno a lo largo de su análisis. Debe de ser de al menos 1 año, siendo recomendable utilizar un período máximo comprendido entre los 3 y los 5 años.
- **Longitud del tramo:** Debe ser tal que asegure la representatividad de la muestra en cuanto a las características de geometría, diseño, y homogeneidad del tramo analizado, recomendándose al menos 1km.

Dentro de las distintas definiciones de los Tramos de Concentración de Accidentes (TCA) tenemos:

- “Tramos de la red con un número inusualmente elevado de accidentes.”
- “Tramos de la red que presentan una tasa de accidentes significativamente superior a la media de la red.”
- “Tramos de la red que registran una mayor frecuencia de accidentes que otros tramos semejantes de la red debido a factores de riesgo locales.”
- “Tramos de la red en los cuales el número esperado de accidentes es mayor que el de tramos semejantes de la red”

Se puede observar como en las diferentes definiciones de la literatura, se utilizan dos conceptos básicos:

- Número de accidentes **observado**.
- Número de accidentes **esperado**.

Un tramo de vía puede identificarse como TCA en función del “número esperado de accidentes” en lugar de en función del “número observado de accidentes”. Un número inusualmente elevado de accidentes observados en una sección determinada de carretera no implicaría necesariamente que el número esperado de accidentes en dicha sección fuese alto, sino que esta elevada concentración de accidentes podría ser el resultado de una variación aleatoria.

En el contexto español, son los titulares de la vía los responsables de la identificación, gestión y tratamiento de los TCA.

En España, el titular con más kilómetros de vía es la Administración General del Estado, siendo la definición utilizada la siguiente:

“Aquellos tramos de la red que presentan una frecuencia de accidentes significativamente superior a la media de tramos de características semejantes, y en los que, previsiblemente, una actuación de mejora de la infraestructura puede conducir a una reducción efectiva de la accidentalidad”.

Esta definición es resultante de la respuesta al requisito legal procedente de la Unión Europea materializado con la Directiva 2008/96/CE sobre seguridad de las infraestructuras que fue incorporada al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 345/2011 sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del estado.

Básicamente, en él se regulan el establecimiento y la aplicación de los métodos para la gestión de la seguridad en la Red Transeuropea de Carreteras.

3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE MÉTODOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE TRAMOS DE CONCENTRACIÓN DE ACCIDENTE.

Dentro de los TCA, se distinguen los siguientes métodos para su identificación:

- **Métodos basados en la accidentalidad.**

- **Métodos basados en modelos estadísticos:** Se basan en modelos “predictivos” de la accidentalidad (accidentes esperados).
 - **Método empírico de Bayés:** Este método es el que se ha demostrado de mayor precisión. Estima el número de accidentes esperados para una localización viaria determinada ponderando el número observado de accidentes y el número esperado de accidentes estimado con modelos estadísticos de predicción de accidentes.

$$E\left(\frac{\lambda}{r}\right) = \alpha \cdot \lambda + (1 - \alpha) \cdot r$$

Donde:

$E\left(\frac{\lambda}{r}\right)$ = Número esperado de accidentes en una localización determinada

λ = Número esperado de accidentes en los tramos de características semejantes

r = Número observado de accidentes en una determinada localización.

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{\lambda}{k}} ; \text{ coeficiente de ponderación. (valores entre 0 y 1)}$$

- **Métodos no basados en modelos estadísticos:** Se basan en la identificación de TCA a partir de la accidentalidad observada.
 - **Frecuencia de accidentes:** Definiría un TCA como aquel tramo en que se han registrado al menos N accidentes en un periodo de tiempo T.
 - **Densidad de accidentes:** Definiría un TCA como aquel tramo en que se ha registrado un valor de N(accidentes)/L(kilómetros) superior a un valor determinado para el tipo de vía.
 - **Índice de Peligrosidad (I.P):** Considera la exposición al riesgo (I.M.D) y la accidentalidad en un tramo de vía. Suele expresarse con la siguiente formulación:

$$IP = \frac{N \cdot 10^8}{t \cdot V \cdot L}$$

Donde:

IP = Índice de peligrosidad en accidentes por 100 millones de veh-km.

N = Número de accidentes registrado durante el periodo de estudio.

t = Periodo de tiempo en días, generalmente 365 días.

V= Intensidad media diaria (IMD) en la sección (vehículos/día).

L= Longitud de la sección (km).

- **Método combinado:** Este método combina el Índice de Peligrosidad con el Número de accidentes, de manera que se definiría un TCA como aquel tramo en el que se han producido en los últimos Y años, al menos N accidentes y tiene un I.P superior a un valor asociado al tipo de vía en consideración.
- **Métodos basados en control de calidad:** Los métodos de control de calidad basan la identificación de TCA en la comparación del número “N_{obs}” de accidentes observados dentro de un tramo con una tipología determinada (secciones de carretera, curvas de determinado radio, etc) con el número normal de accidentes “N_{norm}” que se produce en un tramo de características semejantes.

- **Número crítico de accidentes:**

$$N_{critico} = N_{medio} + k \cdot \sigma$$

Donde:

N_{crítico}= Número crítico de accidentes para una determinada localización (sección/intersección)

N_{medio}= Media de accidentes de los tramos de similares características.

σ= Desviación típica de los accidentes de los tramos de características semejantes. La desviación típica es una medida de dispersión que indica cuánto tienden a alejarse los valores puntuales del promedio en una distribución.

k= factor determinado por el nivel de significación deseado para el N_{crítico}.

- **Índice de Peligrosidad crítico:**

$$IP_{critico} = IP_{medio} + k \cdot \sigma$$

Donde:

IP_{crítico} = Índice de peligrosidad crítico de accidentes para una determinada

localización (sección/intersección)

IP_{medio} = Índice de peligrosidad medio de los tramos de similares características.

σ = Desviación típica de los IP de los tramos de características semejantes. La desviación típica es una medida de dispersión que indica cuánto tienden a alejarse los valores puntuales del promedio en una distribución.

k= factor determinado por el nivel de significación deseado para el $IP_{critico}$.

- **Métodos basados en la severidad de los accidentes:**
Estos métodos integran la severidad de los accidentes por categorías y sus costes económicos:

- **EPDO (Equivalent Property Damage Only):** Asigna pesos a cada tipo de accidente según la severidad máxima registrada en cada accidente

$$IS = \frac{W_F \cdot F + W_A \cdot A + W_B \cdot B + W_C \cdot C + D}{T}$$

Donde:

IS= Índice de severidad para una determinada localización (sección/intersección)

W= Coeficientes de ponderación de cada categoría de severidad.

F= Accidentes con víctimas mortales en una determinada localización.

A= Accidentes con víctimas con heridas del tipo A (graves, precisan hospitalización) en una determinada localización

B= Accidentes con víctimas con heridas del tipo B (leves, precisa atención médica) en una determinada localización

C= Accidentes con víctimas con heridas del tipo C (heridos con contusiones) en una determinada localización.

D= Accidentes con daños materiales en una determinada localización

T= Número total de accidentes en una determinada localización

- **Índice de severidad relativa:** Este índice incorpora el coste económico de los accidentes:

$$ISR = \frac{C_F \cdot F + C_A \cdot A + C_B \cdot B + C_C \cdot C + C_D \cdot D}{F + A + B + C + D}$$

Donde:

ISR= Índice de severidad relativa para una determinada localización (sección/int)

C= Coste medio de los accidentes por cada categoría de

severidad.

F= Accidentes con víctimas mortales en una determinada localización.

A= Accidentes con víctimas con heridas del tipo A (graves, precisan hospitalización) en una determinada localización

B= Accidentes con víctimas con heridas del tipo B (leves, precisa atención médica) en una determinada localización

C= Accidentes con víctimas con heridas del tipo C (heridos con contusiones) en una determinada localización.

D= Accidentes con daños materiales en una determinada localización

- **Métodos no basados en la accidentalidad:** Se basan en la observación, jerarquización y diagnóstico de la red viaria. A día de hoy no se ha contrastado ningún método de este tipo que haya proporcionado resultados satisfactorios.

La situación actual en España es tal que para alcanzar la definición de TCA que previamente se ha citado, se deben cumplir 2 criterios de base:

$$IPM_5 \geq P \text{ y } \sum ACV_5 \geq N$$

y además, que se verifique alguno de los criterios de la siguiente tabla:

$IP_{aa} \geq P/2$ y $IP_{ua} \geq P/2$	Criterio I
$IPM_2 \geq 2P/3$ (II)	Criterio II
$\sum ACV_{aa} \geq N/5$ y $\sum ACV_{ua} \geq N/5$	Criterio III
$\sum ACV_2 \geq N/2$	Criterio IV

Fuente: Programa de SV 2009-2011. Nota de servicio. M. Fomento

Donde:

IPM_5 : Índice de peligrosidad medio en los últimos 5 años.

IPM_2 : Índice de peligrosidad medio en los últimos 2 años.

$\sum ACV_5$: Suma de los accidentes de los últimos 5 años.

$\sum ACV_2$: Suma de los accidentes de los últimos 2 años.

aa: Año anterior.

ua: Último año.

P: Constante dependiente del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico).

N: Constante dependiente del tipo de tramo (tipo de vía, zona, tráfico).



Ilustración 3: Cartel de aviso para señalización de TCA acordado entre el Ministerio de Fomento y el Ministerio de Interior (versión para vía convencional).

4. AUDITORÍAS DE SEGURIDAD VIAL: CONCEPTO, CARACTERÍSTICAS Y ORGANIZACIÓN DEL PROCESO.

CONCEPTO

El origen de las auditorías se atribuye a Malcom Bulpitt en el Reino Unido. El aplicó, a principios de los años 80, el concepto de auditoría independiente para mejorar el nivel de seguridad en los proyectos viales realizados por el Departamento de Carreteras y del Transporte del Consejo del Condado de Kent.

Para ello, Bulpitt utilizó conceptos introducidos originalmente en redes del ferrocarril durante el periodo Victoriano, época en la cual el gobierno británico designó a oficiales para que examinaran todos los aspectos de seguridad de una nueva línea ferroviaria antes de que fuera puesta en servicio.

A mediados de los 80 en el Condado de Kent, un equipo experto en investigación de accidentes, responsable de investigar lugares en donde existía una alta concentración de accidentes de tráfico, tuvo la idea de consultar sobre nuevos proyectos viales o rediseños viales, que se localizarían en zonas donde se producían una alta frecuencia de accidentes. El equipo estimó que la seguridad vial podría ser mejorada si se inspeccionaran los diseños de los nuevos proyectos viales de modo que cualquier medida de seguridad ausente se pudiera incorporar antes de construirlos.

De este modo, el Condado de Kent desarrolló una política que exigía que todos los nuevos diseños viales fueran inspeccionados y aprobados desde la perspectiva de la seguridad vial, antes de la construcción. Si el proyecto no era aprobado, no podía pasar a la siguiente etapa. Con el tiempo, este proceso se formalizó con el nombre de Auditoría de Seguridad Vial, y así continúa utilizándose.

Procedimientos y políticas similares pronto emergieron en otros lugares. En Australia, por ejemplo, se empezó a aplicar regularmente la auditoría de seguridad vial a proyectos en su etapa de preapertura, a modo de evaluación de la seguridad de la nueva vía, antes de su apertura a la circulación. Rápidamente, los ingenieros responsables de esta tarea también reconocieron las ventajas de realizar estas auditorías en las etapas previas, principalmente durante el diseño del proyecto vial.

En los años 90 se produjo un interés generalizado en la adopción del proceso de auditorías. Es así como las autoridades de la materia de Australia y Nueva Zelanda han sistematizado el uso de estos procedimientos, adaptándose y utilizándose desde entonces por ingenieros, asociaciones profesionales y autoridades viales de otras partes del mundo.

Las experiencias internacionales se centran fundamentalmente en los países mencionados, a los que se ha añadido Canadá y Estados Unidos. En Europa, la internacionalización del proceso ha sido más lento con la excepción de Dinamarca, que ha implementado procesos similares al Reino Unido.

Podemos decir que el resto de países de Europa han ido a la cola del sistema habiendo sido recientemente, cuando incorporan la materia a su legislación y a su práctica.

En España, **Ley 37/2015, de 29 de septiembre, de carreteras determina :**

Artículo 14 Evaluación y auditorías de seguridad viaria , apartados 2 y 3:

2. Los anteproyectos y proyectos de nuevas carreteras o modificaciones sustanciales de las existentes deberán someterse a auditorías de seguridad viaria conforme a las normas que reglamentariamente se establezcan.

3. Las obras de nuevas carreteras o modificaciones sustanciales de las existentes deberán someterse a auditorías de seguridad viaria previamente a su puesta en servicio y en la fase inicial en servicio, conforme a las normas que reglamentariamente se establezcan.

La auditoría de seguridad vial (ASV) es el procedimiento sistemático por el que un profesional cualificado e independiente comprueba las condiciones de seguridad de un proyecto de una carretera nueva, de una carretera existente o de cualquier proyecto que pueda afectar a la seguridad de la vía o a los usuarios. Mediante las auditorías se pretende garantizar que las carreteras, desde su primera fase de planeamiento, se diseñan con los criterios óptimos de seguridad para todos los usuarios, verificando que se mantienen dichos criterios durante las fases de proyecto, construcción, puesta en servicio de la misma y su vida posterior.

Su razón última es evaluar una carretera para reducir las posibilidades de que puedan producirse accidentes y, si los hubiera, ser capaces de reducir su gravedad, esto es, la lesividad derivada de los mismos.

Por tanto, los objetivos que se persiguen con la realización de ASV son fundamentalmente dos. Por un lado, se trata de **asegurar que todas las vías operan en sus máximas condiciones de seguridad** y la seguridad debe tenerse en cuenta en la planificación, el proyecto, la construcción de la obra y su mantenimiento. Por otro, se trata de asegurar que están expuestas a los mínimos riesgos y, cuando éstos se producen y **sucede el accidente, las consecuencias son las menores posibles**. Finalmente se trata de reducir los costes. No sólo los costes socioeconómicos derivados de los accidentes y sus víctimas sino también los costes de las medidas a implantar.

CARACTERÍSTICAS

Si tuviéramos que definir las claves de la realización de auditorías, deberíamos señalar algunas de sus características básicas.

- La auditoría es una actividad sometida a un **procedimiento formal**, lo que significa que ha de estar regulado, definido y pautado. Esto excluye de la definición cualquier actuación imprevista e informal.
- Las personas a quienes se encomienda la labor de auditar – auditores- han de contar con la debida **formación y experiencia** en la materia. La Directiva alude a ello expresamente.
- Es importante que el **equipo auditor tenga independencia** respecto del resto de agentes involucrados con la titularidad de la vía o el diseño del proyecto, en su caso.
- La auditoría es una actividad exclusivamente destinada a **evaluar la seguridad y los riesgos potenciales de accidentes en una carretera**, a fin de establecer un diagnóstico y hacer propuestas de actuaciones y medidas encaminadas a reducir aquellos. Sólo la seguridad ha de centrar el objetivo de la evaluación.
- Finalmente, la evaluación ha de hacerse desde una **óptica integral que permita atender a las exigencias de seguridad de todos** los usuarios de la vía.
- De cada auditoría debe generarse un **informe**.

Podría pensarse que cuando se diseña y construye una carretera, sería suficiente para cumplir con los requisitos de seguridad cumplir con la norma de modo que se garantice que todos los parámetros son los exigidos en ella. Sin embargo, la norma trata de satisfacer una serie de requerimientos de comodidad, capacidad, coste y seguridad, sin ser ésta última la única por tanto. De este modo, cumplir con los criterios de mínimos establecidos por las normas de diseño viario, no siempre es suficiente, máxime cuando la norma contempla casos generales pero resulta imposible cubrir completamente la casuística de combinación de factores que pueden aparecer. Asimismo, un elemento viario puede ser seguro por sí mismo, pero no garantizar la seguridad en combinación de otros factores asociados al vehículo o a los usuarios.

Así, como en todos los aspectos relativos a la seguridad vial, los planteamientos de las auditorías exigen una concepción integral de la actividad que asegure el éxito, la eficacia y la eficiencia de la misma. En este sentido, podríamos establecer una serie de **requisitos básicos referidos al equipo auditor** al que corresponda la tarea de evaluación en que la auditoría consiste.

- El equipo debe ser **pluridisciplinar**, esto es, contar con expertos en las diferentes áreas de interés: expertos en seguridad vial, diseño de carreteras, accidentalidad, explotación de bases de datos, etc.
- Entre el equipo auditor y los gestores ha de existir una relación fluida y una gran capacidad de diálogo y acuerdo, a fin de optimizar recursos y de que **todas las decisiones se adopten haciendo prevalecer los criterios de seguridad y de seguridad para todos los usuarios de la carretera**. Es importante que toda la documentación sobre los elementos de la infraestructura, el entorno, los tipos de tráfico, las intensidades, datos climáticos, planos, croquis, fotografías, etc, estén a disposición del equipo.

- Es importante que exista **claridad en la asignación de responsabilidades** por cuanto, en último extremo, el responsable final seguirá siendo la administración gestora.

En definitiva, los principales beneficios que suponen las ASV se sintetizan a continuación:

- Permiten **reducir la posibilidad de que se produzcan accidentes** en la red de carreteras.
- Permiten **reducir las consecuencias** de los que inevitablemente se produzcan.
- Se **maximiza la importancia de la seguridad vial para todos los intervinientes** en el sistema: titulares de las vías, responsables del diseño, responsables de la gestión, etc.
- Se **reducen los costes de las medidas** a aplicar para la mejora de la seguridad vial.
- Se **reducen los costes globales derivados de toda la vida útil de la carretera**.
- Amplifica el calado de la seguridad y lo refuerza respecto al concepto originario de seguridad reflejado en el resto de normas aplicables.

ORGANIZACIÓN DEL PROCESO:

Las Auditorías de Seguridad se identifican válidas tanto en proyectos de obra nueva como en carreteras en servicio. También así parece haberlo entendido la propia Directiva en la figura de la inspección de seguridad aunque con pretensiones más limitadas. Por otro lado, igualmente parece superada la creencia de que la utilidad de la auditoría se ciñe a tres etapas básicas que venían a ser el diseño preliminar, el diseño de detalle y la preapertura del tramo.

Ello no obstante, es fácil suponer que las etapas y la organización del procedimiento vendrán condicionadas por el marco en el que se lleva a cabo. No puede ser lo mismo trabajar bajo la idea de un diseño completamente nuevo, que hacerlo sobre una carretera ya abierta al tráfico. Ni podrá ser igual el equipo auditor, ni la documentación manejada, ni el abanico de decisiones. Es por ello que convendría empezar por esa clasificación:

- Auditorías en carreteras de nueva construcción.
- Auditorías en carreteras abiertas al tráfico.

Auditorías en carreteras nuevas

Cuando la auditoría ha de hacerse sobre la idea de una nueva construcción, la primera de sus etapas es la de **viabilidad**. Es la etapa donde los auditores han de analizar el diseño del tramo con los responsables de la planificación del uso del suelo, del transporte, de los usuarios a los que habrá

de dar servicio..., esto es, con todos los implicados en la toma de decisiones respecto del proyecto de la futura carretera. Sin duda **es en esta fase cuando se toman las decisiones más importantes sobre el trazado, las distintas opciones de itinerarios, la elección de los tipos de intersección, regulación del tráfico, etc)**. Una carretera nueva puede afectar al resto de partes de la red viaria en conexión directa con ella, lo que exige tener muy en cuenta las interacciones que el proyecto pudiera tener sobre las carreteras existentes dentro de aquella, lo que además hará necesario realizar proyectos de seguridad complementarios para adaptar éstas a los cambios en los usos y los tráficos que pueda ocasionar la puesta en servicio del nuevo tramo.

Finalizada la etapa de viabilidad, se hace el estudio sobre el **diseño preliminar**. Es el momento de analizar aspectos como la velocidad, la idoneidad de las intersecciones, el trazado horizontal y vertical, las distancias de visibilidad y parada, el ancho de carriles, tipología de arcones, peraltes, infraestructuras para modos blandos, los diferentes modos de transporte., etc. Podemos decir que es el momento donde el auditor aún tiene posibilidad de cambiar radicalmente el proyecto o algún aspecto fundamental del mismo. En esta etapa es muy interesante tener en cuenta la importancia de la homogeneidad del tramo a fin de transmitir al usuario las condiciones básicas de circulación en todo el itinerario.

El siguiente es el momento de abordar el **diseño de detalles**. Los aspectos a estudiar en este momento incluyen, como su nombre indica, elementos como la señalización vertical y horizontal, los sistemas de contención, la iluminación, el mobiliario urbano, el apantallamiento visual y/o acústico, las instalaciones para los usuarios vulnerables, los elementos de seguridad de las intersecciones, las capas de rodadura, el entorno. En esta fase es importante incluir la idea de que los mínimos pueden no ser suficientes. El cumplimiento de la norma es fundamental, pero puede no ser suficiente para garantizar la seguridad.

La etapa de **preapertura** es aquella en la que es preciso verificar que todo cuanto se ha hecho es acorde y adecuado a las decisiones adoptadas. Ya no será momento de modificar los aspectos fundamentales, pero aún sí aquellos de detalle si con ello mejoran aspectos de la obra a favor de la seguridad. Es una etapa de verdadero trabajo de comprobación donde **los expertos integrantes del grupo auditor recorrerán el tramo día y noche, en todas las direcciones y en todos los modos de transporte** a fin de comprobar todas las posibles situaciones y maniobras, giros y accesos. Es fácil imaginar que el grado de profundidad en que esta etapa se desarrolla varía en función de las exigencias impuestas por las diferentes administraciones, pero que una verificación rigurosa redundará en la seguridad del trabajo bien realizado.

Finalmente, comprobaciones en la fase de **explotación inicial**, esto es, evaluación de la seguridad vial a la luz del comportamiento real de los usuarios.

Algunas administraciones realizan auditorías de seguridad vial **después de la apertura** de la carretera al tráfico como una extensión de la etapa de

preapertura. Incluso, en algunos países, ya se venían realizando auditorías sobre carreteras en servicio como de **seguimiento y control** en las que los expertos recorren tramos de carreteras revisando la seguridad de la vía, su entorno, la posibilidad de cambios en el tráfico o en los usos de la vía, etc.

En este marco de obra nueva, **el proceso de realización de una auditoría** pasa por seguir un procedimiento que podría adecuarse al siguiente modelo:

1.- Selección de un equipo auditor

Obviamente la selección adecuada del equipo auditor vendrá determinada por dos cuestiones. La primera es el tipo de actuación que va a auditarse. No será lo mismo trabajar sobre un proyecto de realización de una intersección, que hacerlo sobre un proyecto de construcción de varios kilómetros de autopista. La segunda es la fase en que se encuentra el proyecto por cuanto según ésta convendrá un tipo u otro de profesionales. Por ejemplo, un miembro de la policía de tráfico o un experto en sistemas de gestión, interesantes siempre, pueden ser indispensables en la fase de apertura. En todo caso, ya hemos mencionado la concreción de la Directiva en este punto al exigir experiencia y formación específicas en diseño de carreteras, ingeniería de seguridad vial y análisis de accidentes.

2.- Información necesaria

El equipo auditor debe disponer de toda la información necesaria para llevar a cabo la auditoría. Esto incluye la documentación relativa al proyecto, la documentación jurídica, la información interna referente a volúmenes de tráfico, accidentes, cualquier estudio o investigación de seguridad vial efectuado en el área de influencia o que pueda ser de interés para el caso.

3.- Unidad del equipo auditor

Es importante que los profesionales que conformen el equipo tengan oportunidad de celebrar reuniones previas para conocer los detalles del proyecto y dispongan de la documentación necesaria.

4.- Estudio de documentación

El análisis de la información disponible ha de hacerse con rigor y, cuando sea útil, sobre el terreno, antes y después de cada inspección.

5.- Inspección del terreno

Resulta esencial llevar a cabo un minucioso trabajo de campo en que el equipo auditor realice inspecciones sobre el terreno en situaciones reales y representativas del tráfico previsto. Es importante que estas inspecciones se hagan en diferentes horas del día y la noche y desde la condición de todo tipo de usuario, a fin de garantizar las diferentes necesidades de unos y otros.

6.- Informe de auditoría

Concluido el trabajo el equipo auditor elaborará un informe donde incluirá las conclusiones del trabajo realizado, identificando las condiciones de seguridad del proyecto. A fin de garantizar la homogeneidad y la claridad del informe, se deben incluir una serie de datos básicos.

- Información relativa al proyecto
 - Nombre de la carretera
 - Identificación del tramo
 - Emplazamiento
 - Fase de la ASV
 - Descripción del proyecto, sus objetivos, usuarios especiales, otros aspectos.
- Información del entorno o contexto
 - Identificador del equipo auditor y del ordenante de la auditoría (cliente)
 - Experiencia y formación del equipo auditor
 - Planos y mapas del proyecto, así como fotografías ilustrativas
 - Descripción detallada del trabajo de campo
 - Relación de la documentación utilizada
- Resultados y recomendaciones
 - Conclusiones de los niveles de seguridad. Es el objeto de la auditoría y, por tanto, la parte más importante del trabajo.
 - Recomendaciones en caso de deficiencias de seguridad, a fin de asegurar la eficacia de la auditoría.
- Declaración formal
 - Es el acto por el que el equipo auditor asume las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado tras haberlo finalizado conforme a las condiciones a las que se comprometió
 - Ha de ir firmada por todos los miembros del equipo

7.- Fin del proceso

El equipo auditor ha de entregar el trabajo y discutir con el cliente las recomendaciones apuntadas. Ello no obstante, **tales recomendaciones no son vinculantes, de modo que pueden implantarse o, por el contrario, tener argumentaciones en contra que las hagan inviables.** Por supuesto primarán razones de seguridad, fundamentalmente de riesgo de accidentalidad, pero serán consideradas razones de costo-beneficio de las medidas aplicables.

Auditorías en carreteras abiertas al tráfico

Cuando la auditoría o inspección se hace en vías abiertas al tráfico, su filosofía es diferente.

La potencialidad de las ASV como herramienta preventiva incluida en los planes que diseñan las políticas de seguridad vial no parece poder ser objeto de ninguna duda. Sin embargo, y aunque también parece obvio afirmar que una auditoría permitirá identificar problemas que, de otro modo y salvo para el caso de los tramos de concentración de accidentes, pudieran pasar desapercibidos, **las auditorías en carreteras abiertas al tráfico encuentran la confrontación de quienes argumentan razones de costo-beneficio, pues**

suele resultar más rentable invertir en la identificación y mejora de los tramos de concentración de accidentes.

Es cierto que la aplicación de esta metodología a carreteras ya abiertas al tráfico constituye un intento por aprovechar la potencialidad de las ASV en un contexto diferente a aquél para el que fueron planteadas en principio, pero del que se pueden derivar importantes beneficios para la mejora de la seguridad vial. Por ese convencimiento la Directiva viene a referirse a las **inspecciones de seguridad como la comprobación ordinaria periódica de las características** y los defectos que exigen una intervención de mantenimiento por motivos de seguridad.

Se trata pues de un procedimiento sistemático en el que un profesional cualificado comprueba las condiciones de seguridad de un tramo de carretera o de un itinerario completo en servicio, estudiando la vía y su entorno desde todos y cada uno de los aspectos que puedan intervenir en la seguridad de todos los usuarios.

En ningún caso la aplicación de este procedimiento a las carreteras en servicio ha de significar una exclusión de los procedimientos de gestión de los Tramos de Concentración de Accidentes (TCA). Muy al contrario se trata de metodologías que deberían aplicarse de manera complementaria en el marco de los planes de mejora de la seguridad vial en su conjunto. Ahora bien, cada una ha de ser entendida de acuerdo a sus propósitos, esto es, la aplicación de medidas paliativas para la reducción de la siniestralidad en el caso de los TCA y la puesta en marcha de medidas preventivas para la consecución de mejores resultados en el caso de las auditorías.

La Directiva a la que nos venimos refiriendo también se ocupa de ello refiriéndose a la “Gestión de la seguridad vial en las vías en servicio” incluyendo en el concepto el tratamiento de tramos de concentración de accidentes (TCA) y de los tramos de alto potencial de mejora de la seguridad vial (TAPM) como algo diferentes a las auditorías e inspecciones de seguridad.

Es cierto que la gestión de los TCA es muy rentable si atendemos a la carga de accidentes que soportan respecto del total de la red, pero parece lógico defender la oportunidad de actuaciones sobre aquellos tramos que, sin constituir tramos de concentración de accidentes, soportan el resto de la siniestralidad vial.

En algunos países las auditorías sobre carreteras en servicio se presentan como una medida de seguimiento y control que garantiza la permanencia de los niveles de seguridad exigidos. Si los estudios que conlleva una auditoría para asegurar la apertura de un tramo de carretera con estándares de seguridad, se repiten a lo largo de la vida de aquella, es razonable pensar que aquellos estándares se mantendrán en el tiempo por muchos años que transcurran, pues podrán haberse ido abordando los problemas que el uso y el tráfico de la misma genere.

Pero no son éstas las únicas razones a favor de las inspecciones o auditorías en vías abiertas al tráfico. Tengamos en cuenta que los usos de una

determinada carretera pueden cambiar con el tiempo, así como los usos de los terrenos colindantes a la vía. Consideremos que el entorno evoluciona, no sólo en el ámbito urbano, sino también en el rural, donde vegetación y paisaje están sujetos a continuos cambios. Pensemos que el equipamiento envejece: visibilidad, retrorreflexión, coloración... son parámetros que se van degenerando con el tiempo.

Por otro lado, **estas inspecciones o auditorías de seguimiento permiten adelantarse a los efectos de los cambios sobre la seguridad antes que deriven en accidentes** tratándose por tanto de un procedimiento más proactivo y preventivo.

Lograr criterios de estandarización de procedimientos, periodicidad, planificación, fijación de objetivos y hasta procedimientos sancionadores en caso de incumplimiento requerirá un poco más de tiempo, pero será uno de los retos del futuro próximo en las políticas de seguridad vial.

Entre tanto, podrían irse definiendo situaciones en las que ir incorporando una filosofía como la descrita. Y estas podrían ser:

- Tramos no catalogados ni definidos como TCA pero en los que se ha producido un importante número de accidentes durante los últimos años.
- Tramos de carreteras en los que se estén realizando operaciones de renovación o acondicionamiento.
- En carreteras en las que en algunos tramos se han realizado TCA, a fin de disminuir el posible efecto de migración de accidentes.
- En carreteras aparentemente sin problemas.

El proceso para realizar una auditoría en carretera en servicio puede ser muy parecido al que se lleva a cabo en carreteras nuevas, si bien es necesario destacar que la realización de un exhaustivo trabajo de campo tiene en este caso una importancia fundamental. Se trata, en definitiva, de reconocer y resolver un riesgo más o menos identificado, tratando de investigar cómo los diferentes tipos de usuarios perciben la carretera y su entorno.

El modelo de procedimiento debería adecuarse al que sigue:

1.- Selección de la carretera o tramo a auditar

Ya hemos dicho que lo ideal sería poder actuar periódicamente sobre todos los tramos de carretera a fin de conocer las condiciones de seguridad de nuestra red. Siendo inviable por razones económicas y/o temporales, es preciso establecer prioridades para asegurar, en la medida de lo posible, que conseguimos la mayor eficacia en la mejora de la seguridad vial traducida en la mayor reducción de accidentes. Una buena manera de empezar podría ser la selección de tramos en diferentes tipos de carreteras a fin de ir haciendo acopio de experiencias que permitan extrapolar prácticas y conclusiones a otros tramos de sus mismas características.

2. Selección del equipo auditor

Básicamente los criterios a la hora de seleccionar los profesionales responsables del estudio han de ser los mismos que establecimos al hablar de carreteras nuevas. En todo caso, es indispensable garantizar la independencia de aquellos respecto de los titulares de la vía y, sobre todo, de los responsables del diseño y el mantenimiento de la misma.

En estos supuestos es muy interesante que el equipo auditor lo conforme expertos en seguridad vial, en gestión del tráfico y en diseño de carreteras. Estamos ante una situación donde ya se conocen la magnitud de los accidentes, la tipología de los accidentes más frecuentes, las condiciones del tráfico, los volúmenes de tráfico, la capacidad de la vía, los problemas de congestión. Es por ello que es importante que los responsables de llevar a cabo la auditoría tengan amplios conocimientos en materias de esta índole. Así:

- Conocimientos de accidentalidad en los distintos tipos de carreteras. Resultarán muy útiles conocimientos en reconstrucción de accidentes.
- Conocimientos de la vía y del comportamiento a fin de determinar en qué medida afectará cada uno de los factores en el número de accidentes y su gravedad.
- Conocimientos en biomecánica
- Conocimientos de las necesidades que tienen todos los tipos de usuarios que utilizan el tramo. Eso incluye considerar desde los vulnerables como peatones, ciclistas o motoristas hasta usuarios de vehículos ligeros y vehículos pesados.
- Capacidad para establecer la relación entre los problemas identificados y sus posibles soluciones.

3.- Análisis preliminar de datos

Como ya hemos dicho estamos ante un supuesto en el que se conoce la historia de la carretera con un importante nivel de detalle. Se dispone de mucha información respecto de los componentes y factores de la misma y sus condiciones de circulación. Es importante por tanto que se lleve a cabo un análisis previo de todos los datos disponibles y, fundamentalmente, de los datos de accidentalidad. Se trata de profundizar en todos los aspectos – relativos o no a la infraestructura- que puedan motivar los accidentes o agravar sus consecuencias.

Podríamos decir que es preciso tener una información exhaustiva de los siguientes parámetros:

- Caracterización del tráfico
 - Intensidades de circulación
 - Tráfico de vehículos pesados
 - Otros tráficos: peatones, ciclistas, motociclistas, vehículos agrícolas
- Caracterización de la accidentalidad
 - Revisión de la accidentalidad en la vía
 - Tipología y ubicación de los accidentes más frecuentes

- Caracterización geométrica de la carretera
 - Trazado horizontal y vertical
 - Sección transversal
 - Márgenes de la vía
 - Equipamiento: elementos de balizamiento, sistemas de contención, iluminación...
 - Puntos singulares: intersecciones, accesos, pasos a nivel, travesías, túneles.
- Características climáticas
 - Lluvias, nieve, hielo, vientos...
- Análisis de velocidades
 - Medición de velocidades
 - Estimación de incrementos de velocidad
 - Velocidades de diseño estrictas

4.- Trabajo de campo

Como en el caso de las carreteras de nueva construcción, el trabajo de campo es imprescindible. **La inspección de la vía por parte del equipo auditor es esencial y debe ser realizado durante el día y la noche, a diferentes velocidades, conduciendo (no como pasajero) tipos de vehículos e incluso a pie**, para evitar pasar por alto algún aspecto importante.

Es un momento donde es muy útil hacer videos o tomar fotografías que ilustren de cuanto se vaya estudiando.

Finalmente, el trabajo de campo no debe limitarse exclusivamente a la carretera o al tramo sobre el que se está haciendo la auditoría, sino abarcar toda el área de influencia de aquella a fin de estudiar la red adyacente, que puede tener impacto en la vía y en los usuarios.

5.- Discusión

Es la fase de puesta en común de todos los aspectos analizados. El proceso suele comprender los siguientes pasos:

- Identificación de la tipología de accidentes más representativa, esto es, cómo se agrupan los accidentes que presentan similitudes en cuanto a su desencadenamiento y las relaciones causales que concluyen en la colisión.
- Es muy útil que cada miembro del equipo auditor elabore su propia lista de problemas de seguridad a fin de profundizar posteriormente en equipo sobre si realmente cada factor contribuye, real o potencialmente, a la producción de accidentes y al agravamiento de sus consecuencias.
- Análisis conjunto de las posibles soluciones y desarrollo de las recomendaciones para la solución de los problemas identificados. Es importante que esta fase incluya análisis costo-beneficio.

6.- Evaluación de riesgos

Como quiera que las normales restricciones presupuestarias exigen establecer prioridades, suele ser necesario hacer esa priorización, para lo que frecuentemente se utilizan los análisis de riesgos, bien considerando las estadísticas disponibles de otros casos, bien realizando una predicción

de la frecuencia y gravedad de los accidentes que potencialmente pueden ocurrir de manera asociada al problema que se ha identificado.

7.- Elaboración del informe

Nada muy destacable cabe decir del informe de auditoría. Suele elaborarse en formato problema-recomendación, donde el problema se describe en términos de riesgo de accidente para un tipo de usuario y la recomendación es la medida a aplicar para solucionarlo. El informe incluirá todos los campos que ya vimos en las auditorías de obra nueva.

- Denominación de la carretera y localización
- Fases y fechas de los diferentes trabajos.
- Miembros del equipo auditor y cualificación
- Identificación del cliente
- Actas y reuniones celebradas
- Toda la información de que se dispuso
- Descripción del proceso
- Declaración de responsabilidad limitada del equipo auditor
- Descripción de los problemas de seguridad y riesgos de accidentes
- Relación de las recomendaciones planteadas para solucionar los problemas detectados
- Conclusiones
- Identificación y firma del equipo auditor

8.- Elaboración del informe respuesta

El informe respuesta es aquél en el que se esbozan las medidas que se van a tomar para solucionar los problemas identificados. Puede ocurrir que el cliente no acepte que el problema existe (lo que tendrá que justificar), aceptar que existe el problema pero no estar de acuerdo con la recomendación (en cuyo caso deberá justificar la implantación de otra medida o el momento en que lo hará debido a problemas presupuestarios) o aceptar la recomendación del equipo auditor e implantarla.

En el RD 345/2011 por el que se transpone la Directiva y para su ámbito de aplicación, la Red de Carreteras del Estado, se establece para las **inspecciones que la administración titular de la vía incluirá las medidas propuestas en los programas de mejora de la seguridad viaria y las ejecutará en el menor plazo posible en función de su idoneidad técnica y la disponibilidad presupuestaria.**

9.- Control del funcionamiento de las medidas implantadas.

De nuevo la idea de seguimiento y control es patente en esta fase. Se trata de hacer un seguimiento del funcionamiento de las medidas implantadas.

5. LA DIRECTIVA 2008/96/CE

El verdadero paso al frente de la Unión Europea se produjo con la Directiva 2008/96/CE, de 19 de noviembre de 2008 sobre **gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias** (transpuesta a la legislación nacional mediante RD 345/2011 de 11 de marzo, para la Red de Carreteras del Estado), bajo el convencimiento de que la simple gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias ofrece un amplio margen de mejora que es necesario aprovechar.

El establecimiento de procedimientos adecuados de gestión supone una herramienta esencial para mejorar la seguridad de las infraestructuras. Así, la Directiva “exige el establecimiento y la aplicación de procedimientos relacionados con las evaluaciones de impacto de la seguridad vial, las auditorías de seguridad vial, la gestión de la seguridad de la red de carreteras y las inspecciones de seguridad por parte de los Estados Miembros”.

- Las **evaluaciones de impacto de la seguridad viaria** han de mostrar cuáles son, a nivel estratégico, las implicaciones de las diferentes alternativas de planificación de un proyecto de infraestructura. Constituye el **análisis estratégico comparativo de la repercusión de una carretera** nueva o de la modificación sustancial de una carretera ya existente.
- Las **auditorías de impacto deben determinar de forma pormenorizada los elementos de riesgo de un proyecto de infraestructura**, esto es, se trata de la comprobación de la seguridad de un proyecto de infraestructura viaria desde la planificación hasta su explotación inicial. De ellas nos ocupamos en detalle.
- Es preciso incrementar el nivel de seguridad de las carreteras en servicio **invirtiendo específicamente en aquellos tramos en que exista una mayor concentración de accidentes o un mayor potencial de reducción de los mismos**.

La Directiva se refiere de manera diferenciada a la clasificación y gestión de la seguridad de la red de carreteras en explotación, centrándose en la clasificación de los tramos de carretera con alta concentración de accidentes y la clasificación de la seguridad de la red, estableciendo la obligación de los Estados miembros de llevarla a cabo sobre la base de exámenes de la explotación de la red de carreteras, como mínimo cada tres años.

Para la determinación de los tramos de carretera con alta concentración de accidentes, se ha de tener en cuenta al menos el número de accidentes con víctimas mortales sobrevenidos en los años anteriores por unidad de longitud de la carretera en relación al volumen del tráfico y, en el caso de las intersecciones, el número de tales accidentes por intersección. Los tramos de carretera se clasificarán en categorías.

Para cada categoría de carretera, la clasificación de la seguridad de la red se traducirá en listas prioritarias de tramos de carretera en los que se espera que una mejora de la infraestructura sea altamente efectiva.

Habrà de garantizarse que los tramos que muestren mayor prioridad sean objeto de evaluación por parte de equipos de expertos mediante visitas de los emplazamientos y a ellos vayan dirigidas las actuaciones correctoras prestando atención a las que presenten un mayor índice de rentabilidad.

Es la Directiva la norma que recoge la obligación de colocar las señales adecuadas para anunciar a los usuarios los tramos que puedan poner en peligro su seguridad y la de informar de la existencia de tramos de carretera con alta concentración de accidentes

La clasificación de la seguridad de la red presenta un gran potencial en el periodo inmediatamente posterior a su aplicación. **Una vez que se hayan tratado los tramos de carretera con alta concentración de accidentes y se hayan adoptado las oportunas medidas correctoras, las inspecciones de seguridad deben adquirir un mayor protagonismo en cuanto acciones preventivas.** Las inspecciones periódicas constituyen una herramienta esencial con vistas a la prevención de los eventuales peligros que amenazan a los usuarios de la carretera.

La Directiva recoge la necesidad de hacer inspecciones de seguridad en las carreteras en funcionamiento con vistas a la identificación de las características relacionadas con la seguridad vial y a la prevención de accidentes, **y se efectuarán con la suficiente frecuencia como para garantizar un nivel de seguridad adecuado de las infraestructuras viarias.**

Luego es importante aclarar que, al referirse a los diferentes procedimientos de gestión de infraestructuras, la Directiva reserva el concepto de auditoría, en sentido estricto, a la “comprobación de un proyecto de infraestructura viaria, aplicada a las diferentes fases desde la planificación a la explotación en su fase inicial.” Acude a otra terminología como la evaluación de impacto cuando se centra en proyectos de obra nueva (planificación) o cuando se refiere a las comprobaciones de las vías en servicio o explotación (clasificación y gestión de la seguridad de la red de carreteras en explotación e inspecciones de seguridad).

Lo que conviene precisar es que realmente las auditorías de seguridad vial pueden funcionar igualmente tanto en carreteras de nueva construcción como en proyectos realizados en vías en servicio. Cuando la Directiva trata de las inspecciones de seguridad ya se refiere a ellas, aunque tal vez les otorgue una finalidad más limitada de la que pueden llegar a tener.

Finalmente, la Directiva “se aplicará a todas las carreteras integrantes de la red transeuropea de carreteras, independientemente de que se encuentren en fase de diseño, de construcción o de explotación”. Adicionalmente, se incluye que “los Estado miembros podrán aplicar las disposiciones de la Directiva, como un conjunto de buenas prácticas, también para la infraestructura nacional de transporte por carretera, no incluida en la red transeuropea de transportes, que se haya construido mediante el recurso total o parcial de fondos comunitarios”. Por tanto, aunque en su tenor literal, la Directiva se circunscribe a las carreteras integrantes de la Red Transeuropea (TERN), la norma habilita y de algún modo recomienda su aplicación al resto de la red viaria.

Por su parte, la transposición de la norma a la legislación nacional fue elaborada por el Ministerio de Fomento mediante el RD 345/2011, de 11 de marzo, sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias en la Red de Carreteras del Estado.

La experiencia en estos años de aplicación de los procedimientos incluidos en esta Directiva se puede calificar claramente de positiva, al resultar efectivos y de contrastada eficacia en las redes viarias de diversas titularidades en que se ha aplicado, especialmente en la Red de Carreteras del Estado donde se ha aplicado con carácter general.

Sin embargo, básicamente, ante el aumento generalizado de los fallecidos a nivel europeo en accidentes de tráfico de los últimos años, que muestran una dificultad para poder conseguir el objetivo Comunitario perseguido de reducir en el año 2020 los fallecidos en accidentes de tráfico a la mitad respecto a los del año 2010, las diferencias en el nivel de seguridad en los distintos Estados Miembros y el periodo de tiempo transcurrido desde la promulgación de esta Directiva, motivó a la Comisión Europea a plantearse modificaciones en la actual Directiva 2008/96, como una medida para complementar y reforzar las demás acciones tendentes a revertir esta tendencia alcista de los accidentes y poder alcanzar así dicho objetivo.

Por ello, en la publicación del Tercer Paquete de Movilidad por la Comisión Europea se contempla un conjunto de propuestas legislativas, entre las que se incluye la propuesta de modificar la actual Directiva.

El objetivo general perseguido con esta modificación sigue siendo el mismo que el de la Directiva original, es decir, **contribuir a reducir el número de víctimas mortales** que se producen en accidentes de tráfico mediante actuaciones en las infraestructuras derivadas de la aplicación de los procedimientos de gestión contemplados en la nueva Directiva.

SITUACIÓN ACTUAL (noviembre 2019)

Tras una larga negociación entre la Comisión Europea y el Consejo, se consiguió alcanzar un acuerdo sobre el actual texto de modificación de la Directiva 2008/96/CE publicándose el día 26 de noviembre de 2019 en el Boletín Oficial de la Unión Europea la nueva Directiva 2019/1936 sobre gestión

de la seguridad de las infraestructuras viarias.

Las principales modificaciones en el texto final alcanzado, con respecto a la actual Directiva son las que se detallan a continuación:

- **Se amplía el ámbito de aplicación de la Directiva**, no circunscribiéndolo exclusivamente a la red TEN-T, de forma que todas las autopistas/autovías (ya sean o no pertenecientes a la red TEN-T), y otras carreteras principales (a definir por los Estados Miembros y que se deberán comunicar a la Comisión Europea antes del 17 de diciembre de 2021) serán objeto de aplicación obligatoria de la misma.
- Se ha incorporado la **realización de inspecciones de seguridad conjuntas de los equipos responsables de la aplicación de los procedimientos de la Directiva 2008/96/CE (gestión de la seguridad de carreteras) y de los de la Directiva 2004/54 (equipamientos de seguridad de túneles) en aquellas secciones de carretera adyacentes a los túneles** (actualmente de competencia exclusiva de la Directiva 2008/96/CE)
- **Eliminación del actual Artículo 5** sobre procedimientos de gestión de la seguridad en las carreteras existentes en explotación “*Safety ranking and management of the road network in operation*” (“Clasificación y gestión de la seguridad de la red de carreteras en explotación”), en el que están comprendidos **los actuales procedimientos de TCA y TAPM, y su sustitución por uno nuevo y único procedimiento denominado “Network-wide road safety assessment”** (“Evaluación de la seguridad a lo largo de todas las carreteras”). **Este nuevo procedimiento pretende evaluar los riesgos intrínsecos de la seguridad de las carreteras y en función de dicho riesgo “inherente a las carreteras”, clasificar el nivel de seguridad de las mismas por tramos.** Y en aquellas secciones o tramos donde el nivel de esa seguridad intrínseca sea bajo deberán realizarse inspecciones detalladas (“Targeted road safety inspections”) para determinar medidas de actuación, y establecer un plan de ejecución de tales medidas.
- Se refuerza la necesidad de **considerar a los usuarios vulnerables en todos los procedimientos de gestión de seguridad vial y desarrollar criterios de calidad en las infraestructuras para estos usuarios.**
- Establece un **procedimiento de seguimiento** de la aplicación del nuevo procedimiento introducido, debiendo informar periódicamente a la Comisión Europea.
- Un **grupo de expertos creados por la Comisión** elaborará un **informe** que deberá presentar al Parlamento y Consejo Europeo, **sobre la visibilidad y detectabilidad de las señales verticales y las marcas**

viales en determinadas condiciones por los vehículos equipados con sistemas de asistencia a la conducción y vehículos autónomos y su interrelación con la infraestructura.

Fechas o hitos establecidos a reseñar:

- La nueva Directiva entrará en vigor veinte días después de su publicación en el Diario Oficial de la Unión Europea.
- **Los Estados Miembros dispondrán de 24 meses desde su entrada en vigor para transponerla a sus respectivos ordenamientos jurídicos, debiendo comunicar a la Comisión el texto de las disposiciones legales nacionales que las trasponen.**
- **A los 24 meses desde su entrada en vigor los EEMM deberán comunicar a la Comisión las carreteras principales (distintas de las autovías y la red TEN-T, que ya se incluyen con carácter general) donde extenderán el ámbito de aplicación de la Directiva**

6. HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO DE LAS AUDITORÍAS. COSTES Y RESULTADOS.

Además del equipo humano, una auditoria (también las inspecciones de seguridad viaria) requiere de una serie de herramientas que posibiliten y faciliten la tarea. La **recopilación de información previa sobre todos los parámetros de interés relativos a la vía, su entorno socioeconómico, los usos del suelo adyacente, la planificación urbanística, parámetros del tráfico, accidentalidad, medioambiente, etc. es un valiosísimo punto de partida.** Las bases de datos de accidentes y víctimas son una herramienta indispensable para lograr los objetivos de mejora de seguridad vial. Y es que la identificación de las áreas prioritarias sólo puede hacerse sobre la base de un análisis de la accidentalidad, para el cual es requerido el conocimiento y tratamiento de los datos de accidentes. Esas mismas bases serán fundamentales para hacer una valoración objetiva (o cuantificación) de la eficacia de las medidas adoptadas para mejorar la seguridad de la circulación.

En todo caso, cada vez es mayor la dedicación de los países más desarrollados a mejorar los procesos de obtención y análisis de la información, lo que permite desarrollar procedimientos más precisos de identificación de los problemas. Todo ello además de los avances en el campo de las comunicaciones y del tratamiento de la información, que contribuyen de manera importante a mejorar la eficiencia de los procesos.

Si nos referimos al trabajo de campo, el equipo auditor requiere de otro tipo de herramientas como cartografía, aforos, cámaras de fotografía, videos, medidor de distancias, ordenadores y elementos de seguridad que faciliten su trabajo como chalecos reflectantes, triángulos, etc.

Sin embargo, una de las herramientas más importantes en las auditorías es lo que ha dado en llamarse **check-list** o listas de chequeo, cuyo propósito es ayudar al auditor a identificar cualquier deficiencia, de una forma ordenada y sistemática. Se trata de la **relación de ítems o parámetros imprescindibles que van a ser considerados en el trabajo por la importancia que representan.**

Constituyen un medio y no un fin. El auditor ha de decidir cómo y cuándo utilizarlas. Los auditores con más experiencia utilizan las listas de chequeo generales. Otros auditores adecuan las listas a las necesidades del proyecto. En muchos casos, antes de analizar la documentación del proyecto y realizar las inspecciones del terreno, **una revisión de las listas de chequeo permitirá eliminar los ítems que no correspondan o no vayan a aportar nada o incorporar algunos nuevos.**

Las listas de chequeo no deben incorporarse en el informe final. De hecho, el contenido del informe no tiene que hacer referencia a las listas de chequeo. Constituyen una herramienta de trabajo del auditor -no una solución-, que se puede utilizar en cualquier momento del proceso. Es importante decidir cuál se utilizará en función de la etapa que se está auditando, aunque es recomendable utilizar inicialmente una lista general a fin de tener una visión

más amplia de los tópicos que hay que incluir en la auditoría de un determinado proyecto. Esto permite al auditor tener una rápida referencia de lo que pretende revisarse.

Los contenidos de las listas de chequeo no son exhaustivos, los auditores deben ser los encargados de, con su conocimiento y su experiencia, enriquecerlas para mejorar su análisis.

Las listas de chequeo, por tanto:

- Ayudan al auditor a identificar elementos.
- No están sometidas a un modelo predeterminado.
- No sustituyen a la experiencia.
- Se pueden modificar.
- Muchos elementos incluidos podrán ser innecesarios o repetitivos.
- No han de ir anexadas al informe.

Respecto de los costes, uno de los problemas al que han de enfrentarse las administraciones a la hora de defender y ejecutar los diferentes sistemas de gestión de infraestructura es el coste derivado de los procedimientos aplicables y, en este caso, de las auditorías. Por otro lado, por todos es sabido el coste que representan para la sociedad los accidentes de tráfico, no sólo por las pérdidas de vidas humanas y el sufrimiento que generan, sino también a nivel económico.

En la Unión Europea se pierden alrededor de 45.000 vidas, con más de 1,7 millones de heridos, de los cuales 170.000 padecerán incapacidades de por vida, lo que aparte del sufrimiento humano que conlleva, supone un coste económico de 45 billones de euros (en torno al 2% del PIB).

Junto a los costes de los cuidados médicos y la reparación de vehículos e infraestructura o la necesidad de disponer de equipos de emergencia, están los costes ocultos debidos a muertes de personas, personas heridas y su entorno, que se traducen en una pérdida de producción de la economía de un país debido a los períodos de recuperación y sustitución de las personas que han sufrido accidentes.

Es por ello que las administraciones se ven obligadas a gastar grandes sumas de dinero público en la prevención de los accidentes de circulación. Se trata de encontrar medidas rentables y lo cierto es que la auditoría de seguridad vial lo es, por cuanto constituye una herramienta que tiene por objeto asegurar que tanto las carreteras de nueva construcción como 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. Ahora bien, **para evaluar los beneficios económicos de la seguridad vial es necesario transformar “reducción del riesgo” en “beneficio monetario”**.

Los costes de una auditoría dependen de la magnitud del proyecto a auditar, de su complejidad y de la etapa en que se encuentre. Algunas experiencias internacionales apuntan que las cifras razonables vienen a

situarse en: entre un 4 y un 10% del coste del proyecto en las evaluaciones de impacto, 600-6.000 euros por etapa en las auditorías y 600-1.000 euros por kilómetro de carretera en las inspecciones de seguridad viaria.

Precisando algo más, otras experiencias han dado cifras para la etapa de diseño de detalle, en la que el costo de una auditoría oscila entre un 5 y un 10% del costo del diseño. El costo de diseño de un proyecto, por su parte, tiene por lo general un valor cercano al 5% del costo del proyecto. Por lo tanto el **costo de una auditoría es menos del 0,5% del costo total del proyecto.**

En la etapa de preapertura, se requieren normalmente mayores recursos, ya que aquí participan una mayor gama de especialistas. En todo caso, **al costo total de la mejora de la seguridad vial originada por una auditoría hay que añadir al coste de la auditoría en sí misma, el coste de implantar las recomendaciones aceptadas.** Para este costo se documentan valores del **1% en proyectos auditados en la etapa de diseño, y cercanos al 10% en la etapa de construcción.**

Desde luego que, sean cuales sean las cifras que manejemos, cualquier inversión en seguridad vial es menos costosa que los accidentes, pero es cierto que interesa hacer análisis coste-beneficio a fin de poder establecer prioridades de las medidas a adoptar. **En caso de restricciones económicas, una medida en una carretera determinada no sólo ha de ser rentable, sino que ha de serlo más que otra medida distinta, o más que esa misma medida en otra carretera.**

Métodos como el Road Safety Risk Manager trabajan sobre una clasificación de riesgos de modo que a cada peligro le corresponda un cierto nivel de riesgo en función de una serie de parámetros. Se trata de estudiar el nivel de riesgo antes y después de la intervención. A partir de ahí se pueden hacer los análisis coste-beneficio.

No existe duda de su rentabilidad en términos económicos. Experiencias internacionales han convencido al respecto. Escocia ha establecido un ratio costo-beneficio de 15:1. Igualmente Nueva Zelanda, que ha establecido relaciones 15:1 y 20:1. Un estudio realizado en 1994 comparó varios proyectos, sólo uno fue auditado y se concluyó que las ventajas económicas superaron ampliamente el costo de la auditoría para proyectos pequeños. Para los proyectos más grandes, el ahorro potencial en muertes es probablemente mayor. En Dinamarca, el estudio de rentabilidad se realizó mediante una evaluación de la relación costo-beneficio en 13 situaciones donde se realizó una auditoría. Considerando los diferentes costes de los proyectos y sus correspondientes auditorías, se estimó un valor promedio de rentabilidad de 146%.

En el Reino Unido, con una gran experiencia en la materia, se trabaja sobre la base de que el costo de una auditoría queda justificado si se consigue evitar al menos un accidente mortal.

En definitiva, si los accidentes son debidos a fallos en el sistema global de tráfico en el que se ven afectados diferentes factores sobre los que es preciso actuar llevando a cabo políticas adecuadas, en el marco de las infraestructuras las auditorías constituyen la mejor de las políticas preventivas destinadas a reducir los accidentes y su gravedad y, por ende, los costos económicos.