

Capítulo 2

Factores causantes de los accidentes

1. El factor humano

Es bien conocida la gran incidencia del factor humano (conductor o peatón) en el desencadenamiento de los accidentes, ya que en la inmensa mayoría de los accidentes se registra en algún momento un fallo humano.

Para poder conducir adecuadamente se precisan unas mínimas condiciones físicas y unos conocimientos sobre la conducción. Sin embargo, no se precisan unas aptitudes físicas excepcionales e incluso personas con defectos físicos importantes conducen bien con vehículos preparados para ellos, sin que se registren mayores índices de accidentes que en otras personas.

Los conocimientos necesarios tampoco son difíciles, pero la práctica demuestra que además de saber lo preciso para aprobar un examen de conducir, hace falta alguna experiencia en la conducción real. Por ello los conductores que no han recibido otra información que la exigida para obtener el citado permiso suelen tener accidentes con mayor frecuencia de lo normal durante el primer año de práctica, mientras que los conductores que recibieron cursos especiales de formación tienen siempre menores índices de accidentes.

1.1 Responsabilidad del factor humano en los accidentes

La responsabilidad del factor humano en la producción de accidentes se cifra aproximadamente en el 90% de los casos [3].

Las causas hay que buscarlas en diversos factores, destacando por encima de los demás las causas psíquicas, la búsqueda del riesgo, causas físicas, falta de respeto a las Normas de Circulación y a deficiencias en la percepción.

Según diversas estadísticas efectuadas se podría hacer el siguiente resumen de causas de la accidentalidad:

<i>Causas</i>	<i>% del total de accidentes</i>
Por infracciones al Código	50
Por velocidad excesiva	25
Por alcoholemia	12
Estado físico del conductor	8
Estado de la vía o del vehículo	5

Tabla 2.1: Causas de accidentalidad

Fuente: Elaboración propia a partir de informes del Ministerio del Interior

Es la velocidad excesiva, la que tiene el privilegio de ocupar el primer lugar dentro de las enumeradas anteriormente.

1.1.1 Factores que favorecen la accidentalidad

· La distracción

Uno de los elementos subjetivos que interviene con mayor frecuencia en los accidentes de tránsito es la distracción [4], que se presenta tanto en el conductor como en los peatones o pasajeros, quienes por negligencia o descuido se exponen a sufrir diversos accidentes con consecuencias lamentables para su vida o integridad física.

Si bien el ser humano tiene la necesidad de distraerse para olvidar momentáneamente sus problemas o las situaciones negativas que lo afligen, esto no quiere decir que deba exponerse a peligros que atenten contra su propia integridad física. Por ello, es importante controlar nuestras distracciones, sobre todo aquellas que afectan al desarrollo personal frente a la realidad del tránsito, que es cada día más complejo y heterogéneo.

La distracción como anormalidad de la atención

La distracción es un estado psicológico de dispersión mental que impide temporalmente a una persona prestar la debida atención a las cualidades del objeto, es decir, que constituye una incapacidad transitoria para captar o aprehender las características de los objetos o hechos reales.

Distracción durante la conducción

Esta manifestación del fenómeno anímico de la atención se presenta en forma variada en la circulación de los vehículos, donde los agentes de tráfico y el semáforo constituyen el foco de atención del sujeto.

Los diversos estímulos de atención en el tránsito están constituidos por las luces de los semáforos, las sirenas de los vehículos policiales y de emergencia, las maniobras para adelantar a un vehículo en marcha o detenido, la captación de las señales de los agentes de tráfico, el control de la velocidad del vehículo, etc. Estos factores deben ser percibidos de inmediato y el conductor debe reaccionar y actuar de forma adecuada.

Entre las causas de distracción más comunes destacan: hablar con el teléfono móvil, estar agobiado por problemas, no ver las señales de tráfico, conducir con prisas, discusiones con los pasajeros, sueño, leer o consultar mapas, encender cigarrillos, manipular equipos de música o no utilizar las medidas de seguridad activa.

Formas preventivas de la distracción

Existen algunos procedimientos técnicos recomendables, especialmente para los conductores de vehículos motorizados, con el fin de evitar la distracción. Son los siguientes: alejarse de aquellos estímulos que distraen: música, avisos publicitarios, alcohol, etc.; no responder a los estímulos que constituyen distracción; asumir una actitud defensiva frente a los estímulos que lo puedan distraer; emplazar los estímulos y anularlos, no dándoles importancia.

Es indudable que dentro de las funciones preventivas de los agentes de tráfico desempeña un papel importante, ya que con su actividad previsor, al orientar y corregir adecuadamente a los conductores de las unidades motorizadas, evita una serie de accidentes que pueden traer consecuencias fatales tanto para el chofer como para los usuarios de dichos vehículos, así como para los peatones que circulan desprevenidamente por la calzada.

La educación de la atención en el tránsito

Es muy importante desarrollar una campaña de educación vial, especialmente en la formación profesional de los chóferes de los vehículos de servicio público de pasajeros, con el fin de que cumplan eficientemente su función.

Esta debe incidir en su capacidad de atención, en sus reflejos, sensibilidad, inteligencia, sentimientos de respeto a la vida y la propiedad, sentido de responsabilidad y ética profesional, así como en el conocimiento y la aplicación de las normas de tránsito, etc.

Igual campaña debe emprenderse con el público hasta conseguir plenamente que el peatón (niño, adolescente o adulto) aprenda también a respetar las señales de tránsito y a desplazarse por la acera, zonas de seguridad, etc. Asimismo, a reaccionar frente al peligro imprevisto, a tomar sus precauciones y a no exponer su vida.

Finalmente, debemos señalar que el agente de circulación, además de conocer las normas respectivas, debe estar capacitado para interpretar adecuadamente las actitudes humanas; así como saber qué posición adoptar para resolver los diversos y complicados problemas que le plantea diariamente el tráfico de vehículos.

Es imprescindible tomar en consideración las siguientes recomendaciones para evitar sucesos que lamentar:

A. El conductor debe evitar:

No distraerse conversando con los amigos que viajan en el vehículo, ya que no se controla normalmente el volante y se pierde la debida atención. Así mismo, no se debe fumar, porque ello perturba la atención cuando se está conduciendo. Otro peligro puede ser estar “hipnotizado” con la música. Tampoco es recomendable dedicarse a jugar en

los paraderos, perdiendo el tiempo y después pretender recuperarlo en el trayecto. Debe evitarse pensar en asuntos ajenos a la conducción del vehículo, así como discutir con los pasajeros. Aunque pueda resultar machista, uno de los mayores peligros, sobretodo en ciudad, resulta como consecuencia de observar a las damas que transitan por las aceras, etc.

B. El peatón debe tener cuidado al:

Cruzar la calle, cerciorándose previamente de que no haya vehículos en marcha. Así mismo, no debe cruzar la calle leyendo el diario ni dedicarse a jugar en el centro de la calzada. Es muy importante fijarse en ambos sentidos cuando la calzada es de doble tránsito, así como no ponerse a conversar o discutir en el centro de la calzada. Otro consejo de vital importancia consiste en no pasar delante del vehículo del que acaba de bajar. Por último, se recomienda no caminar por la calzada sino por la acera, etc.

C. El pasajero debe abstenerse de:

Bajar o subir cuando el vehículo está en marcha, discutir con el conductor del vehículo o avisar de forma inoportuna para bajar.

D. El Agente de circulación debe cumplir con:

La aplicación rigurosa de lo señalado en el Reglamento Nacional de Tránsito. Así mismo, debe sancionar con la papeleta correspondiente al conductor que cometa una infracción. Debe estar atento a toda anomalía en el desarrollo de la circulación, así como reaccionar rápidamente cuando la situación del tráfico lo requiera. Debe ser lo más justo que pueda cuando desempeñe funciones de distribución del tiempo en cada sentido y discriminar las zonas preferenciales.

· Telefonía móvil

El empleo de la telefonía móvil y de las tecnologías multimedia actúan directamente en la seguridad vial al presentarse como elementos fundamentales en la distracción del conductor. La gran carga de información generada por el uso y manejo del teléfono móvil durante la conducción da lugar a que existan situaciones o indicaciones del tráfico que no sean detectadas por el conductor con el consecuente riesgo potencial de accidente. De forma resumida se puede considerar que los efectos negativos más importantes que produce la telefonía móvil así como las tecnologías multimedia integradas en el vehículo son: interferencia en el manejo del vehículo, aumento de las distracciones, pérdida de la noción de la situación del vehículo respecto al tráfico, desvío de la trayectoria del vehículo, velocidad reducida (anormalmente reducida) con relación al resto del tráfico, aumento del tiempo de reacción y de la distancia de seguridad ante cualquier emergencia...

De los estudios realizados hasta el momento se concluye que aproximadamente la mitad de las señales de tráfico pasan inadvertidas y no se respeta la prioridad en uno de cada cuatro cruces. Según el mismo estudio, los momentos de mayor peligro con la telefonía se producen cuando se recibe una llamada, al haber un elemento de sorpresa e incluso cambian las pulsaciones y la actividad cerebral. Respecto al empleo del teléfono de manos libres, se comprobó como durante los dos primeros minutos de conversación todavía se mantenía la atención, pero a partir de ese momento se iba perdiendo paulatinamente la atención en el tráfico.

El hecho de que en España haya cerca de 20 millones de móviles ha generado un hábito de uso que forma parte de las costumbres cotidianas y ello influye en que no seamos conscientes del peligro de su utilización durante la conducción.

Hablar por el móvil mientras conducimos puede llegar a ser igual de peligroso que superar la tasa máxima de alcohol permitida, además de estar prohibido. Esta afirmación se desprende de unos estudios realizados en Inglaterra. El estudio analizó los tiempos de reacción y el desarrollo de la conducción entre distintas personas a través de un simulador. La investigación ha probado cómo se debilita la percepción al conducir hablando por teléfono móvil, con un teléfono de manos libre y cuando se han superado los límites de alcoholemia. Los tiempos de reacción de los conductores son un 50 por ciento más lentos cuando hablan por teléfono móvil sin dispositivo de manos libres, de forma que pierden la capacidad de mantener una velocidad constante y la distancia de seguridad.

El uso del móvil con sistema de manos libre también resulta peligroso, ya que no es lo mismo mantener una conversación con un acompañante que hacerlo con una persona que no está presente, ya que en el primer caso ambos participan de la situación del tráfico y se adaptan a las necesidades de cada momento y en el segundo el interlocutor continua hablando independientemente de cuales sean las condiciones del tráfico en ese momento.

· La velocidad

Dada la particular importancia de la velocidad en los accidentes de circulación, se realiza en el capítulo siguiente un estudio completo de la relación entre la velocidad y la seguridad.

· El alcohol

El alcohol tiene un efecto tóxico hacia el sistema nervioso y ejerce un efecto adormecedor sobre algunas de sus funciones, por lo que los reflejos se retardan y la visión se hace menos nítida. Pero también provoca otros efectos, como esa agresividad, latente en muchos conductores, pero que se presenta en toda su virulencia cuando se ha tomado alguna copa de más.

Está demostrado que cuando el contenido de alcohol en la sangre sobrepasa el uno por mil (alrededor de medio litro de vino), el porcentaje de errores cometidos al conducir aumenta muy rápidamente.

El problema del alcohol en la conducción presenta un doble aspecto. Por una parte el de las personas alcoholizadas, que aunque procuran conducir con prudencia suelen cometer errores con consecuencias gravísimas. En este caso poco frecuente hay que impedirles que puedan conducir hasta que reciban el tratamiento médico necesario para corregir su estado. Por otra parte está el caso de los bebedores no habituales, pero que en alguna ocasión beben en exceso, y que sin percatarse de su estado conducen de forma imprudente. Esta situación trata de combatirse actualmente con concienciación del público respecto el peligro de conducir tras haber ingerido bebidas alcohólicas y con vigilancia policial.

Situación actual en España

Entre 4 y 8 de cada diez fallecidos en accidentes de tráfico superan los 0,5 gramos por litro de alcohol en la sangre, según los datos oficiales. Esta cifra supone el límite genérico permitido para poder conducir un vehículo a motor. La variación entre 4 y 8, muy grande, hace referencia a diversas fuentes y a los diversos estudios, a estadísticas y a extrapolaciones ya que en muchos de los casos en los que se produce un accidente no se hace la prueba a las víctimas de dicho siniestro.

Actualmente, los límites de alcohol en sangre permitidos para conducir un vehículo a motor están fijados en 0,5 gramos de alcohol por litro de sangre para aproximarnos a los valores medios vigentes en los distintos países de la Unión Europea. Un valor que es difícil de personalizar para cada persona en forma de bebidas porque depende mucho del peso de la persona y de la manera de asimilar el alcohol. En función de que se coma algo sólido mientras se bebe hace que varíe mucho el grado de alcohol en sangre aunque se haya bebido la misma cantidad de alcohol.

Uno de los colectivos con mayor riesgo de accidentes provocados por el alcohol, y sobre todo durante los fines de semana, es el de los jóvenes. Y máxime cuando tienen poca experiencia al volante. Por ello, los organismos competentes han impuesto una limitación específica para los conductores llamados noveles con menos de dos años de antigüedad en el carné de conducir. Así, el límite genérico de alcohol en sangre se sitúa en 0.5 gr/l, mientras que para los conductores noveles y profesionales se ha fijado en 0.3 gr/l.

Sin duda la mejor manera de evitar riesgos de sufrir accidentes es que cuando uno beba no conduzca. En los grupos, cuando se sale a cenar, o a tomar copas, siempre debe haber una persona que no beba y conduzca para poder llevar a los demás a sus casas sanos y salvos. De lo contrario, estaremos en peligro durante toda la noche y, lo que es mucho más grave, estaremos poniendo en peligro la vida del resto de los usuarios que circulan por las calles, lo que es una postura totalmente incívica.

Es grave el problema del alcoholismo en España, que cada año hace perder muchas vidas humanas, pero aún es mucho más grave cuando conlleva accidentes en los que pierden la vida personas inocentes y que se ven involucradas en siniestros por culpa de la irresponsabilidad de los demás.

1.1.2 Factores que favorecen la no-accidentalidad

Existen una serie de factores que no tendríamos que obviar, pues favorecen la no-accidentalidad:

- Ergonomía, es decir, el funcionamiento del binomio hombre-máquina con el fin de mejorarlo.
- Pedagogía, o lo que es lo mismo, enseñar al conductor a utilizar toda la información de la que dispone para mejorar su conducción.
- Interpretación, en la que el conductor interpreta la información de que dispone, según el nivel de vigilancia y percepción en que se halle en cada momento.
- Automatismo, es decir, procesos de comportamientos automáticos ante determinadas circunstancias ya sean de urgencia o no.

De todos ellos, destacan dos por encima de los demás: el primero es la Interpretación, pues es verdad que hoy en día con la cantidad de vehículos que existen en cualquier carretera, hay que ser un verdadero "Mago" para saber interpretar y predecir lo que otro conductor va a realizar. El segundo, el más importante, es el de la Pedagogía, es decir, elevar el nivel de formación vial del conductor y también el de los futuros conductores, empezando desde la escuela, en la infancia.

¿Cómo se mejoraría el nivel de educación vial del conductor? Sencillo, simplemente mejorando día a día la calidad de la enseñanza, lo que nos lleva a elevar el nivel de los exámenes para la obtención de los diferentes tipos de carnés y al mismo tiempo, obligando a los conductores a períodos de reciclaje cada cierto número de años de conducción.

1.1.3 Los conductores noveles

El conductor novel, suele ser por término general, una persona joven, adolescente y con muy poca experiencia de la vida, cosa que se traduce en una aceptación del riesgo importante.

Estudios de accidentalidad indican que es precisamente en los adolescentes donde se producen los mayores índices de accidentes mortales; los mismos estudios muestran que dichos accidentes se producen a las salidas de discotecas en fines de semana, por ingestión de alcohol o drogas, por establecer competitividad con otro u otros conductores, etc., lo que nos lleva a pensar que los accidentes en los adolescentes están más en función de su modo de vida que en el dominio y conocimientos del vehículo en sí.

Por ello, más que aumentar el número de prácticas en la obtención del carné de conducir, creo que sería más interesante incidir más en la Educación Vial, dando más información sobre las consecuencias del alcohol y de las drogas en la conducción; esto es, más conocimientos y más responsabilidad en la toma de decisiones.

1.1.4 La compensación del riesgo

Todo ser humano, y en general, cualquier ser vivo con capacidad de regular autónomamente su conducta, que se encuentra situado en un entorno peligroso, adapta su comportamiento para optimizar la relación entre la satisfacción de sus deseos y los riesgos que comporta satisfacerlos. Si cambia el nivel del riesgo que percibe, modificará consecuentemente su comportamiento para alcanzar de nuevo una posición óptima. A ese mecanismo psicológico de adaptación del comportamiento al cambio del nivel de riesgo percibido en el entorno se le denomina «compensación del riesgo».

En el caso concreto de la conducción de automóviles, cada conductor establece su propio balance subjetivo entre los beneficios que obtiene de una forma de conducción determinada (tiempo de viaje, sensaciones a bordo del vehículo, relación con otros conductores, etc.), y el riesgo que percibe asociado a esa forma de conducción.

Lógicamente, procura optimizar su propio balance entre beneficios y riesgos, adoptando la forma de conducir que a su juicio es la más idónea.

En consecuencia, la teoría de la compensación del riesgo aplicada al tráfico establece que, por término medio, los conductores adoptarán modos de conducción más arriesgados cuando perciban que se encuentran en un entorno con mayores protecciones técnicas, ya sea en su vehículo o en la infraestructura por la que circulan. Debido a ello, las mejoras introducidas en el entorno técnico del tráfico pueden quedar total o parcialmente neutralizadas por los mecanismos psicológicos de compensación del riesgo, o incluso en ocasiones pueden quedar sobre neutralizadas, dado que los mecanismos de compensación tienen una base estrictamente interpretativa y subjetiva.

Estos enfoques del problema de los accidentes de automóvil conducen a políticas muy diferentes de las que preconiza la ingeniería de seguridad vial convencional. En efecto, si se asume que el objetivo primordial de la política de seguridad vial debe ser la reducción de los daños personales causados por el tráfico, y se observa que las medidas técnicas que actúan sobre el riesgo pueden ser anuladas por los mecanismos de compensación, si se quiere obtener resultados positivos sólo caben dos estrategias, o diversas combinaciones de ambas.

La primera estrategia viable es, obviamente, la reducción del peligro: la mejor política de seguridad vial será aquella que persiga como objetivos principales la reducción del número de vehículos en circulación, la reducción del peso de los mismos y la reducción de la velocidad de circulación. En términos de intervención política, estas tres reglas tienen una lectura muy concreta: trasvase de viajeros desde el automóvil privado hacia los medios de transporte colectivos, limitaciones legales de tamaño y potencia de los automóviles y limitaciones generalizadas de velocidad con exigencia estricta de su cumplimiento.

La segunda es la de actuar sobre el nivel de riesgo percibido por los conductores, más que sobre el nivel de riesgo técnico calculado mediante valoraciones ingenieriles. Dado que, al parecer, el comportamiento de los conductores está condicionado por los mecanismos de compensación del riesgo, las políticas de seguridad vial deberán aplicar medidas que tiendan a incrementar la percepción de los riesgos del tráfico por parte de los conductores. Así, éstos tenderán a utilizar menos el automóvil, y a utilizarlo de modo menos arriesgado.

Para conseguir este objetivo, es necesario intensificar la concienciación social acerca del verdadero alcance de los peligros del tráfico, y de lo éticamente inadmisibles que son los niveles de accidentalidad que se registran en todos los países, incluso en los más avanzados en la materia. De este modo, el punto de compromiso de aceptación de riesgos por los conductores se puede ir inclinando progresivamente del lado de la seguridad. Asimismo, es necesario que el entorno viario, y los propios automóviles, hagan al usuario consciente de la situación de riesgo en el que se encuentra, en vez de intentar ocultársela proporcionándole una falsa sensación de seguridad e incluso de invulnerabilidad como hacen la mayor parte de las medidas de la ingeniería de seguridad vial.

1.2 Estudio velocidad-seguridad

El año pasado, más de 23.000 infracciones relacionadas con la velocidad – inadecuada o excesiva– fueron la causa de otros tantos accidentes con víctimas. Seis de cada diez siniestros –14.819– ocurrieron en carretera y el resto en zona urbana. Las investigaciones han demostrado claramente la relación entre velocidad y accidentalidad: el número de muertos por accidente con exceso de velocidad se eleva en un 50 por 100 y el de heridos graves, en un 60 por 100.

La velocidad, según numerosos estudios es un factor que está relacionado en el 30% de los accidentes mortales y en el 18% de los accidentes en general.

La velocidad influye de cuatro maneras en la ocurrencia de accidentes del tránsito:

- Aumenta la distancia recorrida por el vehículo desde el momento en que el conductor detecta una emergencia hasta que reacciona.
- Aumenta la distancia necesaria para detener el vehículo desde que se reacciona ante una emergencia.



Figura 2.1: Distancias de reacción y de frenado para diferentes velocidades

Fuente: RACC

- La severidad del accidente aumenta exponencialmente con la velocidad de impacto. A 50 Km/h. el riesgo de sufrir lesiones graves para un pasajero del asiento delantero, es tres veces mayor que a 30 Km/h. A 65 Km/h. el riesgo es cinco veces mayor que a 30 Km/h.

- En colisiones a alta velocidad se reduce la efectividad de dispositivos de seguridad, como por ejemplo, bolsas de aire o *air bags*.

Con la figura siguiente [2.2], se trata de hacer una equivalencia entre las consecuencias que tendría un accidente circulando a una determinada velocidad y las consecuencias que tendría lanzar un coche desde una determinada altura, tratando de ilustrar como aumenta el riesgo de lesiones al aumentar la velocidad.

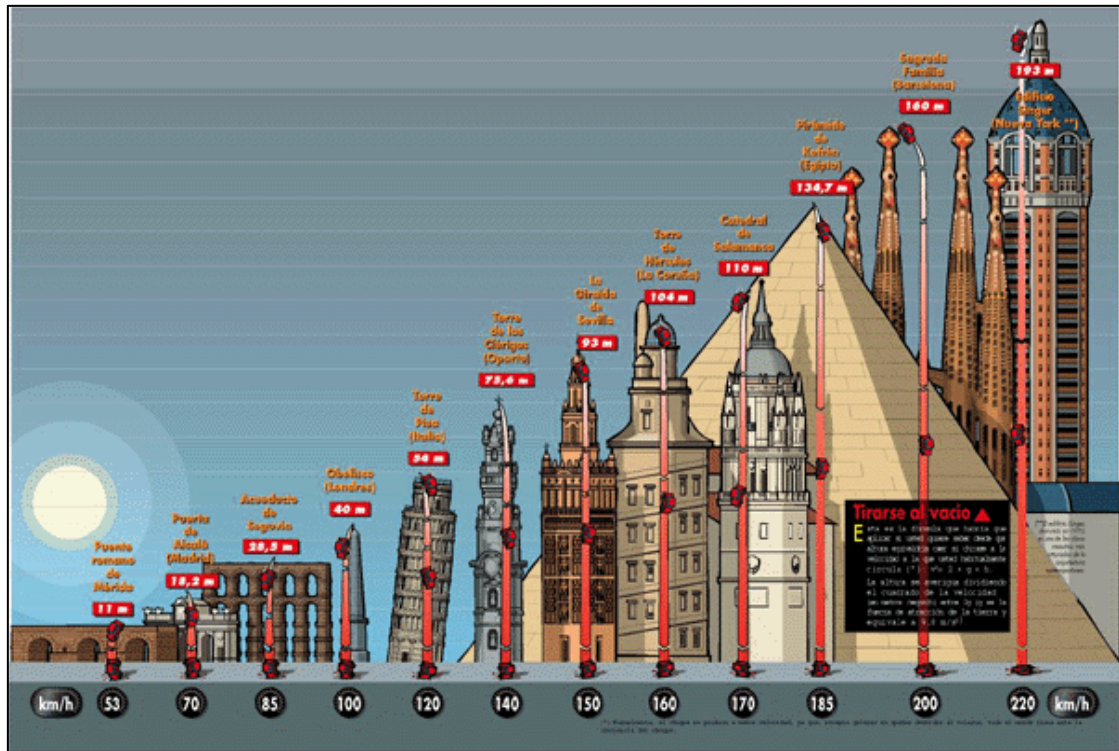


Figura 2.2: Analogía entre la velocidad a la que circula un vehículo en el momento de un accidente y las consecuencias que tendría la caída de un vehículo desde una determinada altura.

Fuente: Estudios Transport Reviews

Los vehículos y pasajeros que circulan por una vía tienen energía cinética, la que aumenta con la velocidad y se disipa en una colisión. Cuanto mayor sea la energía que deba ser disipada, mayor es la posibilidad de lesiones graves y muerte.

La climatología también cobra especial importancia. Cuando es adversa, la adherencia de los neumáticos a la calzada se reduce radicalmente y eso hace más difícil el control del vehículo. Y a mayor velocidad, menor adherencia. Por eso, los investigadores aseguran que con lluvia o hielo los conductores deberían reducir su velocidad entre un 30 y un 60 por 100 sobre la señalizada para moverse en los mismos márgenes de seguridad de una carretera seca, cosa poco frecuente, según los expertos, porque los conductores desconocen cuáles son dichos márgenes y su importancia.

1.2.1 Evolución de los estudios velocidad-seguridad

En este apartado se pretende hacer una pequeña recopilación de los distintos estudios que se han realizado sobre la seguridad-velocidad en carretera a lo largo del tiempo.

En un estudio realizado por Salomón en 1964 sobre la velocidad y el riesgo de accidentes sobre un total de 10000 conductores y 970 kilómetros en carreteras convencionales encontró una primera relación entre la velocidad del vehículo y la frecuencia del accidente: la frecuencia de accidentes resultó ser más pequeña en velocidades cercanas a la media y se incrementaba cuanto más grande era la desviación de la velocidad respecto la media, tanto para velocidades por encima como por debajo de la media. Al comparar las velocidades estimadas en el atestado del accidente con las velocidades medidas en distintos tramos representativos de cada sección encontró que los conductores involucrados en accidentes tenían mayor representación en las ramas alta y baja de la distribución de velocidades. Es más, según la teoría de Salomón, los conductores que circulaban a bajas velocidades tenían más probabilidades de estar involucrados en un accidente que los que circulaban a altas velocidades.

Posteriormente a Salomón, en el año 1968, Cirillo llegó a un análisis similar al de Salomón, con la salvedad de que añadió una curva más para autopistas, particularizando así los vehículos que circulaban en una misma dirección.

En estos estudios, la velocidad de los vehículos accidentados fueron calculados en los informes policiales y están sujetos lógicamente a un importante margen de error. Surgen dudas en el análisis de estos accidentes que ponen en duda la validez de los resultados obtenidos hasta el momento. Es más, se empieza a especular la posibilidad de que los vehículos involucrados a velocidades bajas podrían ser debidos a situaciones del tráfico en la que estarían parando o marchaban lentos para acceder o salir de la carretera. Otro aspecto discutible es la generalización que se realizó de las velocidades medias de los tramos, ya que se tomaron velocidades en secciones concretas que fueron utilizadas como representación del tramo entero de carretera, pudiéndose distorsionar de este modo los accidentes donde podrían haber intersecciones, entradas y otras localizaciones que tendrían un efecto importante sobre la velocidad, y esto podría haber sobredimensionado el riesgo y probabilidad de vehículos viajando a velocidades bajas.

Posteriormente, West and Dunn (1971) excluyeron el 44% de accidentes que ocurrían en curva o entrando o saliendo de la corriente de tráfico del estudio anterior. De este modo, llegaron a la conclusión de que el riesgo de accidente de los vehículos que circulaban más lento era más pequeño que lo que habían establecido los estudios anteriores. El riesgo de accidente más grande fue para los vehículos que se desviaban más de dos veces de la desviación standard de la velocidad media.

Resumidamente, West and Dunn concluyeron que la probabilidad de verse envuelto en un accidente era plana, con pequeñas diferencias en el riesgo de accidente para los vehículos viajando dentro de una desviación de 25 km/h sobre la media del tráfico. A partir de esa desviación, la probabilidad de verse envuelto en un accidente de los vehículos que circulan más rápido o lento era de seis veces respecto a los que circulan a velocidad media.

En 1991, en Australia, otro estudio ratificó el incremento de la accidentalidad de los estudios anteriores para los vehículos que circulan por encima de la velocidad media, pero no halló relación alguna con los vehículos que circulaban a una velocidad inferior a la media, poniendo en duda la teoría de Salomón en carreteras convencionales.

En defensa de los estudios más antiguos es importante destacar que las investigaciones enfatizaban en la desviación de la velocidad más que en la velocidad absoluta como primera causa de la frecuencia de los accidentes.

Lave, en 1985, volvió a subrayar la cuestión de la dispersión de velocidades como contribuidor de accidentes, proponiendo que los límites de velocidad se habrían de diseñar de tal forma que redujeran o concentraran la dispersión, actuando de este modo tanto sobre los conductores lentos como sobre los rápidos.

Garber y Gadiraju (1988), comprobaron como la frecuencia de los accidentes se incrementaba al aumentar la dispersión en cualquier tipo de carreteras. Además, y para mí en este punto radica la mayor importancia de su estudio, las velocidades eran más altas en carreteras con velocidades de diseño más altas, sin atender a los límites de velocidad indicados en las señales. Encontraron menos dispersiones cuando el límite de la indicación de la señal de velocidad era inferior en 16 Km/h a la velocidad de diseño de la carretera.

1.2.2 Velocidad y gravedad de los accidentes

Siempre que algo se mueve va a una velocidad por pequeña que ésta sea. El problema está, por tanto, en ir a una determinada velocidad, pero con capacidad de control sobre la misma. Trasladando tal aseveración al ámbito de la circulación rodada, la anterior deducción es igualmente aplicable, pues el conductor de un vehículo debe ir siempre a una velocidad que le permita controlar y detenerse con seguridad ante cualquier incidente.

¿Por qué los límites de velocidad? Con las actuales dimensiones y las potenciales posibilidades del panorama circulatorio, es inevitable tener que fijar unas reglas del juego aplicables a toda una colectividad, en función de la seguridad, la formación de los conductores, el estado de las carreteras, parque móvil, categoría del vehículo, y un largo etcétera de variables, de lo contrario circular sería una competición sin reglas y, por lo tanto, injusta y caótica. Hasta este punto no existe discusión alguna, todo el mundo entiende que deben existir unas ciertas reglas del juego. El problema, bajo mi punto de vista, proviene de lo siguiente: las normas proceden del Estado y se dirigen a toda la sociedad, pero estas no se explican, es decir, se perciben como una herramienta meramente fiscal, con el único objetivo de recaudar dinero. En la opinión pública no hay la sensación de que la Seguridad Vial sea un problema importante, la gente asume que haya tantos muertos en accidentes de tráfico, piensan que es un inconveniente que conlleva la automoción, las libertades. En los medios de comunicación no se le da ninguna trascendencia, únicamente cuando hay algún accidente de autobús.

Que el exceso de velocidad es un grave problema de seguridad está constatado, así lo demuestran las investigaciones realizadas en diversos países: un aumento de un kilómetro por hora en la velocidad promedio de una vía, aumenta en un 5% las lesiones y en un 7% los accidentes fatales.

Lo anterior se explica porque:

- El exceso de velocidad reduce el tiempo que tiene el conductor ante un imprevisto, tiempo que le permite evitar un accidente mediante alguna acción evasiva, como por ejemplo frenar.

- Al superar el límite de velocidad para la que fue diseñada la vía, se deterioran aspectos como la estabilidad del vehículo y la visibilidad del conductor, reduciéndose por ejemplo, la distancia hasta donde puede ver el camino.

- Mientras mayor sea la velocidad de un vehículo que se acerca a un peatón u otro conductor, más difícil será para éstos juzgar la distancia a la que se encuentra dicho vehículo.

· Efecto por cambio de límites de velocidad

Un aspecto en lo que sí que están de acuerdo todos los investigadores es que a mayor velocidad mayor gravedad de los accidentes. Por muchos airbag, cinturones pretensados, ABS, ASR, EPS que llevemos en un impacto a 180 Km/h poco pueden hacer. Actualmente, los vehículos nuevos pueden resistir impactos contra un obstáculo quieto a 56 Km/h sin que el habitáculo del vehículo sufra deformación alguna, pero para velocidades superiores, el vehículo es incapaz de absorber la energía producida en el impacto sin sufrir deformaciones importantes.

Otro aspecto a tener en cuenta radica en que el aumento de la gravedad del accidente no es lineal con la velocidad, esto es, las consecuencias de un accidente a 60 Km/h no son el doble que un accidente a 30 Km/h, sino mucho mayores. Este fenómeno tiene su explicación en las leyes de la física. Así, analizando los términos de la energía cinética nos damos cuenta que hay dos parámetros fundamentales: la masa y la velocidad, y mientras la masa es lineal, la velocidad está elevada al cuadrado, por eso, al aumentar de 30 a 60 la velocidad, la energía no es duplica, sino que se multiplica por un factor 4.

<i>Año</i>	<i>País</i>	<i>Tipo de cambio</i>	<i>Cambio en límite de velocidad</i>	<i>Efectos en velocidad</i>	<i>Accidentes fatales</i>
1985	Suiza	Autopista	130 Km/hr. 120 Km/hr.	5 Km/h reducción de vel.media	12% reducción
1987	USA	Carretera	90 Km/hr. 105 Km/hr.	3-6 Km/h reducción de vel.media	19-34% aumento
1989	Suecia	Autopista	110 Km/hr. 90 Km/hr.	14 Km/h reducción de vel.media	21 % reducción

Tabla 2.2: Consecuencias de los cambios en los límites de velocidad

Fuente: *Effect of speed limits on speed and safety. Transport Reviews, 1999.*

Tras analizar esta casuística, es fácil comprender que serán los impactos frontales entre vehículos los que tendrán unas consecuencias más nefastas. De ahí la importancia de evitar la colisión en marcha de vehículos circulando en sentido contrario, lo que da fe de la peligrosidad de las colisiones en carreteras convencionales.

De hecho, según un estudio de la OCDE, por cada kilómetro/hora que aumenta la velocidad, la accidentalidad se incrementa en un 2 por 100; un informe realizado en el hospital “Ramón y Cajal”, de Madrid, asegura que la mayoría de las paraplejías y tetraplejías se producen entre 100 y 130 km/h. Por encima, la velocidad mata.

Pero además, existen situaciones en las que circular a una velocidad excesiva o inadecuada con relación a las condiciones de la vía resulta especialmente arriesgado. Según un estudio del Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA), más del 70 por 100 de los siniestros con velocidad inadecuada o excesiva se registran en curvas: circular demasiado rápido por una curva triplica la probabilidad de tener un accidente.

Un estudio realizado en la Universidad de Bar-Llan (Israel) con 700 jóvenes concluye que cuanto más rápido conducen éstos más pericia creen demostrar. Además, si no sufren ningún accidente tras superar los límites de velocidad, su nivel de autoestima aumenta.

· Consecuencia de la velocidad: Efecto túnel

A medida que aumenta la velocidad, el campo de visión del conductor se va reduciendo, hasta quedar en un escaso ángulo de 30° cuando se circula a una velocidad de entre 130 y 150 km/h.: es lo que se conoce como ‘efecto túnel’. Así, si a 35 km/h., el campo visual –104°– permite detectar sin dificultad objetos que están fuera de los márgenes de la carretera, a 100 km/h., dicho campo de visión se reduce a 42°, limitando la percepción a elementos muy cercanos a la calzada. Aumentando esa velocidad entre 30 y 50 km/h, el ‘efecto túnel’ impedirá al conductor advertir una situación de riesgo que suceda en el exterior de la carretera.

· Peligro para los ocupantes

Las investigaciones demuestran que, a mayor velocidad de impacto, las posibilidades de que los ocupantes de un vehículo sufran lesiones graves o mortales también son mayores. En 1994, un estudio del Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte concluyó que la probabilidad de morir que tienen quienes viajan en un vehículo que impacte a 80 km/h. es veinte veces superior a la de los pasajeros de otro automóvil cuya colisión se produzca a 30 km/h. Así, con una reducción de sólo 5 km/h., en la Unión Europea podrían rebajarse las estadísticas de accidentalidad en 11.000 muertos y 180.000 heridos cada año.

1.3 Estudio de la problemática generada por los camiones

El sector del transporte de mercancías por carretera juega un papel importantísimo en el desarrollo global de la economía de nuestro país, pues es el que ostenta el mayor protagonismo en la distribución modal del tráfico de mercancías y cumple una función insustituible como primer y/o último eslabón de las cadenas de transporte por otros modos. Además, destaca por su versatilidad, flexibilidad, posibilidad de acceso a los puntos de origen y destino, velocidad...

Si comparamos el transporte terrestre interior de mercancías de España con los países vecinos, nos damos cuenta que en España tiene muchísima más importancia, posiblemente debido a que nuestro desarrollo industrial se produjo mucho más tarde que en otros países de Europa Occidental. Mientras en otros países se inició a mediados del siglo pasado y se apoyó fundamentalmente en la red ferroviaria que se fue desarrollando al mismo tiempo, en nuestro país se inició ya en este siglo y se hizo sobre todo contando con la carretera. Además la industria que se creó fue predominantemente de transformación, que tiene unas necesidades de transporte que se atienden mejor por carretera, al contrario de la industria pesada que usa preferentemente el ferrocarril.

Una vez comprendida las necesidades en cuanto a transporte que tiene nuestro país, hay que analizar que consecuencias suponen los vehículos pesados de mercancías en carretera. Tras analizar la base de datos de siniestralidad con implicación de vehículos pesados de mercancías [5], es decir aquellos cuyo PMA es superior a los 3500 kg, nos percatamos que estos vehículos configuran el 1.2% del parque móvil español, están implicados en el 7% de los accidentes con víctimas y en el 13% de los accidentes mortales. Pero decir únicamente esto sería faltar a la verdad, ya que si se tiene en cuenta los kilómetros conducidos por cada uno de los modos de transporte, se observa que los camiones recorren prácticamente el 13% del total de veh-km, esto se traduce en que tienen la mitad de probabilidades que los turismos de estar implicados en un accidente con víctimas, aunque su participación en accidentes mortales sea mayor. Además de la siniestralidad, el transporte por carretera tiene otros inconvenientes, como son la contaminación, la congestión de las carreteras, el mantenimiento de las redes viarias...

El problema es que los camiones, como otros vehículos, no pagan por los efectos negativos que causan, no internalizan los costes que generan.

En Catalunya, a fecha del 31 de diciembre de 2001, se encontraban matriculados un total de 4.400.479 vehículos, de los cuales 660.704 correspondían a camiones y furgonetas, mientras que 6.792 pertenecían a autobuses y autocares. En el 2001 se produjeron un total de 661 accidentes en los que un camión de más de 3500 Kg estaba implicado. Como consecuencia de estos accidentes fallecieron 4 personas en zona urbana y 30 personas en zona interurbana.

Tipo de vehículo	Zona urbana	Zona interurbana	Total	% z. urbana	% z. Inter.	Total
Camión PM > 3.500 KG	136	525	661	0,4	5,3	1,6

Tabla 2.3: Accidentes de vehículos pesados en Catalunya durante el año 2001.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del SCT

En el cuadro anterior, se puede observar el número de accidentes con implicación de vehículos pesados que se produjeron en Catalunya, diferenciando según si estos tuvieron lugar en zona urbana o en zona interurbana. Además, queda reflejado la proporción de accidentes en cada una de las zonas respecto al total de accidentes de tráfico producidos en Catalunya a lo largo de año.

1.3.1 Análisis de la siniestralidad de los vehículos pesados

El estudio realizado en este apartado se ha centrado exclusivamente en los camiones con un PMA superior a los 3.500 Kg.

La gran mayoría de los accidentes se producen en zona interurbana, prácticamente el 88% de los fallecidos en estos siniestros se produce además en vías convencionales, y casi el 80% de los que mueren lo hacen a consecuencia de un choque frontal. Por tanto, parece lógico que una medida para disminuir la siniestralidad sea disminuir su presencia en estas vías y traspasarlos a autopistas en los tramos en que esta sea una alternativa.

Una de las características interesantes de las autopistas radica en que un incremento de camiones no parece ir acompañada de un incremento significativo de la accidentalidad, debido principalmente a que en autopistas la mayoría de accidentes de camiones no implican a otros vehículos, mientras que en vías convencionales en la gran mayoría de los casos aparecen implicados uno o más vehículos. Es significativo que por cada fallecido que se produce en autopista con implicación de camiones en carretera convencional se producen siete.

Vehículos pesados	TOTAL GENERAL		CARRETERA		ZONA URBANA	
	En el total de accidentes con víctimas	En accidentes mortales	En el total de accidentes con víctimas	En accidentes mortales	En el total de accidentes con víctimas	En accidentes mortales
Camiones +3.500Kg	4.446	492	3.610	441	836	51
Vehículos articulados	1.841	222	1.727	208	114	14
Bus escolar	86	3	41	3	45	0
Otro bus	1.926	75	454	49	1.472	26
<i>TOTAL</i>	<i>8.299</i>	<i>792</i>	<i>5.832</i>	<i>701</i>	<i>2.467</i>	<i>91</i>

Tabla 2.4: Accidentes en España en función de la vía donde se producen.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Servei Català de Trànsit

En la tabla anterior queda constatado que es en carretera donde se producen la mayor cantidad de fallecidos: 701 por 91 que se producen en zona urbana. Además, también es significativa la diferencia entre la cantidad de accidentes que se producen en cada una de las vías, que pese a no guardar la misma relación que entre los fallecidos, es muy superior en carretera que en zona urbana.

Según diversos estudios realizados recientemente, en el 74% de los accidentes donde había un camión implicado se ha producido una colisión con otro vehículo que circulaba por la vía. Además, de los accidentes con colisión con otros vehículos, casi en la mitad de ellos el choque fue frontal o frontolateral, y es allí donde se produjeron la gran mayoría de las víctimas mortales. En autopista, como anteriormente se había

comentado, el índice de siniestralidad es menor. Además, debido a las singularidades de la autopista, la tipología del accidente es radicalmente distinta: el tipo de colisión mayoritario es el de coche contra camión por detrás.

Concluimos, por tanto, que la peligrosidad tan elevada en vías convencionales se debe principalmente al tipo de accidentes que se producen, más de la mitad de las colisiones son impactos frontales o frontolaterales, produciéndose en ellos el 77% de los muertos.

El tipo de colisiones más frecuentes se debe a los adelantamientos por parte del turismo y a invasiones parciales del carril contrario tanto por parte del turismo como del vehículo pesado.

· Infracciones de los conductores de vehículos pesados

Tal y como ocurre con los accidentes de tráfico de los demás tipos de vehículos, el motivo principal radica en el fallo humano. Aunque realmente es muy difícil extraer la causa principal del accidente a partir de los atestados policiales, la tabla siguiente presenta unos datos que se ajustan bastante a los resultados obtenidos en estudios recientes:

Conducción distraída o desatenta	582
Incorrecta utilización del alumbrado	1
Circular en sentido prohibido	2
Invadir parcialmente el sentido contrario	93
Girar incorrectamente	67
Adelantar antirreglamentariamente	41
Circular en zig-zag	1
No mantener intervalo de seguridad	163
Frenar sin causa justificada	1
No respetar la norma genérica de prioridad	66
No cumplir las indicaciones del semáforo	6
No cumplir la señal de stop	89
No cumplir la señal de ceda el paso	11
No respetar el paso para peatones	2
No cumplir otra señal de tráfico o policía	4
No indicar o indicar mal una maniobra	6
Entrar sin precaución en la circulación	13
Parada o estacionamiento prohibido o peligroso	10
Ciclistas o ciclomotores en posición paralela	2
Apertura de puertas sin precaución	3
Otra infracción	411
Ninguna infracción	1.892
TOTAL CONDUCTORES	3.466

Tabla 2.5: Principales causas de los accidentes de tráfico

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ministerio del Interior

De la tabla anterior se desprende que es la conducción distraída o desatenta la primera causa de siniestralidad en vehículos pesados. En un segundo nivel, pero con una participación muy importante destaca el no mantener el intervalo de seguridad necesario. Tras estos dos motivos principales, hay una serie de causas que también

provocan muchos siniestros: invasión parcial del sentido contrario, no respetar la señal de stop, no respetar la norma genérica de prioridad...

1.3.2 Medidas para aumentar la seguridad de los vehículos pesados

Dado que la presencia de vehículos pesados en las vías convencionales genera en los vehículos más rápidos demoras excesivas, nerviosismo en los conductores ante la dificultad de realizar los adelantamientos y altos riesgos de accidentalidad, una posible medida sería trasladarlos a vías más seguras, como pueden ser autopistas y otras vías segregadas.

Otra opción sería la de implantar un servicio permanente en la Dirección General de Tráfico que informase a los camioneros de cual es en cada momento la mejor ruta desde todos los puntos de vista, es decir, la que menos va a interferir en el tráfico y por tanto la que va a disminuir el riesgo de accidentalidad, estableciendo así el recorrido más seguro tanto para los camiones como para el resto de ocupantes de la vía. Así, según el tipo de día y la hora del viaje se podría autorizar su circulación por unas u otras vías. Este servicio en la actualidad sólo funciona los días en los que se producen operaciones de salida o de retorno especiales. Lógicamente el coste de este servicio tendría que ir a cargo de la Administración, que lo compensaría sobradamente con la reducción de siniestros. Por su parte, las empresas transportistas asumirían el sobrecoste que les pudiera ocasionar el cambio de ruta, aunque a la larga, al reducirse la siniestralidad lo recuperarían con la reducción de las primas de los seguros, etc.

Otra posibilidad sería extender la normativa existente del consejero de seguridad para mercancías peligrosas a todo el transporte en el que interviniesen vehículos pesados en general. Es importante también realizar inversiones en la creación y mejora de infraestructuras viarias, aspecto que repercutirá directamente en la disminución del número de accidentes. Tras el análisis efectuado a lo largo de la tesina, queda claro que serían las autopistas, las autovías y los tramos de carril lento las prioridades de inversión. Sin embargo, a parte de construir nuevas vías, hay que mantener y mejorar las ya existentes.

Por tanto hay que actuar directamente sobre los puntos negros detectados: por una parte sería interesante analizar las causas de los siniestros (si se debieron a defectos de vía como pueden ser pendientes excesivas, curvas peligrosas, visibilidad, tráfico abundante) para ver que soluciones son las más eficaces, por otra parte, sería interesante informar a los usuarios de la vía de que el tramo por el que están circulando es especialmente peligroso, así adoptarían todas las medidas de seguridad necesarias.

Otro aspecto sobre el que hay que actuar es sobre la velocidad de los turismos, ya que son los que al circular a velocidades muy superiores a las establecidas por los límites legales aumentan la dispersión de velocidades, que como ya se ha comentado es la causa que dispara el índice de siniestralidad. Para conseguir este objetivo hay que potenciar las campañas de sensibilización y transmitir a la sociedad la radiografía de la situación actual.

Otra medida necesaria podría ser la realización de inspecciones mecánicas sorpresa a los camiones en las carreteras, detectando posibles deficiencias graves en los vehículos entre las inspecciones técnicas obligatorias. Así se lograría terminar con el actual fraude

a la ITV, consistente en sustituir o modificar antes de la inspección algunos elementos del vehículo que puedan afectar a la seguridad.

La mejora de las condiciones de los vehículos repercutirá no sólo en la reducción del número de accidentes, sino en la reducción de las consecuencias de los mismos. Existen sistemas llamados FUPS o DPED formados por un soporte en forma de U que generan una capacidad máxima de absorción de energía, logrando reducir en gran medida las consecuencias de los impactos de los vehículos contra los camiones. Según los últimos estudios realizados sobre la materia, si todos los camiones llevasen un sistema antiempotramiento delantero obligatorio, una tercera parte de las personas muertas por este motivo estarían vivas.

Otro sistema que se tendría que impulsar es el denominado AICC, consistente en unos sofisticados programas de ayuda al conductor que le indican la distancia de seguridad respecto al vehículo que le precede, el límite de velocidad... Incluso alertan al conductor cuando perciben que se está quedando dormido. Esta circunstancia la detectan a través de un análisis de la pupila del conductor.

Cabe comentar que aunque los anteriores sistemas tienen un coste económico muy importante, este es muy inferior a las pérdidas económicas producidas por un siniestro, por tanto, son a todas luces imprescindibles, y por ello considero que las autoridades competentes las tendrían que impulsar y subvencionar.

· Actuaciones en España

La Dirección General de Transportes por Carretera del Ministerio de Fomento, en colaboración con la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior, va a intensificar los controles sobre tiempos de conducción y descanso y límites de velocidad aplicables a los conductores de vehículos de transporte de viajeros y de mercancías como ya anunció el día 2 de abril del 2002 durante la presentación de los resultados del primer trimestre de la Campaña Específica de Seguridad en Transporte por Carretera.

Para ambas instituciones, el cumplimiento de las normas sobre tiempos de conducción y descanso, el respeto escrupuloso de los límites genéricos y específicos de velocidad, y el mantenimiento de las distancias de seguridad son pautas imprescindibles que deben tenerse en cuenta para evitar accidentes.

Ambas Direcciones Generales continúan reclamando un gran esfuerzo de atención a las empresas de transporte de viajeros y a los profesionales del sector, ya que si bien los accidentes en que se ven implicados estos vehículos, autocares y camiones principalmente, constituyen un porcentaje menor del que representan en el parque de vehículos en circulación, tienen una mayor repercusión por el número de víctimas que pueden ocasionar. Por ello, según las instituciones mencionadas, los conductores de este tipo de vehículos deben realizar un estricto cumplimiento de las normas de circulación para evitar situaciones de riesgo y, por tanto, de accidentes y víctimas.

Sin embargo, las últimas noticias no parecen reflejar el cambio de conducta de los conductores de vehículos pesados, ya que la Federación de Asociaciones de Transporte de España denunció hace pocos meses aumentos importantes en las velocidades máximas a las que los vehículos pesados tienen permitido circular.

Según Fenadismmer, este comportamiento se da con el fin de incrementar las jornadas laborales y compensar la reducción de ingresos que las empresas del sector han experimentado como consecuencia directa del aumento del precio de los carburantes. La federación asegura que, según un estudio realizado por la Inspección General de Transportes Terrestres del Ministerio de Fomento en distintos aparatos taquígrafos de camiones y autobuses, en reiteradas ocasiones los vehículos de mercancías superan velocidades de 87 kilómetros / hora y los de viajeros, los 102 Km/hora.

· Actuaciones en Europa: Parlamento Europeo

En el marco de la política de transportes de la Unión Europea, el Parlamento Europeo considera que la seguridad constituye la principal prioridad. Gracias al Parlamento, se ha avanzado mucho en materia de seguridad para los ciudadanos que viajan por tierra, mar y aire en la Unión. Se ha lanzado un Plan Europeo de acción para la seguridad en la carretera y se han aprobado medidas que promueven la seguridad de los automóviles.

También se ha progresado en lo que respecta a los permisos de conducir, el transporte de mercancías peligrosas y los dispositivos de limitación de velocidad para camiones.

Se ha trabajado mucho en aras a la introducción de un nuevo taquígrafo digital, que en el futuro deberá incorporar tecnología contra el trucaje. El Parlamento confía en que así se mejorará el control de los tiempos de conducción y de descanso de los conductores tanto de autobuses como de camiones. Unas condiciones de trabajo adecuadas favorecerán a los trabajadores, a los viajeros, a los cargadores y a los demás usuarios de la carretera.

1.3.3 Estudio de los carriles lentos

Los mayores problemas de capacidad y niveles de servicio se presentan en los tramos de pendientes ascendentes pronunciadas y de gran longitud, ya que los vehículos pesados circulan a velocidades bajas, relantizando de este modo la circulación de los vehículos más rápidos. Una de las soluciones más frecuentemente utilizadas para remediar este desequilibrio entre la oferta y demanda vial es el aumento de la sección transversal de la calzada, inclusive hasta dotarla de un carril adicional. Esto posibilita que la circulación de los vehículos más lentos (camiones) se realice de modo que no genere en los vehículos más rápidos (automóviles) reducciones de velocidad excesivas, sobrecostes en los consumos de combustible, reducción de la capacidad vial y del nivel de servicio, nerviosismo por parte de sus conductores ante la dificultad de realizar el adelantamiento y altos riesgos de accidentalidad.

· Justificaciones de carriles de ascenso

El primer problema al que se enfrenta un diseñador en la dotación de un carril lento a lo largo de una vía es determinar los lugares en los que se precisa una solución de este tipo. Para ello se recurre al análisis de diferentes variables, como pueden ser las reducciones de velocidad ocasionadas por los vehículos pesados, la velocidad diferencial entre camiones y automóviles, cualquiera de las dos anteriores asociada además con el volumen de tránsito, la reducción del nivel de servicio o por seguridad...

· Capacidad y niveles de servicio

El indicador utilizado para definir el NS es la velocidad media de recorrido. La menor velocidad de los camiones respecto a los automóviles debido principalmente a su mayor relación peso / potencia obliga a circular a los vehículos pesados a velocidades menores a las deseadas, especialmente cuando se transita por pendientes ascendentes pronunciadas y largas, además, contribuye a esta situación las escasas posibilidades de adelantamiento, ya sea debido a una insuficiente distancia de visibilidad o debido a otras causas.

Al reducirse la velocidad de la corriente total también se aumentan los intervalos temporales entre vehículos, es decir, por una misma sección de carretera pasarán menos vehículos, con lo que la capacidad se reducirá. En otras palabras, la capacidad vial se reduce con el aumento de la relación peso / potencia de los camiones.

La capacidad en condiciones ideales es de 3200 veh/h en ambos sentidos y se transforma mediante la aplicación de factores de corrección que reflejan el grado en que no se cumplen los requisitos que definen esas condiciones ideales y se obtiene la capacidad para las condiciones estudiadas.

Las características de vía y de tránsito que tienen en cuenta esos factores de corrección son: la pendiente, distribución del tránsito por sentido, anchos de carril y berma utilizable y presencia de vehículos pesados.

Por su parte el nivel de servicio se calcula partiendo de un valor ideal del indicador de efectividad escogido que es la velocidad media de recorrido que se va multiplicando por distintos factores de corrección hasta convertirla en la velocidad representativa de las condiciones que se estudian. Las características de la vía y del tráfico que se tienen en cuenta mediante los factores de corrección son: pendientes longitudinales, utilización de la capacidad, estado de la superficie de rodadura, anchos de carril y berma, presencia de vehículos pesados y curvatura.

La presencia de los vehículos pesados se toma en cuenta porque sus velocidades son menores que la de los automóviles ocasionándoles retrasos. Tal efecto en el tránsito se recoge a través de la introducción de unos factores.

· Criterios que se siguen en España

Ya se ha analizado que las rampas largas y de gran inclinación tienen un efecto muy desfavorable en la fluidez y seguridad de la circulación.

En carreteras existentes, si no resulta viable modificar la rasante sin desaprovechar el firme y, además hay que mantener la circulación, suele ser necesario aumentar el número de carriles en rampa, disponiendo de carriles adicionales para la circulación rápida que, además de ser la que pretende adelantar, es más ágil que la lenta.

En España, en las rampas y pendientes en las que el nivel de servicio disminuya por debajo de los límites indicados en la tabla siguiente, se recurre a ampliar la calzada añadiendo un carril adicional, bien por la derecha (carril de circulación lenta) o por la

izquierda (carril de circulación rápida) de los carriles normalmente reservados al sentido de circulación considerados.

TIPO DE CARRETERA		VELOCIDAD DE PROYECTO (Km/h)	NIVEL MÍNIMO DE SERVICIO
CON CALZADAS SEPARADAS		120	C
		100	D
		80	
CON CALZADA ÚNICA	VÍAS RÁPIDAS	100	C
		80	D
	CARRETERAS CONVENCIONALES	100	
		80	
		60	E
	40		

Tabla 2.6: Nivel mínimo de servicio deseable en una vía.

Fuente: Norma 3.1-IC "Trazado", 1997

Además de este criterio, debe disponerse de un carril adicional en aquellas rampas o pendientes de una carretera de calzada única donde la velocidad de un vehículo pesado patrón disminuya por debajo de 40 Km/h en coincidencia con una disminución de al menos dos niveles de servicio, en relación con los que haya en los tramos de carretera adyacentes.

Según la norma española, este carril adicional se debe prolongar hasta que el vehículo pesado patrón alcance una velocidad igual al 85% de la de proyecto, o a 80 Km/h si éstos se alcanzaran antes; luego se añadirá una cuña de transición, para el cierre del carril adicional, con una longitud mínima de 100 metros. Además, el final de un carril adicional para circulación lenta no puede coincidir con una zona de visibilidad insuficiente para un adelantamiento.

Aparte de la legislación vigente, en España se suelen tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- no suele estar justificado disponer carriles adicionales donde simultáneamente sea $IMD < 1000$ y la inclinación de la rampa no rebase el 4%.
- el carril adicional se debe proyectar y señalizar como una ayuda circunstancial a la circulación.
- el carril adicional no suele iniciarse antes de que la velocidad del vehículo pesado patrón haya disminuido unos 25 Km/h.
- la longitud mínima de un carril adicional corresponde a un tiempo de recorrido de unos 20 segundos la velocidad de proyecto, sin bajar de unos 300 metros.

: Criterios que se siguen en el resto del mundo

Uno de los criterios mundialmente utilizados consiste en plantearse la implantación de carriles lentos cuando el diferencial de velocidades entre los vehículos pesados y el resto de vehículos es superior a 15 km/h.

Otro criterio es implantar un carril de ascenso si el nivel de servicio en la pendiente cae una categoría respecto al de la entrada. Por ejemplo, en Colombia, de acuerdo al manual de capacidad y niveles de servicio se añade un carril cuando la velocidad se reduce entre 6-7 Km/h en terreno montañoso y entre 4-5 Km/h en terreno ondulado.

Algunas justificaciones que están basadas en la reducción de velocidad se asocian a las condiciones de volumen, por ejemplo, la AASHTO y el HCM consideran entre las condiciones que la tasa de flujo del tránsito exceda los 200 veh/h y que la tasa de flujo de camiones en la pendiente exceda 20 camiones/h.

Esto significa que los problemas de tránsito se fundamentan más en las deficiencias de las características geométricas o de la superficie de la carretera (niveles de servicio) que por problemas de volumen vehicular (capacidad).

Un posible criterio sería establecer un nivel de servicio mínimo que sirva como criterio para justificar un carril adicional el cual se propone como "D".

La filosofía adoptada por la NAASRA considera la necesidad de los carriles de ascenso basada en el examen general de la ruta de estudio, entre los criterios se incluye la reducción de la velocidad de los camiones a menos de 40 km/h.

Se ha aplicado también como justificación en la dotación de carriles de ascenso la demora promedio del tránsito pero se ha llegado a la conclusión que la velocidad promedio es el indicador más adecuado cuando no existen congestiones generalizadas en la red, sino que son los factores geométricos y de superficie los limitantes principales de la movilidad.

Para tratar de encontrar un método general que sea útil para todos los países del mundo, se tiene previsto realizar una investigación que permita disponer una herramienta computacional para el análisis operacional por simulación en carreteras de dos carriles y particularmente los carriles adicionales. Consiste en adaptar el modelo TWOPAS de manera que fuese calibrable a cualquier tipo de condiciones, especialmente al estudio de carriles de adelantamiento. Se han iniciado pruebas piloto para tomar datos de campo utilizando registros filmicos de las operaciones de adelantamiento para poder procesarlas con programas de tratamientos de imágenes (AUTOSCOPE) pero por encontrarse en una etapa inicial, no se da mayor información en este texto.

En la página siguiente, se ilustra una tabla donde se puede apreciar la evolución a lo largo del tiempo de las normativas referentes a los carriles lentos. Esta tabla ha sido proporcionada por el Profesor Víctor Gabriel Valencia Alaix, de la Universidad Nacional de Colombia.

Evolución de las normativas acerca de los carriles lentos:

CRITERIO	NAASRA 1985	RTAC 1986	WOLHU TER y POLUS 1988	MTO'90 Khan et al., 1990	ST. JOHN y HARWOOD 1991	AASHTO '94	HCM 1995 ATC, 1995	MENDOZ A y MAYORA L1996
Velocidades de camiones	<40 km/h ² <20 km/h ³							
Reducción de velocidad del camión tipo		15 km/h ⁴		15 km/h ⁶	Aún>36 km/h ⁷	15 km/h ¹ 10 mph	16 km/h ¹	
Relación peso/potencia del camión tipo.				200 kg/kW 147 kg/cv		180 kg/kW 135 kg/cv	180 kg/kW 135 kg/cv	210 kg/HP 207 kg/cv
Tasa de flujo ascendente	Sí		Figura ⁵			>200 veh/h	>200 veh/h	
Tasa de flujo de camiones ascendente						>20 cam/h	>20 cam/h	
Nivel de Servicio en la pendiente			Implícito			"E" o "F"	"E" o "F"	Implícito
Accidentalidad en pendientes					4%, los primeros 760m. En 6%, 550m.			
Demora			Figura ⁵					Implícito
Velocidad ganada								Procedimiento
Efectividad respecto al costo				Considerar	Altos ⁸			Procedimiento
% de camiones	Considerar							

Tabla 2.7: Estudio comparativo de las normativas referentes a carriles lentos utilizados en el mundo.

Fuente: Universidad Nacional de Colombia

¹ Respecto a la velocidad de toda la corriente del tránsito.

² En caso de carril de ascenso parcial en la pendiente y no se justifica completo por los volúmenes bajos y costos altos.

³ Para apartaderos, si la pendiente tiene más del 8%, porcentaje alto de vehículos pesados, volúmenes bajos y costos altos.

⁴ Respecto al percentil 85 de la distribución de velocidades.

⁵ Ver figura correspondiente que relaciona volumen, pendiente y demora en el artículo original. (*no disponible*)

⁶ Respecto a la velocidad de entrada o prevaleciente en la carretera.

⁷ Ver detalles en la referencia. (*no disponible*)

⁸ Con rendimiento bajo.

MTO = Ministerio de Transporte de Ontario; RTAC = Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de la Asociación de Transporte y Carreteras de Canadá; TTEH = Transportation and Traffic Engineering Handbook; AASHTO = American Association of State Highway and Transportation Officials; HCM = Highway Capacity Manual; NAASRA = National Association of Australian State Road Authorities; ATC = Asociación Técnica de Carreteras. Comité Español de la AIPCR.

ESTUDIO COMPARATIVO PREVISIONES INTRA vs DATOS DEMARCACIÓN DE CARRETERAS					
		Previsión INTRA	DEMARCACIÓN DE CARRETERAS		Diferencia
Cervera-Manresa	IMD	11938	7242		-4696
	% PESADOS	17,5	31		14
	Nº PESADOS	2089	2249		160
Manresa-Vic	IMD	12940	10240		-2700
	% PESADOS	16,9	22		5
	Nº PESADOS	2187	2220		33
Vic-Girona	IMD	14673	9777		-4896
	% PESADOS	15,9	23		7
	Nº PESADOS	2333	2223		-110

2.1 Responsabilidad de los vehículos en los accidentes

Sólo en un porcentaje muy pequeño de los accidentes de carretera ocurridos en España se ha señalado alguna avería en el funcionamiento del vehículo como factor que ha contribuido al accidente, lo que indica en general su fiabilidad. Entre las averías más corrientes cabe destacar los pinchazos, reventones, frenos deficientes, rotura de direcciones, neumáticos en mal estado... Es más, la importancia de mantener el vehículo en buen estado queda reflejado en los estudios que relacionan la cantidad de accidentes con las inspecciones obligatorias. De todas formas, es lógico que siendo los fallos mecánicos de los vehículos un factor en el suceso de accidentes, un control, vigilancia y mantenimiento de sus componentes ayude a evitarlos.

En Estados Unidos (1982) y en Suecia (1984) se realizaron estudios de los que se desprende una disminución del 10% de los accidentes de tránsito debido a la obligatoriedad de pasar la inspección técnica.

Durante el año 1986, que fue declarado año internacional de la seguridad en carretera en la Comunidad Europea, la Comisión Europea realizó un estudio, que dio como resultado la afirmación que aplicando una inspección técnica obligatoria a todos los vehículos se podrían reducir anualmente en el conjunto de los países de la CEE:

- entre 1.000 y 1.800 los muertos por accidente de tráfico
- entre 65.000 y 127.000 el número de heridos

Todos estos estudios demuestran que en los accidentes de tráfico, existen casi siempre unos cuantos factores que pueden ser la causa, entre los cuales es imposible dar más importancia a uno sobre otro, pero la eliminación de alguno de estos factores, como puede ser un defecto en el vehículo, podría significar que el accidente se habría podido evitar.

2.2 Conclusiones

El mundo de la seguridad del automóvil está en continua evolución. Cada día salen nuevos sistemas de seguridad independientes o que son complemento o evolución de algunos ya existentes. Todos estos cambios y novedades debemos aceptarlos y, sobre todo, incorporarlos en la medida de lo posible a nuestros vehículos. Pero el hecho de que los coches sean cada vez más seguros no debe de traducirse en que nos tomemos la conducción a la ligera, pensando en que "ya frenará el coche" o "no pasa nada: llevo 8 airbag".

Debemos ser responsables a la hora de conducir porque no estamos solos en la carretera y una pérdida humana supone varias tragedias. Todos los avances no están pensados para que corramos más o seamos más imprudentes, sino para nuestra seguridad y para evitar en la medida de lo posible esas tragedias. La seguridad al volante es cosa de todos.

3. La vía

3.1. Responsabilidad de la vía en los accidentes

El despiste, la fatiga, el exceso de velocidad o la falta de experiencia al volante dejan miles de vidas cada año en las carreteras. Sin embargo, la mejora de las infraestructuras y el enorme esfuerzo que los fabricantes de automóviles están realizando en mejorar la seguridad de los coches en los últimos años ha permitido reducir el porcentaje de siniestros de forma considerable. Por ello, aunque en la mayoría de los casos la negligencia es por parte de los conductores hay que mejorar en lo que respecta a la señalización y el trazado de algunas vías.

Las autovías han permitido a los conductores evitar una de las maniobras más peligrosas: los adelantamientos. Es más, la reducción en el número de víctimas está directamente ligada al progresivo aumento de los kilómetros de autovías abiertas al tráfico.

Sin embargo, las vías comarcales y locales dibujan una zona negra en el mapa de carreteras nacional. Y es que, el pasado año, un 74.7% de los accidentes de tráfico se produjeron en este tipo de trazados.

Un trazado peligroso, acompañado de una señalización defectuosa, puede dar respuesta, en algunos casos, al porqué del incremento registrado en el número de accidentes que se producen por esta causa, aunque en muchos casos sea el error humano el motivo. Hay es dónde los Ingenieros de Tránsito deben volcar todos sus conocimientos, planeando, estudiando, proyectando, construyendo y administrando cada vez mejores sistemas viales, teniendo como lema la seguridad.

3.2 Análisis de los parámetros principales

Es sobre este factor sobre el que más pueden actuar los ingenieros encargados de la explotación vial, siendo necesario llegar a un equilibrio entre el coste de las mejoras necesarias y la disminución de accidentes. Para conocer éstas mejoras necesarias es preciso saber qué relaciones existen entre la frecuencia de accidentes y su gravedad y las características de los tramos en que ocurren.

Entre estas características caben destacar: control de accesos, intensidad del tráfico, velocidad, sección transversal, trazado en planta y alzado, intersecciones y enlaces y el estado del pavimento.

· Control de accesos

El control de accesos es una de las características fundamentales que tienen una implicación directa con la accidentalidad. Así, mientras en carreteras convencionales los índices de accidentalidad son algo inferiores a un accidente con víctimas por millón de vehículos-Km., en las autopistas, donde el control de accesos es total, el índice se reduce de la unidad a 0.3-0.4.

Otro aspecto a resaltar es el que hace referencia al tipo de accidente. Mientras en carreteras ordinarias la gran mayoría de los accidentes que se producen son colisiones entre dos o más vehículos, en autopistas muchos accidentes no afectan más que a un sólo vehículo, ya que en este tipo de vías desaparecen prácticamente las colisiones frontales y en ángulo.

· Intensidad de tráfico

En carreteras de dos carriles los índices disminuyen al aumentar la IMD, hasta llegar a unos 2000 veh/día para los que se estabilizan. Sin embargo, en autopistas los índices aumentan sensiblemente cuando las intensidades se acercan a la capacidad de las mismas. Además, en autopistas también cambian la tipología de los accidentes, así con intensidades bajas predominan los accidentes que sólo involucran a un vehículo, mientras que con intensidades altas son más comunes los accidentes que involucran a varios vehículos.

· Velocidad

Al hablar de velocidades es muy importante tener en cuenta dos aspectos: el primero se refiere a la velocidad media de los vehículos que circulan por la vía, mientras que el segundo hace referencia a la dispersión de velocidades, es decir, a la diferencia de velocidades que presentan los diferentes vehículos. Así, en los estudios efectuados hasta el momento no se ha hallado relación alguna entre la velocidad media de circulación y la frecuencia de los accidentes. Otra cosa es que, a mayor velocidad aumente la gravedad de los accidentes. Por el contrario, la probabilidad que tiene un vehículo de verse envuelto en un accidente crece muy deprisa al aumentar el valor absoluto de la diferencia entre su velocidad y la velocidad media del tráfico. Por tanto, tiene que ser el objetivo tanto de los proyectistas como de las autoridades competentes el tratar de reducir la dispersión de velocidades, actuando tanto sobre los conductores que circulan a velocidades excesivas como sobre los que circulan a velocidades reducidas.

· Sección transversal

Cabe resaltar que ya no se utilizan las carreteras de tres carriles, ya que en ellas, cuando la IMD sobrepasaba los 5000 vehículos (cuando este tipo de carreteras estaría justificado por razones de seguridad) es cuando los índices de accidentes aumentaban rápidamente.

Los índices de accidentes disminuyen paulatinamente conforme se va aumentando la anchura de los carriles, esto se produce hasta los tres metros, para anchuras mayores parece no influir. Análoga situación se produce con los arcenes, aunque se da la paradoja que para arcenes superiores a 2.5 metros dan lugar a un incremento de los índices de accidentes, ya que algunos conductores los usan indebidamente como carriles de circulación. Otro aspecto interesante es el de la anchura de las medianas. Cuando la mediana tiene más de 8-10 metros de anchura, la posibilidad de accidentes frontales es casi imposible y su probabilidad aumenta conforme disminuye la anchura de la misma.

· Trazado en planta y alzado

Se ha demostrado que son las curvas horizontales de radio inferior a los 400 metros donde se registran accidentes con mayor frecuencia que en otros de menor curvatura.

Este fenómeno se agrava si además coincide con rampas de gran inclinación. Así, en autopistas, rampas del 4% producen una disminución de la velocidad de los camiones que puede no ser percibida a tiempo por vehículos más rápidos, con las correspondientes nefastas consecuencias.

Pero particularmente, pienso que lo más peligroso para un conductor no es encontrarse una curva muy cerrada si acaba de trazar otra curva en los metros anteriores, sino que de repente, tras una recta larga se encuentre con una curva medianamente cerrada, es decir, el factor sorpresa puede convertir en peligroso un tramo que en otras circunstancias sería relativamente seguro. Por tanto, más que las propias características geométricas de un elemento de trazado, influye en la frecuencia de los accidentes su carácter aislado o habitual en un tramo de carretera.

: Intersecciones y enlaces

Aunque el número de accidentes mortales en intersecciones es aproximadamente sólo el 6% del total, gran parte de los puntos negros de la red de carreteras coinciden con intersecciones. Esto se debe a que en las intersecciones se da el conflicto entre varias corrientes de tráfico.

El número de accidentes que se registran en una intersección entre dos carreteras varía aproximadamente con la raíz cuadrada del producto de las intensidades de tráfico en las carreteras. Por ello es preferible concentrar el tráfico para disminuir el número de intersecciones.

En las autopistas, los enlaces y especialmente las entradas y salidas de los ramales son puntos de concentración de accidentes. En autopistas con tráfico muy intenso los puntos peligrosos son las entradas desde los ramales a la autopista, ya que se producen colisiones cuando algún vehículo intenta entrar sin tener suficiente espacio. Sin embargo, cuando el tráfico es ligero, son más frecuentes los accidentes en la salida de la autopista hacia los ramales, debido a vehículos que se salen fuera de la calzada por exceso de velocidad al iniciar la maniobra.

: Estado del pavimento

Este factor juega un papel importantísimo cuando la calzada está mojada, especialmente en aquellos puntos en los que los vehículos han de modificar su velocidad o su trayectoria.

El mal estado del pavimento puede dar lugar a accidentes al dificultar la conducción, llegando incluso a causar averías en el vehículo. Sin embargo, tal y como dicta la teoría del riesgo constante, en estos tramos en mal estado los conductores suelen reducir la velocidad y prestar mayor atención, lo que es positivo desde el punto de vista de la seguridad.

Se ha observado frecuentemente que en carreteras de trazado tortuoso la mejora del estado del pavimento, sin modificar el trazado, ha dado lugar a un aumento en el número de los accidentes porque al poder circular los conductores con más comodidad, aumentan su velocidad por encima de lo conveniente para las condiciones del trazado

3.3 Conclusiones de estudios que relacionan el número de accidentes y las variables del proyecto geométrico de las carreteras convencionales

Hasta ahora, todos los esfuerzos realizados con el fin de relacionar el número de accidentes y las variables del proyecto geométrico en las carreteras convencionales han alcanzado resultados muy poco satisfactorios. Este hecho se debe principalmente a la casuística que envuelve a un accidente de tráfico, debido al alto número de factores que intervienen.

Hasta el momento, todos los estudios [6] y [7] que se han llevado a cabo sobre la materia han seguido dos líneas de investigación: la primera consistía en analizar las repercusiones que tenía una actuación, de este modo se veía si la actuación que se había llevado a cabo en el trazado tenía o no alguna repercusión en el número de accidentes. El segundo planteamiento se basaba en un análisis estadístico, más concretamente consistía en el ajuste y la calibración de modelos de regresión multivariante.

En este apartado se va a realizar una descripción de los resultados hallados mediante los diferentes métodos basados en la calibración de modelos de regresión multivariante desarrollados hasta el momento, sin entrar en el desarrollo del método.

Todas las conclusiones que se van a exponer provienen de la experiencia norteamericana en esta materia, derivada esencialmente de diversas investigaciones dirigidas por el U.S.Department of Transportation (DOT), Federal Highway Administration (FHWA).

El objetivo de todos los expertos que investigan en este campo es el de disponer algún día de una buena predicción de los accidentes de circulación vial, lo que será muy útil no sólo en la fase de proyecto de nuevas carreteras, sino en la de diseño de las actuaciones de mejora de la seguridad vial de las vías que se encuentran en servicio. A continuación se presentan brevemente los estudios realizados hasta el momento en los diferentes ámbitos.

· En Planta. Curvas circulares

La principal conclusión a la que han llegado estos métodos ha sido que cuando el grado de curvatura aumenta, se incrementa la siniestralidad (NCHRP Report 197, 1978). Cinco años más tarde, Glennon realizó un estudio para la FHWA con el objetivo de investigar la relación entre el grado de curvatura y los accidentes en estas alineaciones. Como consecuencia de estas investigaciones se obtuvo el siguiente resultado: al incrementar el grado de curvatura en un grado sexagesimal, se obtendría un aumento de 0.0336 accidentes por millón de vehículos. El inconveniente del método radica en su limitación de la curvatura, ya que únicamente es válido para curvas con grados de curvatura inferiores a 15°.

En 1991, Zeeger desarrollo otro modelo de predicción de accidentes mientras investigaba las actuaciones de mejora de la seguridad vial de las curvas horizontales. A diferencia del método desarrollado por Glennon, Zeeger tiene en cuenta el ancho total de la plataforma, teniendo en cuenta la anchura de los dos carriles y los arcenes. Otro aspecto que no utilizó Glennon fue el tema de la curva de transición. Zeeger sí que la tuvo en cuenta, de modo que la presencia de una curva de transición originaría un

impacto beneficioso en la seguridad, concretamente, se reducirían en 0.012 accidentes por millón de vehículos. En este estudio se demuestra que a medida que aumenta el grado de curvatura y disminuye el ancho de la plataforma el número de accidentes aumenta.

Una limitación de ambos modelos consiste en la no inclusión en el método de ningún parámetro que tenga en cuenta los efectos producidos por los márgenes y por el alzado de la carretera.

Otro aspecto a tener en cuenta es que en este tipo de emplazamientos no intervienen únicamente aspectos físicos y geométricos, sino que es muy importante la tipología de los tramos de carretera que le preceden y siguen.

· En Planta. Curvas de transición

Las curvas de transición es uno de los aspectos en los que menos se ha logrado avanzar. Es más, los estudios realizados acerca de esta variable han arrojado resultados contrapuestos.

En 1992, Council llevó a cabo un estudio con el fin de evaluar el impacto de las curvas de transición en la seguridad. Para ello, comparó los accidentes en alineaciones provistas con curvas de transición con los de aquellas que carecían de este tipo de curvas, obteniendo que en el 75% de las curvas, con o sin curvas de transición, tenían cero accidentes durante un período de cinco años. Debido a los resultados obtenidos desarrolló modelos logísticos lineales (Logit), mediante los cuales es posible identificar el efecto producido por la curva de transición aun cuando éste sea muy débil. Además, este tipo de modelos se caracterizan por su robustez en la predicción de la probabilidad de que en un emplazamiento ocurran uno o más accidentes de tráfico en cinco años.

En su análisis, distinguió entre terreno llano, montañoso y ondulado. Así, teniendo en cuenta la presencia o no de una curva de transición, la intensidad media diaria y el grado de curvatura de la curva circular en grados sexagesimales, obtuvo que en el caso particular de terreno llano, en muchos emplazamientos la probabilidad de que se originen uno o más accidentes disminuye con la curva de transición y aumenta con la intensidad media diaria. Es más, en la interacción entre la curva de transición y el grado de curvatura obtuvo dos tipologías de resultados diferentes, función del grado de curvatura: a valores superiores a 3.1° sexagesimales las transiciones serían beneficiosas, mientras que en valores inferiores a 3.1° serían “perjudiciales”.

D	IMD=100			IMD=5000			IMD=20000		
	S=0	S=1	%Dif.	S=0	S=1	%Dif.	S=0	S=1	%Dif.
1°	0,061	0,0801	31,43	0,2309	0,2872	24,75	0,9702	0,9777	0,76
5°	0,1891	0,1518	-19,74	0,5188	0,4527	-12,74	0,9915	0,989	-0,26
10°	0,2831	0,131	-53,74	0,6462	0,4107	-36,44	0,995	0,987	-0,81

Tabla 2.8: Probabilidad de 1 o más accidentes en emplazamientos en terreno llano, en función del grado de curvatura, de la IMD y de la presencia de curva de transición.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la revista RUTAS

En los tres casos observamos que a mayor IMD, mayor probabilidad tenemos de tener uno o más accidentes, aspecto que era lógico de prever. Sin embargo, es sorprendente

que para $D=1^\circ$ la presencia de la curva de transición es contraproducente, es decir, aumenta la probabilidad de tener un accidente, por tanto disminuye la seguridad de la circulación vial. Para el resto de los casos, $D=5^\circ$ y $D=10^\circ$, el resultado era el esperado, esto es, la presencia de una curva de transición beneficia la seguridad en la circulación, ya que la probabilidad de tener un accidente es menor al caso de no tener curva de transición.

El inconveniente de este método, tal y como se puede apreciar en la tabla anterior, radica en el hecho de que con una IMD igual a 20000 predice una probabilidad muy cercana a la unidad de que sucedan uno o más accidentes.

· Alzado

En 1983, Newman y Glennon desarrollaron un modelo teórico que predecía la frecuencia de accidentes en los acuerdos verticales donde estaba restringida la distancia de visibilidad. El objetivo del método era hallar los beneficios de seguridad vial susceptibles de alcanzarse como fruto de la mejora de las condiciones geométricas del alzado en los acuerdos verticales.

Calculan el número total de accidentes en un tramo de carretera que contiene un acuerdo vertical durante un año a partir de un índice medio de accidentes para la carretera específica en accidentes por millón de vehículos-milla, de la longitud del acuerdo vertical, del volumen de tráfico, de la distancia de visibilidad y de un factor.

Cabe comentar que este método no ha sido contrastado con datos reales de accidentes, aunque está basado en hipótesis efectuadas por profesionales.

· Sección transversal. Anchura del carril y del arcén

Según un estudio de la NCHRP en 1978, en una carretera después de ejecutarse un ensanchamiento de los carriles y de los arcenes se origina una mejora de seguridad en la circulación vial. Esto se debe a que se facilita a los conductores que puedan recuperar el control del vehículo y regresar a la carretera cuando sus vehículos salen fuera de la misma.

Actualmente no existe ningún modelo que con toda rotundidad, relacione los accidentes de tráfico con las características de la sección transversal. La Federal Highway Administration presentó un modelo polinómico que representaba los accidentes de un solo vehículo con salida de la carretera, choque frontal y choque fronto-lateral. Del estudio se desprende que el ensanchamiento de los arcenes resulta ser una actuación de mejora de la seguridad de la circulación vial menos efectiva que el ensanchamiento de los carriles. Es más, la efectividad máxima se obtiene al combinar ambas actuaciones.

· Sección transversal. Estrechamiento en puentes

En los lugares donde el tablero de puente es más estrecho que la sección transversal de la carretera, se crea una constricción en la capacidad de la circulación vial. Esto conlleva una reducción en la probabilidad de recuperación del dominio del vehículo cuando está sin control, aumentando además el riesgo de colisión entre vehículos. Según unos estudios realizados por la NCHRP, el principal factor que afecta a la seguridad en los

puentes es la anchura. El indicador que se utiliza para analizar la peligrosidad de los puentes es la anchura relativa, esto es, la diferencia entre el ancho del puente y el ancho de los carriles de la carretera que accede al puente. Así, en un puente el índice de peligrosidad disminuye cuando este indicador aumenta.

Del análisis se desprende que un incremento en la anchura relativa de un puente desde un valor de 0 pies hasta otro de 4 supondría una reducción del 40% en la disminución del índice de peligrosidad. Pero lo realmente sorprendente es que el primer pie de ensanchamiento provocaría un tercio de esa reducción.

Cabe comentar que hay otros factores que influyen de una forma muy notoria en la seguridad de los puentes y que no han sido considerados en el estudio anterior, como pueden ser la longitud, el tipo de puente, la presencia o ausencia de bordillos... Esto se debe a la carencia de información significativa sobre el efecto que producen en la seguridad de la circulación vial.

· Márgenes de la carretera

Este elemento cobra especial relevancia cuando los vehículos dejan su trayectoria normal a lo largo de los carriles y se desvían hacia los bordes de la carretera. Si el conductor encuentra arcén, no suelen haber consecuencias graves, y el conductor suele poder retomar de forma segura su trayectoria. Sin embargo, si cerca de los márgenes existen árboles, postes... una pérdida de trayectoria desencadenará en un accidente.

Con el objeto de analizar los efectos que producen este tipo de objetos en los márgenes de las carreteras se han utilizado modelos de intrusión, en los que se tiene en cuenta el tamaño y la forma del elemento lateral de la carretera que se quiere investigar, la distancia desde el borde del carril al objeto en cuestión y la probabilidad de colisión con dicho elemento. Como consecuencia de los estudios realizados por Transportation Research Board, el número esperado de accidentes por milla y año disminuye notablemente al incrementarse la distancia lateral al poste. Así, aumentando la distancia de 1.5 metros a 7.62 metros se aumentaría la seguridad en un 418%.

Últimas tendencias

Vogt y Bared son los creadores de un nuevo planteamiento, a partir de datos de accidentes más recientes, utilizando una de las técnicas estadísticas más avanzadas: el modelo de múltiples elementos. Su objetivo no es otro que integrar en los modelos tanto el trazado en planta y alzado como la sección transversal de la carretera. En la tabla siguiente, se muestran algunos de los resultados que obtuvieron:

<i>VARIABLE</i>	<i>FACTOR (%)</i>
w (anchura del carril)	+24.4
PA (anchura del arcén)	+17.7
Z (densidad de accesos)	-1.4
Di (grado de curvatura horizontal)	-1.4
GR ^k (inclinación absoluta)	-11.1

Tabla 2.9: Influencia de diversos parámetros de diseño de la vía en el índice de accidentalidad.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la revista RUTAS.

Tal y como puede observarse, a mayor anchura de carril y a mayor anchura del arcén, mayor es el factor de reducción de accidentes. Por el contrario, cuanto mayor sea el número de accesos, mayor curvatura horizontal y mayor inclinación absoluta, más accidentes habrá.

Conclusiones

Es importante significar la evolución que han efectuado los modelos que estudian la interacción entre el número de accidentes y las variables del proyecto geométrico. Así, los más antiguos solo eran capaces de predecir los accidentes en función de una sola variable. Recientemente, han aparecido modelos que son capaces de contemplar múltiples elementos del proyecto geométrico, pudiendo analizar el efecto interactivo generado por distintas variables relacionadas con la alineación en planta... Los objetivos para el futuro son desarrollar modelos que sean capaces de tener en cuenta variables como el peralte, los dispositivos de regulación, las características superficiales del pavimento, etc.

En cuanto a las variables que intervienen en el proyecto en planta, se ha demostrado que al aumentar el grado de curvatura y, por tanto, al disminuir el radio de las curvas circulares horizontales se incrementa el número de accidentes de circulación vial. En cuanto a las curvas de transición, resaltar que a partir de los 3° de curvatura, la probabilidad de que sucedan uno o más accidentes es menor en emplazamientos provistos con curvas de transición.

Respecto a las variables que intervienen en el proyecto en alzado de las carreteras, destacar que a medida que disminuye la distancia de visibilidad, se incrementa el número de accidentes.

En cuanto a la sección transversal, se ha obtenido que al incrementarse el ancho de los carriles y de los arcenes se mejoraba notablemente la seguridad. Otra variable que cobraba especial importancia en la sección transversal era la densidad de accesos a la carretera, siendo menor la seguridad a medida que se aumentaba la cantidad de accesos en un tramo de carretera. También se ha llegado a la conclusión que cuanto mayor sea la anchura relativa en los puentes, menor será el número de accidentes que se producen.

Respecto a los márgenes, se observó que en función de cómo variasen tanto el índice de inseguridad de las zonas laterales como la distancia lateral a dichos elementos se aumentaría o disminuiría el número de accidentes.

3.4 Responsabilidad de los proyectistas

3.4.1 Señalización

La finalidad principal de la señalización de carreteras es la de suministrar a los conductores información necesaria o útil, en el momento y lugar que la precisen. Es un complemento indispensable tanto para aproximarse a la óptima utilización de la vía como para la seguridad del usuario.

Así, podríamos decir que la señalización debe atender a tres propósitos [8]:

- Advertir de la existencia de posibles peligros que de otra forma podríamos ignorarlos, con las graves consecuencias que ello acarrearía.
- Comunicar las reglamentaciones a cumplir en un determinado tramo de carretera.
- Suministrar indicaciones que permitan informar al conductor de las condiciones del entorno (itinerarios, hospitales...).

Por ello, si queremos cumplir con lo anteriormente mencionado, el sistema de señalización ha de conseguir que la información que se transmita aparezca de forma comprensible, empleando un código que todos los conductores puedan comprender.

Además, la información debe de ser presentada de forma que llame la atención a sus destinatarios, evitando que esta pueda ser confundida con otros anuncios de tipo publicitario. Otro aspecto de máxima importancia reside en la ubicación de la señal: debe estar situada en el lugar preciso en el que el conductor pueda necesitarla, de forma que el conductor disponga del tiempo necesario para realizar las maniobras oportunas. Por último, la información que se suministre debe tener algún interés y ser creíble, pues de lo contrario, los conductores las ignorarán.

3.4.1.1 Obstrucciones visuales

Los vehículos pesados se caracterizan por presentar mayores dimensiones que los coches y generalmente por circular a menor velocidad. Por ello, cuando entre los vehículos que circulan por una carretera se encuentran vehículos pesados se produce una reducción en el nivel de servicio de la vía y por tanto en su capacidad, ya que los vehículos pesados al ser más lentos obligan a los coches a reducir su velocidad y a efectuar maniobras de adelantamiento. En carreteras y más concretamente en las proximidades de grandes ciudades, son frecuentes los porcentajes de vehículos pesados entre el 15% y el 20%. En general, se puede asegurar que cuando la intensidad total del tráfico disminuye, aumenta la importancia de los vehículos pesados.

Desde el momento en el que la eficiencia de las señales de tráfico como sistema de información al conductor en el tráfico depende del grado de información en que éste es recibido y dado que principalmente es el sentido de la vista del que depende el conductor para conocer las condiciones de la circulación, todo factor como la obstrucción o el bloqueo de la línea de visión del conductor se convierten en extremadamente importantes. Es habitual, que al circular detrás de un vehículo pesado, las señales sólo las veamos en el último instante, o en algunos casos, ni siquiera las llegamos a ver. La magnitud de esta obstrucción depende fundamentalmente de las dimensiones del vehículo pesado, de las posiciones relativas entre los dos vehículos (vehículo del

observador y el vehículo pesado) y del tamaño del campo visual del conductor que a su vez depende de la velocidad de circulación del vehículo y de las limitaciones físicas (parabrisas...).

La pérdida de visión en alguna zona de la carretera puede tener efectos muy negativos para el conductor ya que se puede dar el caso que no reciba la información que necesita en ese momento o que la reciba demasiado tarde y sin tiempo para poder reaccionar.

Así, se generan situaciones de obstrucción que se pueden traducir en: no ver una señal con todas las consecuencias que ello puede suponer, ver la señal demasiado tarde provocando maniobras arriesgadas con el fin de recobrar la situación inicial, incorrecta interpretación de cuales son las condiciones del tráfico, aumentar la ansiedad y el estrés del conductor, etc.

Una forma sencilla de comprobar el impacto que supone la presencia de un vehículo lento en cuanto a la visibilidad de los vehículos que circulan tras él es hacer una representación gráfica del problema.

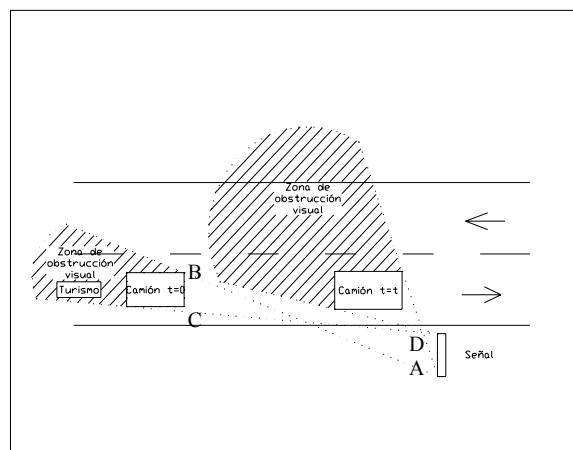


Fig. 2.3: Problemática de la obstrucción visual.

Fuente: Elaboración propia.

Los puntos representados con una D y una A corresponden al borde interior y al borde exterior de la señal con respecto a la calzada. Así mismo, los puntos B y E representan la parte delantera izquierda del vehículo pesado considerado y la parte trasera derecha respectivamente para un instante dado. Por tanto, las líneas formadas por estos puntos, AB y DE determinan en cada instante de tiempo la zona de sombra generada por el vehículo pesado. De este modo diremos que, si el cono de visibilidad del conductor que circula tras el vehículo lento queda dentro de la zona de sombra, el vehículo tendrá su visión obstruida.

Como es lógico pensar, esta zona de sombra depende de muchos factores, tales como el ancho del carril, el tamaño de la señal, el tamaño del vehículo pesado...

Cabe comentar que un camión obstruirá la visión de una señal cuando el mismo se encuentre a una distancia inferior a la visibilidad fisiológica de la señal, esto es, cuando se encuentre a una distancia de la señal inferior a la máxima distancia desde la cual la señal puede ser leída.

Otra problemática puede surgir con la señalización situada encima de la calzada. Así, en el caso de circulación de vehículos en el mismo carril, se presentan también importantes bloqueos u obstrucciones de la visibilidad en todas aquellas señales situadas por encima del carril, esto es, dispuestas en báculos. A medida que el vehículo pesado se desplaza va generando una zona de sombra, de tal forma que todos los vehículos que se encuentran en dicho tramo no recogen la información mostrada por la señal colocada en el báculo, al perder toda visibilidad. Lógicamente, el tamaño de esta zona depende fundamentalmente de la velocidad de circulación del vehículo pesado y de sus dimensiones. Por tanto, será en estas situaciones donde la señalización horizontal adquirirá una gran relevancia al convertirse para el conductor en el elemento principal de orientación y de guiado.

Otra situación problemática se da en las curvas en las que hay colocadas diversas señales. Si un camión y un turismo circulan por el mismo carril, la zona de sombra producida por el desplazamiento del vehículo pesado en la alineación no recta tiende a ser mayor en aquellas señales verticales de tráfico que se sitúan en el margen de la calzada de la parte exterior de la curva. Será en curvas a la izquierda donde este fenómeno afectará más negativamente al conductor del vehículo que circula tras el camión. Además, este efecto será mayor cuanto mayor sea el grado de curvatura de la alineación y cuanto menor sea la distancia entre ambos vehículos. En estos casos es recomendable duplicar la señalización y especialmente en aquellas situaciones donde la pérdida de la información que se pretende transmitir al conductor mediante la señalización puede incidir directamente en la seguridad. Son casos como por ejemplo prohibir el adelantamiento, limitar la velocidad de circulación en curva, etc.

La solución al grave problema de la obstrucción existe, aunque hay que reconocer que es complicada. Consistiría en tratar cada caso individualmente, determinando la señal y colocación más idónea para cada uno de los diferentes puntos de nuestra red viaria que necesitan de señalización alguna.

Generalizando, podríamos decir que para cada punto en el que se deba colocar señalización alguna existen diferentes soluciones o actuaciones: señalar mediante báculos, repetir la señalización, requerir una mayor separación de los vehículos pesados, elevar la señalización a una altura suficiente para que sean visibles por encima de los vehículos pesados, duplicar la señalización, etc.

Respecto a la solución consistente en duplicar la señalización colocando otra señal vertical idéntica en el extremo opuesto de la calzada, hay que comentar que esta medida no aseguraría la transmisión de la información, ya que puede ocurrir que debido a las condiciones del tráfico en ese instante ambas estén obstruidas. Pese a esto, lógicamente aumentamos las probabilidades de ver la señal, ya que para no verla se deben dar dos circunstancias a la vez: que circulemos en ese preciso momento tras un vehículo pesado y que por el carril contrario pase un vehículo que nos impida ver la señal.

Respecto a la solución consistente en aumentar la altura de las señales, cabe comentar que esta medida no será válida en la totalidad de los casos, ya que para que fuese efectiva se requeriría situar la señal a una altura desproporcionada (6 metros), lo cual resulta inviable desde todos los puntos de vista.

3.4.1.2 Importancia del conocimiento de la memoria

La señalización tiene como objetivo informar al usuario de las vías, esto es, a los conductores, de las reglas bajo las que debe conducir. Por ello, no podemos olvidar en ningún momento que las señales deben colocarse de tal modo que los conductores sean capaces de interpretarlas, asimilarlas y poderlas cumplir. Para ello, hemos de conocer como actúa la memoria en las personas. La información que llega al cerebro puede ser almacenada en dos etapas: a corto plazo y a largo plazo. En la memoria a corto plazo, la cantidad de información que podemos almacenar es muy limitada, además, desaparece al medio minuto. Dicha información no puede ser rellamada una vez ha desaparecido. En la memoria a largo plazo, podemos retener mucha más información y lo más importante, podemos rellamarla cuando lo deseemos.

En la conducción, todos los procesos que tienen lugar se procesan de forma que nunca dejan información en el “cajón” de la memoria, es decir, se utiliza la memoria a corto plazo. Así, al percibir una señal o un peatón el mecanismo de la memoria lo mantiene únicamente el tiempo necesario hasta que ejecutamos la acción, luego lo borra, o mejor dicho, no lo guarda.

Otro aspecto que resulta importante conocer, es la interacción que puede existir entre la percepción y la memoria a corto plazo, ya que se puede dar el caso que el conductor intente rellamar algo en la memoria y reduzca su capacidad perceptiva, de esta forma una señal puede ser perdida.

Todo lo comentado hasta el momento se puede traducir a la Ingeniería del Tráfico de la siguiente forma:

- Las señales de peligro requieren una respuesta rápida.
- Los conductores deben de ser frecuentemente recordados en el proceso de la conducción atendiendo a estas limitaciones.
- La cantidad de información recogida que se requiere debería de estar limitada para asegurarse que el conductor tiene tiempo para responder a un estímulo antes de que el siguiente le sea presentado.

Es decir, hay que evitar por todos los medios sobrecargar de información a los conductores mediante la repetición sistemática de señalización o de carteles publicitarios por sus efectos negativos en la seguridad vial, ya que se puede dejar de detectar información de gran importancia y puede haber información que sea selectiva y deliberadamente desecha por parte del conductor: el conductor deja de atender a aquellas señales que se repiten sistemáticamente pues piensa que no son realmente necesarias.

3.4.2 El diseño de la vía

Hasta el momento, el ingeniero que redacta un proyecto se preocupa de que este cumpla con toda la normativa vigente, poniendo a disposición del usuario un producto correcto desde el punto de vista legal, pero ¿se podría hacer algo más? La respuesta es que sí. La postura que se ha tomado hasta el momento es una postura fácil, cómoda pero insuficiente.

Por ejemplo, uno de los problemas más importantes que padecemos en nuestras carreteras tiene relación con la homogeneidad en el trazado, en parte debido a las restricciones económicas, las actuaciones por fases y la convicción de los técnicos responsables que la señalización vertical (con límites de velocidad en puntos críticos) soluciona los posibles efectos negativos de los cambios en los parámetros de diseño de la vía.

Otro problema muy extendido radica en una serie de vías erróneamente denominadas autovías sin tener las condiciones necesarias para tener esa denominación. Así, si en otras carreteras muchos conductores circulan a velocidades muy superiores a las permitidas, en estas “mal llamadas” autovías la situación todavía es más grave, con el aumento de riesgo que conlleva la velocidad en el momento del accidente.

Esta falsa percepción se debe en muchos casos a falsas percepciones del entorno por parte del conductor, ya que el ver una mediana o una barrera de seguridad central le da una falsa imagen de seguridad, lo que le lleva a correr, en muchas ocasiones, con riesgos que normalmente en otras carreteras no correría.

· Velocidad específica

Con la información que actualmente se da a los conductores en las vías, estos no conocen en ningún momento cual ha sido la velocidad de proyecto que se ha utilizado. Por ello, hay que tener en cuenta en cada proyecto y trabajo de trazado y señalización que el conductor ignora la velocidad específica de la vía así como la velocidad de proyecto utilizada.

Por esta razón, el conductor interpreta que en un tramo con permiso para adelantar puede circular a cualquier velocidad y no recuerda, si es que en algún momento lo ha sabido, que si el conductor del vehículo contrario sobrepasa la velocidad de proyecto en unos 30-40 Km/h, desaparece todo margen de seguridad y el riesgo de accidente crece de un modo alarmante.

También se establece una relación entre la velocidad de proyecto y el trazado, tal y como se ha comentado respecto a la homogeneidad del recorrido. De este modo, una curva con radio de velocidad de proyecto situada en medio de un tramo con una velocidad segura mucho más elevada supone un riesgo muy importante para los usuarios de la vía, ya que los conductores no se lo esperan y les es imposible en caso de emergencia evitar la salida de carril. Como en la mitad de las salidas de carril se invade el sentido contrario de circulación, el conductor pone en peligro no sólo su vida, si no la de todas aquellas personas que circulen en sentido contrario.

Ante este panorama se propone tomar las siguientes medidas:

- Hay que informar a los conductores de la velocidad de proyecto de la vía por la que están circulando. El conductor debería recibir información sobre que tramos y elementos de la carretera concreta por la que circula cumplen en su diseño con la velocidad de proyecto. Sin esta información y guiándose únicamente por las señales de límite local de velocidad no podrán ajustar su velocidad para conseguir una conducción segura.

- Hacer campañas para dar a conocer la relación entre la carretera, la velocidad y el riesgo. A pesar de que los conductores han tenido que estudiar para obtener el carné de conducir no conocen los detalles de cómo se proyecta una carretera, que velocidad de base se ha utilizado, qué efecto puede tener en el aumento del riesgo el hecho que sobrepase una velocidad de proyecto que desconoce o los límites de velocidad establecidos. Por ello es preciso iniciar campañas importantes para informar a los conductores del aumento adicional de riesgo que corren al aumentar la velocidad por encima de la establecida por los técnicos.

- Inculcar en los proyectistas una mentalidad más abierta a la realidad, dejando en segundo término la obsesión por el cumplimiento de la normativa. Por ello se propone educar a los proyectistas para que recuerden esta problemática cuando trabajen para buscar soluciones. Es imprescindible que exista una homogeneidad en el trazado y comenzar los proyectos por la parte más complicada del trazado, que será el punto que marcará la carretera. En las aproximaciones a los puntos de velocidad mínima se ha de producir una aproximación gradual, evitando que resulten ser trampas mortales para los conductores.

· Señalización vertical

Es por todos conocido que a la velocidad a la que circulan muchos conductores es muy difícil poder percibir toda la información de la señalización vertical. Si a esto sumamos que por lo general los conductores confían más en su instinto y experiencia que en la señalización llegamos a la conclusión que se han de tomar medidas con carácter inminente.

Por ello, se tendrían que tomar una serie de medidas:

- reforzar la señalización más importante, como puede ser la de respetar los límites locales de velocidad en relación con las curvas, intersecciones y otros puntos complicados de la vía.

- revisión de los límites locales, asegurándonos que se ajusten a una información correcta.

- resaltar en las campañas de sensibilización del peligro que supone una persona irresponsable al volante, ya que además de poner en peligro su propia vida, pone en peligro la vida de otras familias y de otros usuarios.

- actuación especial de los Mossos de Esquadra con el fin de informar acerca de la necesidad de obedecer los límites locales y sancionar cuando haga falta.

- analizar los puntos de la vía donde es necesario que se repita la señalización en el lado izquierdo de la vía.

- en los lugares en los que se compruebe que a pesar de la señalización de limitación de velocidad los conductores no cumplen la norma, tendría que estudiarse la posibilidad de reforzar la señalización vertical con balizas y la señalización horizontal en el pavimento.

· Intersecciones que no se perciben

Uno de los puntos más conflictivos en nuestras carreteras son las intersecciones. No percatarse de que nos encontramos cerca de una intersección puede tener consecuencias fatales. Así, en terreno llano o poco ondulado, el conductor que circula por la vía principal puede tener dificultades para darse cuenta de la presencia de una intersección en el paisaje. A pesar de la correspondiente señalización, el conductor de la vía principal no reacciona porque tiene preferencia, aproximándose a la misma con una velocidad inadecuada y sin la suficiente información de que esta cerca de una intersección, zona que requiere de una atención especial.

Por este motivo es fundamental conseguir que el usuario de la vía principal reciba la información que circula por una zona de especial riesgo (la intersección) donde puede encontrarse con algún conductor impaciente o poco prudente que este atravesando la vía en ese momento.

Por tanto, en el diseño de las intersecciones se tendría que tener en cuenta toda esta casuística, con el objetivo de profundizar en nuevos diseños para las zonas de intersecciones que permitiesen a los conductores que circulan por la vía principal tomar las medidas oportunas para evitar cualquier imprevisto.

· La problemática de las curvas

Otro de los puntos críticos en cuanto a siniestralidad en carretera son las curvas. Son tramos de carretera con una velocidad segura claramente inferior a la velocidad segura en recta.

Destacan especialmente las curvas en carreteras con dos sentidos de circulación, donde una velocidad excesiva o una distracción se traduce en una invasión parcial o total del sentido de circulación opuesto, produciéndose en muchos casos colisiones frontales de nefastas consecuencias para la integridad de las personas que circulan en los respectivos vehículos.

Un aspecto fundamental en esta problemática radica en que no todos los conductores consiguen percibir todas las señales de limitación de velocidad. Es más, un conductor necesita un tiempo personal para cambiar tanto su velocidad como su forma de conducir. Este tiempo es totalmente independiente del vehículo que estemos conduciendo.

De este modo, si después de un tramo de uno o dos kilómetros nos encontramos con una curva cerrada, no tenemos tiempo psicológico suficiente para ajustar la conducción a las necesidades que exige el trazado de la vía en ese momento.

Por tanto, es mucho más importante conseguir trazados homogéneos que no otros que aunque de media puedan admitir velocidades elevadas escondan tras de sí trampas mortales como pueda ser una curva cerrada tras una gran recta.

Otro de los peligros de las curvas es la visibilidad, es decir, la posibilidad de ver todo el desarrollo de la curva cuando nos encontramos en medio de ella. Por ello, son tan peligrosas las curvas alrededor de un montículo, donde la visibilidad limitada no

permite ver su desarrollo. Este hecho se debería traducir en la prohibición de proyectar curvas de creciente curvatura en aquellos casos en los que el conductor no pueda ver el desarrollo del trazado.

· Las velocidades

Dado que el número de accidentes con víctimas aumenta con la segunda potencia de la velocidad, el de heridos con la tercera y el de muertos con la cuarta, queda claro que en las vías de mayor velocidad media y máxima, habrá un número mayor de muertos y heridos. Este hecho aún se agrava más en carreteras de dos carriles con un buen diseño, donde los conductores utilizan estas vías con velocidades muy elevadas.

Una colisión frontal en curva, adelantamiento o colisión a 90° en una intersección con una velocidad 20 Km/h por encima de la velocidad máxima permitida deja una estadística con un aumento del 109% de muertos y un aumento del 74% del número de heridos.

Será en los lugares anteriormente especificados, esto es, intersecciones, zona de adelantamientos etc, donde las violaciones de velocidad comportarán mayores riesgos. De este modo, un conductor que confíe en que el resto de los usuarios de la vía cumplan con los límites de velocidad, puede iniciar un adelantamiento en una zona permitida por los técnicos, encontrándose en gran peligro si el vehículo que circula en sentido contrario circula 20 Km/h por encima de la velocidad máxima permitida en esa vía, ya que de ese modo no existe distancia de seguridad alguna.

Ante este panorama se puede actuar de dos modos:

- calcular las distancias de visibilidad con una velocidad superior a la utilizada como velocidad de proyecto. De este modo minimizaríamos la posibilidad de siniestros. Esta posibilidad se tendría que estudiar muy detalladamente, ya que hacerlo de forma general podría inducir a los conductores a realizar adelantamientos en zonas prohibidas.

- aumentar la señalización con más información de los límites de velocidad en los puntos críticos.

Actualmente los usuarios no respetan las condiciones de las carreteras, por tanto se hace necesario reforzar la comunicación entre el usuario y la carretera y su entorno, con el objetivo de asegurar que el conductor perciba las condiciones seguras reales y que sepa, en cada momento, lo que se espera de él.

Merecen un estudio especial las carreteras que en determinadas épocas del año tienen un tránsito importante, pues difícilmente pueden mantenerse como “carreteras montañosas” debido al peligro que suponen, especialmente para los conductores no habituales, ya que intentan el adelantamiento creyendo que debe haber suficiente visibilidad debido a que no está prohibido.

Es imprescindible que no sea únicamente el técnico el que conozca la velocidad de proyecto de la vía, sino que esta información llegue también al conductor. De este modo el conductor sabrá que puede esperar, y no como ahora que circula sin una definición específica de la velocidad segura del tramo de carretera.

Todo lo comentado anteriormente conduce a que, por ejemplo en el Eix Transversal, vía pensada para ser desdoblada, los parámetros de trazado son los de velocidad de proyecto de 120 Km/h, pero sin embargo, las bases de cálculo de las prohibiciones de adelantamientos obedecen a una carretera convencional de velocidad inferior a los 100 Km/h. Esta situación provoca que la percepción visual de los conductores es la de circular por una autovía, con lo que la percepción de la velocidad de seguridad es muy superior a la que indican las señales de limitación de velocidad.

El conductor debe recibir la información sobre la velocidad de proyecto y la velocidad segura, la cual incidirá directamente en las situaciones de adelantamiento y conducción en curvas.

Al fijar la señalización, no se tiene en cuenta las particularidades de la zona, esto es, el entorno. De este modo se evitaría que las señales pudiesen quedar tapadas, que no se entendiesen o que debido a colocar dos muy seguidas el conductor no sea capaz de asimilar toda la información.

Otra obligación que tenemos es la de proteger a los conductores que respetan las normas de los que no lo hacen, así, los tramos de adelantamiento extremadamente justos serán trampas mortales si el vehículo contrario circula por encima de las velocidades estipuladas en la velocidad de proyecto.

Tal y como queda reflejado en un estudio realizado por INTRA, hay que dar más información al conductor:

- mediante indicadores físicos en aquellas intersecciones que queramos resaltar. Árboles, farolas, isletas centrales. La intersección tiene que poderse identificar desde todos los accesos.
- se ha de señalar la velocidad de proyecto de cada carretera para que el conductor se pueda hacer una idea de lo que va a encontrarse a lo largo del trayecto.
- los tramos rectos de una carretera en los que se permite adelantar se tienen que ajustar a las velocidades reales de conducción y no a las estrictas velocidades de proyecto.
- en carretera, las señales de peligro han de desdoblarse, y si es necesario, anunciarlas con un aviso previo de unos 50 metros.

En el mismo estudio, se pone de relieve la importancia del entorno, aspecto que no se considera en ninguna fase del proyecto. Un cartel de publicidad o una figura llamativa son factores que desvían la atención del conductor durante unos segundos que pueden ser fatídicos, provocando que nos encontremos con una curva muy encima, etc. La distracción puede ser un paisaje bonito, una piscina con gente, un anuncio llamativo, una casa especial o un restaurante.

Tapando la visión de la posible distracción en los puntos en los que es indispensable ver una señal o trazar una curva evitaríamos muchos accidentes.

3.4.3 Los arcenes

Siguiendo con la misma línea argumental, surge el tema de los arcenes, ya que estos pueden permitir evitar una colisión al poder utilizarse en caso de emergencia como un trozo de vía. A este respecto, surgen dos posturas: la inglesa y la alemana.

La inglesa apuesta por una postura de flexibilidad, es decir, de innovar tratando de introducir medidas que puedan permitir evitar los siniestros. La postura alemana se basa en transmitir toda la responsabilidad a la policía, haciendo que esta haga cumplir las reglas de la forma que sea.

Las dos posturas son legales, y por tanto “correctas”, pero desde punto de vista del ingeniero parece más adecuada la postura inglesa. Es obvio que tienen que haber unas normas y que la policía tiene que velar por que se cumplan, pero el no buscar nuevas soluciones que puedan contribuir en la reducción de la siniestralidad me parece que es una postura muy poco ingenieril.

3.5 Responsabilidad de las instituciones

En nuestro país cada año mueren más de cinco mil personas como consecuencia de un accidente de circulación, y muchas más resultan heridas de gravedad. Estas cifras convierten a los accidentes de circulación en una de las principales causas de muerte para la población. Sin embargo, la mayoría de la sociedad las desconoce, y lo que es más grave, la gente que las conoce las asume, pues considera que son el precio que debemos de pagar por la evolución.

Sabemos que la principal medida a tomar consiste en la sensibilización social, sin embargo, los políticos no hablan prácticamente del tema, y cuando lo hacen se debe a que se ha producido un accidente de autobús o un accidente de tren, lo que lleva a muchos ciudadanos a pensar que viajar en tren o en autobús es una actividad peligrosa. Mientras, día tras día se va incrementando el número de fallecidos en nuestras carreteras.

Pero lo grave no es únicamente que no se hable del tema, sino que se siga trabajando como si nada pasase. Así, sólo se exige a los proyectistas que cumplan con las instrucciones, a sabiendas que los patrones de conducción de los españoles no son los que dictan las normativas, o por ejemplo, se siguen poniendo gran cantidad de multas por exceso de velocidad en autopistas, cuando es por todos conocidos que no es precisamente en estas vías donde se producen la mayoría de los accidentes.

El tema de la colocación de la publicidad es otro de los aspectos que denota la pasividad de las instituciones, ya que parecen no comprender que según que anuncios en según que puntos pueden producir una distracción en el conductor que puede resultar fatal para la integridad del mismo. Así, en numerosas ocasiones nos encontramos ante situaciones en las que se encuentran presentes carteles publicitarios cuya riqueza tipográfica y contenido suponen un enorme reclamo en la atención de los conductores para que fijen su atención en ellos, que es uno de sus objetivos principales. De esta forma se reduce la capacidad de concentración en el tráfico, y por tanto cualquier información sobre su regulación puede llegar a perderse implicando un riesgo en la seguridad vial, incluso aunque el periodo de distracción haya sido únicamente de fracciones de segundo. Esta

mejora en el comportamiento para atender a las situaciones de tráfico que se produce es muy importante teniendo en cuenta el elevado índice de siniestralidad registrado en las carreteras por causas de distracción.

El mantenimiento de las vías, así como del estado de la señalización es responsabilidad de las administraciones, siendo una tarea de vital importancia. Actualmente podemos encontrar en la carretera gran cantidad de casos de marcas viales que han sufrido un desgaste importante y donde el estado de conservación de la pintura deja mucho que desear. Esto, que puede tener relativamente poca importancia cuando se trata de algunas marcas o inscripciones, puede ser muy grave por ejemplo en el caso de señalizaciones de CEDA el PASO o en las líneas transversales donde deben detenerse los vehículos. La no identificación de carriles y la falta de signos en la calzada que ayuden a la conducción reducen los niveles de seguridad, pudiendo llegar a confundir al conductor sobre la trayectoria que debe seguir al entrar en la intersección. Por tanto, aunque la vida útil de la señalización horizontal es, en términos relativos, corta si se compara con otros equipamientos de la carretera, su importancia en términos de seguridad vial es tan alta que su implantación y su correcta conservación tiene un carácter prioritario. Por ello, el interés y preocupación sobre el mantenimiento y mejora de las características superficiales de la señalización horizontal tiene que ser cada vez mayor, debido a su influencia en la seguridad de la circulación al ser elementos de guiado, particularmente de noche o con mala visibilidad. En el caso de la señalización vertical ocurre una cosa parecida, ya que si queremos proporcionar los tres propósitos básicos de la señalización, esto es, advertir de posibles peligros, comunicar ciertas reglamentaciones y suministrar indicaciones con el fin de informar al conductor debemos mantener y reponer la señalización vertical que se encuentre en mal estado, ya que en caso contrario no podemos asegurar una adecuada visibilidad.

La Administración debe de actuar en todas aquellas variables del ambiente que influyan en la legibilidad del entorno, así como en aquellas que se refieren a las condiciones de la vía pública por su incidencia directa en la seguridad vial. Por ello la Administración debe de actuar para mejorar la situación actual, al ser un problema que va en aumento, incorporando modificaciones en la infraestructura que permitan dotar a las mismas de un nivel de seguridad mayor.

Tal y como se comentará en el anejo correspondiente a campañas de sensibilización y educación vial, visión cero parece ser una de las herramientas que permitiría a corto plazo reducir notablemente el número de fallecidos y de heridos graves. Sin embargo, con la actual actitud de las autoridades parece difícil su implantación, debido principalmente al miedo de la pérdida de votos que esta medida podría ocasionar.

3.6 La responsabilidad de las industrias del automóvil

“Visión cero” y otros enfoques innovadores de la seguridad vial están demostrando que los accidentes mortales son en su inmensa mayoría evitables mediante la aplicación de medidas conocidas y viables, tanto desde el punto de vista técnico como desde el punto de vista económico. Y están poniendo también de manifiesto que muchos de los planteamientos tradicionales de la ingeniería de seguridad vial son inoperantes, cuando no contraproducentes, para reducir la mortalidad global de un sistema de transporte viario.

Indudablemente, las industrias del automóvil (fabricantes de automóviles y constructoras de carreteras), con la colaboración de los estamentos técnicos del sector (oficinas de diseño, ingenierías, departamentos oficiales de carreteras, entidades de homologación, etc.), conocen perfectamente la existencia de estos avances en la investigación y la práctica de la seguridad vial.

Muchos de los elementos clave del nuevo conocimiento en el campo de la seguridad vial distan de ser recientes, por ejemplo, la teoría general de la compensación del riesgo fue esbozada hace casi medio siglo, y a finales de los años setenta estaba ya bien desarrollada su aplicación a la seguridad vial. La difusión de estos enfoques en los centros de investigación de seguridad vial de referencia en el plano internacional estaba ya bien consolidada en los años ochenta, y desde entonces se ha ido introduciendo en las políticas oficiales de seguridad vial de los países más avanzados.

Sin embargo, las industrias del automóvil se han mantenido al margen de estos nuevos planteamientos: en las oficinas de ingeniería se han seguido diseñando vehículos, carreteras y autopistas como si la teoría de la reducción del peligro y la compensación del riesgo no existiera, y las administraciones públicas han seguido homologando vehículos y aprobando proyectos de ingeniería viaria diseñados sistemáticamente para inducir a la conducción a gran velocidad, contra todos los principios de la reducción del peligro y la compensación del riesgo.

Ello está conduciendo a que los usuarios rechacen crecientemente las limitaciones de velocidad, ya que el entorno técnico en el que se mueven les hace sentirse excesiva e inútilmente seguros. Por esta razón, en todo el mundo se observan crecientes dificultades para imponer el cumplimiento de las limitaciones de velocidad, lo que está teniendo consecuencias nefastas para la verdadera seguridad del tráfico.

De hecho, la industria del automóvil no sólo ha ignorado los nuevos enfoques de la seguridad vial, sino que ha procurado obstaculizar su difusión y contrarrestar sus resultados fomentando investigaciones contradictorias. Por muy diversos caminos, las industrias del automóvil vienen financiando y/o promocionando en todo el mundo a un extenso número de organizaciones que se autodenominan «centros de investigación» del automóvil o de la seguridad vial, cuya finalidad es reforzar y actualizar la cortina de humo de la ingeniería de seguridad vial.

Mientras tanto, las medidas de control y las normas técnicas -bien conocidas y factibles- que podrían conducir a una drástica reducción de la mortalidad por automóvil, son sistemáticamente desestimadas por razones políticas. Las políticas de «seguridad vial» son establecidas por sus responsables oficiales como resultado de complejos cálculos del número de muertos «aceptable». En tales cálculos, entrarían en juego los intereses de las industrias del automóvil, las reacciones esperables de los medios de comunicación ante las diferentes medidas posibles, y las consecuencias electorales de las decisiones adoptadas.

El precedente de la industria del tabaco invita a pensar en una posible futura incriminación jurídica. Inicialmente, en el caso del tabaco, el hecho aparentemente obvio de que el fumador se entrega a su hábito voluntariamente parecía que podía mantener a la industria tabaquera a cubierto de cualquier reclamación. Luego fueron apareciendo temas como las afecciones a los fumadores pasivos, la adición a los cigarrillos de

sustancias adictivas por parte de la industria, la ocultación por la industria y las autoridades de los verdaderos riesgos del tabaco, la manipulación organizada de las conductas individuales y de la opinión pública a través de los medios de comunicación, etc. El resultado es el que todo el mundo conoce: en Estados Unidos -y en otros países- la industria del tabaco ha sido hallada culpable de gigantescos delitos contra la salud pública, y va a pagar por ello.

Si a las industrias del automóvil se les llegara a exigir en algún momento las pertinentes compensaciones por el daño que sus productos están infligiendo en la sociedad, las indemnizaciones resultantes alcanzarían cifras astronómicas.

La Comisión Europea aplica actualmente la cifra de un millón de euros como valor orientativo del coste económico de un muerto en accidente de automóvil. Aplicando ese estándar, en la Unión Europea se estarían produciendo anualmente daños por valor de más de 6 billones de pesetas sólo por los accidentes mortales. Incluyendo todos los daños, la cifra asciende a decenas de billones anuales, que actualmente están siendo soportados por el conjunto de la sociedad, y muy especialmente por las víctimas. Las industrias del automóvil llevan décadas convirtiendo esos inmensos volúmenes de dinero en beneficios corporativos, y si tales beneficios llegasen a ser declarados como obtenidos ilegalmente mediante la manipulación deliberada de la seguridad vial, habría llegado el momento de empezar a reembolsarlos.

Los paralelismos entre el tabaco y el automóvil, por lo que se refiere a los riesgos para la salud y la vida de la población, y a la manipulación de la ecuación «negocio vs seguridad» por parte de las industrias interesadas y sus administraciones cooperadoras, son cada día más evidentes. En la actualidad, a nadie le sorprendería encontrar una referencia a la producción y venta de tabaco describiéndola como «una matanza calculada». Quizá dentro de algunos años tampoco le sorprenda a nadie encontrar este calificativo, u otros aún más explícitos, aplicado a los millones de personas sacrificadas anualmente en aras de la prosperidad de las industrias del automóvil.