

Estado actual de conocimientos sobre la relación entre velocidad y seguridad vial.

Evolución de velocidades de circulación en España

1. Introducción

La relación entre la velocidad de circulación y la seguridad es un aspecto altamente debatido entre la comunidad científica, los usuarios de las vías y los responsables de la puesta en marcha de políticas. El objetivo de este breve informe es resumir la literatura más relevante en este ámbito.

Aumentar la velocidad de circulación tiene varios aspectos positivos, de entre los cuales el más importante es la disminución del tiempo de viaje. Las enormes mejoras técnicas en la red viaria, los vehículos y los sistemas de gestión de tráfico, apoyadas por un mejor comportamiento de los usuarios, han permitido compatibilizar durante las últimas décadas aumentos de la velocidad de circulación con reducciones del riesgo de ocurrencia de accidentes graves y mortales. La reducción de los tiempos de viaje impacta positivamente sobre la productividad de la economía, y facilita que los usuarios tengan más tiempo disponible para otras actividades.

Al mismo tiempo, la velocidad de circulación tiene importantes consecuencias negativas. Destacan entre ellas el consumo de energía, las emisiones de gases contaminantes y de efecto invernadero y el aumento de los accidentes de circulación. Este informe se centra exclusivamente en el impacto de la velocidad sobre los accidentes y sus víctimas.

Son varias las razones por las que una mayor velocidad repercute sobre la seguridad. Muchas de ellas son físicas: la distancia necesaria para detener un vehículo aumenta con la velocidad de circulación, lo que, en situaciones de emergencia, disminuye la probabilidad de evitar la colisión con otro vehículo u obstáculo. Por otro lado, los daños personales y materiales que se producen en un choque aumentan con la velocidad de impacto, la cual depende a su vez, de las velocidades de los vehículos antes del accidente.

Los estudios empíricos disponibles demuestran la influencia negativa de aumentos de la velocidad de circulación. Como se resume en el apartado 3, las investigaciones demuestran que una mayor velocidad produce un mayor número de accidentes y víctimas, tanto a nivel individual —relación entre la velocidad de un conductor concreto y su riesgo— como macroscópico —relación entre la velocidad media de un flujo de vehículos y el número total de accidentes y víctimas—.

Lo anterior explica que la velocidad excesiva e inadecuada esté considerada, junto con el consumo de alcohol y la no utilización del cinturón de seguridad, el principal factor de riesgo de accidente y lesión (Ref. 1). De acuerdo con informes del Observatorio Europeo de Seguridad Vial (ERSO), la velocidad es un factor concurrente esencial en aproximadamente el 10% de todos los accidentes y el 30% de los accidentes mortales (Ref. 2). Cifras muy similares son citadas en el informe mundial de la Organización Mundial de la Salud (Ref. 3). En España, la velocidad, ya sea excesiva o inadecuada, fue citada como factor concurrente en el 13% de los accidentes con víctimas registrados por las policías de tráfico en 2009; este porcentaje se elevaba al 31% en los accidentes mortales (Ref. 4).

La gestión adecuada de la velocidad desempeña un papel decisivo en las estrategias de seguridad basadas en el enfoque del *Sistema Seguro*, como la *Visión Cero* sueca o la *Seguridad Sostenible* holandesa (Ref. 5). Uno de los principios fundamentales de este enfoque es que el sistema de tráfico debe ser capaz de admitir los errores y limitaciones de los usuarios sin que de ello resulte la ocurrencia de muertes o heridas graves. Para lograr este objetivo es necesario gestionar la energía puesta en juego en las colisiones, con el fin de que los usuarios no experimenten fuerzas superiores a los límites de su resistencia física. Surge entonces el concepto de *velocidad segura*, que es aquella que asegura la protección del usuario. La velocidad segura depende de las características de la infraestructura y el tráfico; por ejemplo, es menor en una carretera convencional que en una autopista, y también es menor en una zona peatonal que en una avenida donde los flujos de vehículos y peatones están separados.

En este documento se analiza también el impacto de los límites de velocidad, como instrumento fundamental de gestión de la velocidad (apartado 4).

2. Factores afectados por la velocidad

La relación exacta entre la velocidad y el número de accidentes y víctimas depende de un gran número de factores relacionados con la infraestructura, los vehículos y los conductores. Este aspecto es fácil de observar cuando comparamos las modernas autovías y autopistas con las carreteras convencionales de un carril por sentido. En las autovías, las velocidades medias son muy superiores y, sin embargo, el número de muertes, para la misma distancia recorrida, es aproximadamente tres veces menor. De ello no debe concluirse que la velocidad contribuya a disminuir el riesgo, sino que existen muchos otros factores —en el ejemplo anterior, relacionados con la infraestructura— que determinan el número de accidentes que cabe esperar para un valor concreto de la velocidad media.

Los sistemas de seguridad primaria de los vehículos, como el sistema antibloqueo de frenos (ABS) o el control electrónico de estabilidad (ESP), influyen también sobre la relación entre velocidad y seguridad. Asumiendo que el comportamiento del conductor se mantiene constante —en particular, que su velocidad de circulación es independiente de las características y sistemas de seguridad de su vehículo—, estos dispositivos disminuyen el riesgo de implicación en un accidente de tráfico.

Para estudiar el impacto de la velocidad, aislada de la de todos los demás factores de influencia, debemos suponer que un conductor dado, conduciendo un vehículo fijo sobre un tramo de carretera también fijo, aumenta su velocidad. ¿Cuáles son los efectos que debemos esperar?

Los efectos más importantes tienen que ver con la dinámica del movimiento del vehículo (Ref. 6). En primer lugar, la distancia de parada aumenta con la velocidad, debido a que aumentan tanto la distancia recorrida durante el tiempo de percepción y reacción del conductor como durante el tiempo de frenado del vehículo. En segundo lugar, al aumentar la velocidad, disminuye

el margen respecto al límite impuesto por la adherencia entre neumático y pavimento, con el consiguiente aumento del riesgo de salida en curva y de aquaplaning en condiciones de lluvia.

La velocidad influye también sobre la severidad del accidente, es decir, la probabilidad de que las personas implicadas resulten lesionadas. En una colisión, la energía que debe ser disipada depende de las velocidades de impacto de los vehículos elevadas al cuadrado (energía cinética). Un aumento de esta energía implica un aumento de la probabilidad de que las personas implicadas —como ocupantes de los vehículos o peatones— sufran lesiones. La relación entre velocidad de impacto y riesgo de lesión ha sido ampliamente demostrada en la literatura científica (ver por ejemplo [Ref. 7]).

Uno de los efectos más controvertidos de la velocidad es el relacionado con el comportamiento del conductor. Muchos conductores sostienen que la conducción a bajas velocidades resulta monótona y que, a medida que aumentan su velocidad de circulación, su nivel de atención crece, con una mejora neta de la seguridad. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, a mayores velocidades, aumenta el ritmo al que el conductor debe procesar la información de la vía y su entorno. Esto supone un esfuerzo adicional que puede producir fatiga. Tal y como señala el investigador Shinar (Ref. 8), «el acto de prestar atención es un esfuerzo» (p. 233), de manera que el aumento de atención con la velocidad, de existir, se produciría en todo caso a costa de un aumento de la fatiga causada por la conducción.

Según nuestro conocimiento, la única investigación realizada hasta el momento para investigar la relación entre la velocidad y el nivel de atención fue un experimento realizado en Suecia en la década de los noventa (Ref. 9). Veinticuatro conductores participaron en el experimento, cada uno de los cuales realizó tres veces un recorrido de 200 km por autopista, a velocidades de 70 km/h, 90 km/h y 110 km/h, respectivamente. El nivel de atención fue medido a través del tiempo de reacción. A pesar de las grandes diferencias entre las tres velocidades ensayadas, las variaciones observadas en los tiempos de reacción fueron pequeñas: un incremento de la velocidad de 40 km/h estuvo acompañado de una reducción del tiempo de reacción del 4%. El autor concluyó que «estos resultados indican que las posibilidades de compensar estas consecuencias (el aumento de la distancia de parada con la velocidad) mediante un mayor estado de alerta a altas velocidades no son altas» (p. 441).

3. La relación entre la velocidad de circulación y el número y gravedad de los accidentes

3.1 Introducción

Ya se ha discutido que la relación exacta entre la velocidad y el número de accidentes y víctimas depende de un gran número de factores. Los investigadores que se han ocupado del problema no han buscado determinar relaciones entre valores concretos de la velocidad y los accidentes, sino entre variaciones de la velocidad y variaciones de los accidentes. Supongamos una vía determinada, por la que circulan unos vehículos y unos conductores con unas características dadas. Actualmente, no nos es posible estimar el número de accidentes esperados a valores concretos de la velocidad media: 60, 80, 100, 120 km/h. Sin embargo, las evidencias científicas sí nos permiten estimar qué variación porcentual de los accidentes debemos esperar si la velocidad pasa de, por ejemplo, 60 a 80 km/h, o de 100 a 120 km/h, manteniendo todos los demás factores de influencia constantes.

Existe otra forma bastante habitual de describir y analizar el problema de la velocidad, que consiste en determinar cuál es el porcentaje de accidentes en los que la velocidad excesiva (velocidad superior a la máxima permitida) o inadecuada (no adecuada a las condiciones existentes) intervino como causa o factor concurrente. El inconveniente de este enfoque es que no permite extraer conclusiones sobre la variación del número

de accidentes que deberíamos esperar tras una variación de la velocidad. Supongamos que la velocidad excesiva ha sido identificada como causa de un 10% de accidentes. Esto no implica que, si elimináramos los excesos de velocidad, los accidentes fueran a reducirse en únicamente un 10%. Incluso cuando la causa primaria de un accidente fuera distinta de la velocidad (por ejemplo, una invasión de carril causada por distracción), la probabilidad de evitarlo, y la probabilidad de que se produzcan lesiones en el choque, dependen de las velocidades iniciales de los vehículos.

3.2 Riesgo individual y riesgo colectivo

Establecido ya que el objetivo es determinar relaciones entre variaciones de los accidentes y variaciones de la velocidad media, son posibles dos enfoques básicos:

- Enfoque 1: Analizar la relación entre la velocidad de circulación de un conductor y su riesgo de implicación en un accidente.
- Enfoque 2: Analizar la relación entre la velocidad media del conjunto de vehículos y el número total de accidentes que ocurren en un tramo, carretera o red viaria

Estos enfoques se discuten respectivamente en los apartados 3.3 y 3.4.

3.3 Relación entre la velocidad y el riesgo individuales

Para obtener relaciones representativas entre la velocidad de circulación de un conductor y su riesgo de accidente, deberíamos idealmente poder contar el número de accidentes en los que se ve implicado un conductor dado al circular a distintas velocidades. Con ello, aseguraríamos que las características del conductor son siempre las mismas, y por tanto no influyen en los resultados. Sin embargo, este método no es viable, debido tanto a dificultades prácticas como al hecho de que los accidentes son sucesos muy infrecuentes en la vida de un conductor.

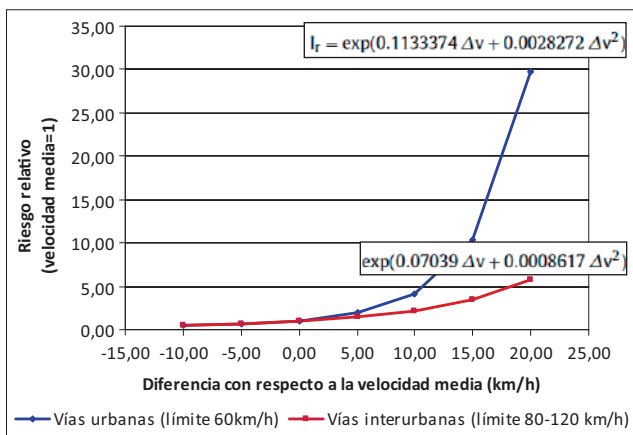
La solución práctica consiste en comparar las velocidades de dos poblaciones diferentes de conductores: la población de conductores implicados en accidentes y una muestra de la población de conductores que circulan por la red viaria en un momento determinado. Si los conductores implicados en accidentes circulaban, por término medio, a una velocidad superior a la de los conductores que utilizan las carreteras sin tener accidentes, concluiremos que la velocidad produce un aumento del riesgo de accidente; por el contrario, si las velocidades de las dos poblaciones son las mismas, concluiremos que no tiene ninguna influencia.

Las velocidades iniciales de los vehículos implicados en accidentes sólo pueden obtenerse mediante procedimientos de reconstrucción, que resultan costosos y pueden estar sujetos a errores. Otro inconveniente es que, debido a que comparamos dos poblaciones distintas de conductores, pueden existir características de los conductores, distintas de la velocidad, que varíen entre las dos poblaciones y sesguen las estimaciones de riesgos. Por ejemplo, la edad y el sexo son dos factores que influyen sobre el riesgo de accidente y que, al mismo tiempo, pueden determinar la velocidad. En estas condiciones, si se observa que los vehículos más rápidos están implicados en más accidentes, no está claro en qué medida el resultado puede deberse a que dichos vehículos sean típicamente conducidos por conductores más jóvenes, que tienen un riesgo superior a cualquier velocidad.

Los primeros estudios de la relación entre velocidad y riesgo individual fueron publicados en Estados Unidos en la década de los sesenta. Entre ellos, el más célebre y citado es, sin duda, el estudio de Solomon (Ref. 10), en el que se obtuvo una curva en forma de «U», de acuerdo con la cual el riesgo de accidente era mínimo para los conductores que circulaban a una velocidad ligeramente superior a la velocidad media del flujo, y aumentaba tanto para los conductores más rápidos como para los más lentos.

Según han discutido distintos autores (ver por ejemplo [Ref. 11]), el estudio de Solomon presenta deficiencias metodológicas que podrían sesgar significativamente sus estimaciones de riesgo. Por otro lado, los estudios más modernos no han replicado la curva en forma de «U». El último estudio disponible fue realizado por la Universidad de Adelaida (Ref. 12)(Ref. 13), e investigó la relación entre la velocidad de un vehículo y la probabilidad de implicación en un accidente con al menos una persona hospitalizada. De acuerdo con la revisión realizada por los investigadores Aarts y Van Schagen (Ref. 14), los resultados del estudio de Adelaida «son los que mejor describen la relación entre la velocidad individual y el riesgo de accidente» (página 222). Estos resultados se muestran en la Figura 1. Como puede comprobarse, las dos curvas de riesgo, correspondientes a vías urbanas e interurbanas, son crecientes en todo el rango de velocidades.

Figura 1. Relación entre la velocidad y el riesgo de implicación en un accidente con al menos una persona hospitalizada.



Fuente: (Ref. 12) (Ref. 13).

3.4 Relación entre la velocidad media y la frecuencia de accidentes en un tramo o red viaria

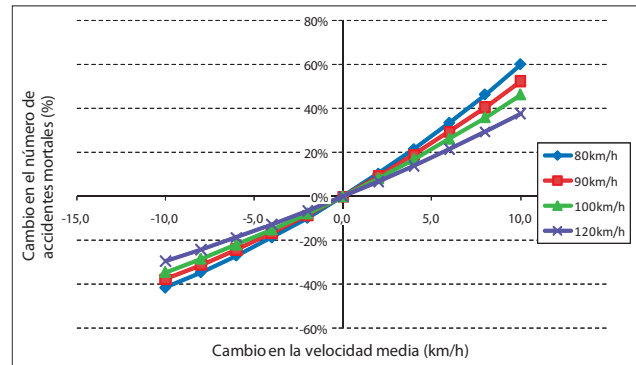
La gran mayoría de evidencias científicas disponibles se refieren a la relación entre el número total de accidentes y víctimas y la velocidad media en un tramo, vía o red de carreteras. Entre todos los modelos propuestos en la literatura científica, el más popular es, sin duda, el denominado modelo potencial (*power model*, en inglés) propuesto por el investigador sueco Göran Nilsson (Ref. 15). Este modelo ha sido citado como evidencia científica por, entre otros organismos, el Observatorio Europeo de Seguridad Vial (Ref. 16), la OCDE (Ref. 17), el Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte (Ref. 18) y la Organización Mundial de la Salud (Ref. 19).

En su formulación completa, el modelo potencial consta de seis ecuaciones que relacionan variaciones en el número de accidentes y de usuarios muertos o heridos con variaciones en la velocidad media. Si nos centramos en las ecuaciones de accidentes, podemos resumir el modelo del siguiente modo: un aumento del 1% de la velocidad media, manteniendo todos los demás factores de influencia constantes (incluida la intensidad de tráfico) produce, aproximadamente:

- Un aumento del 4% de los accidentes mortales.
- Un aumento del 3% de los accidentes mortales y graves.
- Un aumento del 2% de los accidentes con víctimas de cualquier severidad.

La siguiente discusión se centrará fundamental en el efecto de la velocidad sobre el número de accidentes mortales. La Figura 2 representa la predicción del modelo para este tipo de accidente.

Figura 2. Cambio en el número de accidentes mortales (%) como consecuencia de cambios en la velocidad media (km/h), en función de la velocidad media inicial.



Fuente: modelo potencial (Ref. 15).

El modelo potencial fue obtenido a partir de la observación de los efectos producidos por distintos cambios de los límites de velocidad ocurridos en Suecia a finales de la década de 1960 y comienzos de la década siguiente. Una discusión detallada del modelo queda fuera de los objetivos de este documento. La cuestión de mayor interés aquí es la validez de sus predicciones. Hasta el momento, han sido realizadas dos validaciones fundamentales:

- La validación de Rune Elvik y otros (Ref. 20) (Ref. 21) (Ref. 22).
- La validación de Hauer y Boneson (Ref. 23), para el Manual de Seguridad Vial (Highway Safety Manual) de la asociación americana AASHTO (Ref. 25).

Los datos de partida son en ambos casos los mismos: la recopilación de 526 estimaciones de la relación velocidad-accidentes extraídas por Elvik y otros de 115 estudios científicos. Cada una de estas 526 estimaciones está expresada en términos del porcentaje de variación de los accidentes o víctimas de una determinada gravedad producido por una determinada variación de la velocidad.

Las conclusiones de las dos validaciones del modelo potencial citadas pueden resumirse del siguiente modo.

- En vía interurbanas, las validaciones proporcionan resultados consistentes en general con el modelo potencial. La Tabla 1 presenta un resumen de las predicciones del modelo potencial y las dos validaciones para dos velocidades medias iniciales (80 km/h y 120 km/h), y distintas variaciones de la velocidad. La validación de Elvik y otros produce valores muy próximos a los del modelo potencial en todos los casos, mientras que la validación de Hauer y Boneson muestra una gran concordancia para una velocidad inicial de 120 km/h, y predice efectos superiores cuando la velocidad inicial es de 80 km/h. Podemos observar en la tabla que incluso incrementos muy pequeños de la velocidad pueden producir variaciones significativas de los accidentes mortales; así, se espera que un cambio de 120 a 121 km/h aumente el número de accidentes mortales en un 3-4%.
- Los estudios en ámbito urbano son menos numerosos. Elvik y otros han encontrado en estos casos un efecto más pequeño: un aumento de un 1% de la velocidad media produciría un aumento de aproximadamente el 2,6% de los accidentes mortales, en lugar del 4% predicho por el modelo potencial.
- Otro resultado interesante de las dos validaciones es el hallazgo de que los efectos de la velocidad parecen ser independientes del país donde se ha realizado el estudio. En este sentido, Elvik y otros señalan que «no hay respaldo

a la idea de desarrollar versiones distintas del modelo para cada país. Esto demuestra que los efectos de la velocidad sobre la seguridad son probablemente universales y no están fuertemente influidos por las condiciones específicas de un

determinado país» ((Ref. 21), página 23). Por su parte, en la validación de Hauer y Boneson se concluyó que «la relación velocidad-accidentes en los estudios extranjeros era similar a la de los estudios de EEUU» ((Ref. 24), página 26).

Tabla 1. Predicciones del efecto sobre el número de accidentes mortales de variaciones de la velocidad media, en función de la velocidad media inicial.

Si la velocidad media inicial es...	Y la velocidad media...	El número de accidentes mortales varía...		
		Según el modelo potencial	Según la validación de Elvik y otros	Según la validación de Hauer y Boneson en el Manual de Seguridad Vial
80 km/h	Aumenta 8 km/h	+46%	+48%	+58%
	Aumenta 4 km/h	+22%	+22%	+28%
	Aumenta 1 km/h	+5%	+5%	+7%
	Disminuye 1 km/h	-5%	-5%	-7%
	Disminuye 4 km/h	-19%	-19%	-26%
	Disminuye 8 km/h	-34%	-35%	-52%
120 km/h	Aumenta 8 km/h	+29%	+30%	+32%
	Aumenta 4 km/h	+14%	+14%	+15%
	Aumenta 1 km/h	+3%	+3%	+4%
	Disminuye 1 km/h	-3%	-3%	-4%
	Disminuye 4 km/h	-13%	-13%	-15%
	Disminuye 8 km/h	-24%	-25%	-29%

Metodología para la confección de la tabla:

Modelo potencial: se ha utilizado la ecuación (5.2) de la página 56 de (Ref. 15).

Validación de Elvik y otros: se utiliza un modelo potencial con exponente 4,13, de acuerdo con la tabla 10 de (Ref. 21) y la tabla 7 de (Ref. 22).

Validación de Hauer y Boneson: se utiliza la tabla 3E-2 de la página 3-57 de (Ref. 25), transformando mph en km/h e interpolando linealmente cuando los rangos de valores no coinciden con los de la tabla 2 de este documento.

Para cerrar esta discusión, es importante señalar que la velocidad media no es el único parámetro de la distribución de velocidades que influye sobre la seguridad. En particular, existe consenso en que la dispersión de velocidades entre vehículos es un factor de riesgo, aunque no existen estimaciones fiables de este efecto. El Observatorio Europeo de Seguridad Vial lo resume del siguiente modo: «Si, en una vía determinada, la varianza de velocidades es alta, las consecuencias serán: menos predictibilidad, más encuentros, más maniobras de adelantamiento, etc. Por lo tanto, cuando las diferencias entre velocidades aumentan, el riesgo de accidente aumenta también. (...) Sin embargo, no se ha determinado todavía ninguna relación cuantitativa fiable para esta relación» ((Ref. 2), página 6).

4. Influencia de los límites de velocidad

El límite de velocidad es sin duda el más importante entre todos los instrumentos de gestión de la velocidad. Una variación del límite de velocidad influirá sobre la seguridad en la medida en que provoque una variación de las velocidades reales de circulación. La secuencia causal sería la siguiente: un aumento (o disminución) del límite de velocidad produce un aumento (o disminución) de la velocidad media, que a su vez produce un aumento (o disminución) del número de accidentes y víctimas. Si disponemos de relaciones empíricas entre la variación del límite y la variación de la velocidad media, podremos aplicar el modelo potencial, o las validaciones presentadas en el apartado anterior, para estimar el impacto esperado sobre los accidentes.

Las evidencias demuestran que un cambio en el límite de velocidad produce un cambio en el mismo sentido en la velocidad real de circulación. Por ejemplo:

- Los investigadores Elvik, R. y otros determinaron que «como término medio, el cambio en la velocidad media

inducido por un cambio en el límite de velocidad parece ser aproximadamente un 25% del cambio en el límite de velocidad» ((Ref. 20), página 93); es decir, una variación del límite de, por ejemplo, ± 10 km/h, produce por término medio una variación de la velocidad media de $\pm 2,5$ km/h.

- La OCDE menciona en su informe sobre gestión de la velocidad que «los meta-análisis muestran que una reducción del límite en 10 km/h se traduce en una reducción de 3 o 4 km/h en la velocidad. Puede esperarse un efecto semejante del aumento del límite de velocidad» ((Ref. 17), página 100).

Por lo tanto, la velocidad media aumenta en una magnitud menor que el aumento del límite. Esto no significa que el efecto sobre los accidentes vaya a ser pequeño. Por ejemplo, el modelo potencial establece que un aumento de la velocidad media de 120 a 122,5 km/h produciría un aumento del 9% de los accidentes mortales.

La mayoría de experiencias de aumentos del límite de velocidad confirman el impacto negativo sobre los accidentes. Citaremos únicamente algunos casos destacados. Pueden encontrarse más casos de estudio en (Ref. 19).

En Dinamarca, el límite de velocidad fue elevado el 30 de abril de 2004 de 110 km/h a 130 km/h en la mitad de la red de autopistas. En la otra mitad, el límite fue mantenido en 110 km/h. La Dirección de Carreteras danesa realizó una evaluación de su impacto durante los 16 meses posteriores a la entrada en vigor del cambio (Ref. 26). En agosto de 2005, el gobierno danés introdujo el carné por puntos; a partir de dicha fecha no es posible separar el efecto de las dos medidas. En las vías donde se mantuvo el límite en 110, la velocidad media disminuyó de 118,9 a 116,0 km/h (aproximadamente un 2,4%). Esta reducción fue seguramente consecuencia de las medidas que siguieron al cambio de límite, como: aumento de la vigilancia, endurecimiento de las sanciones, campañas de concien-

ciación y señalización del límite en las vías de 110 km/h. Por el contrario, en las vías donde se aumentó el límite, la velocidad tuvo una tendencia contraria, pasando de 120,4 a 121,2 km/h (un aumento de aproximadamente un 0,7%). Por su parte, las variaciones registradas en el número de víctimas fueron las siguientes: en las autopistas donde no se modificó el límite, descenso del 40%; en las autopistas donde aumentó el límite: aumento del 9%; en el resto de vías interurbanas: descenso de un 18%. De acuerdo con el modelo de regresión ajustado por los autores del informe, una variación de +/- 1 km/h de la velocidad se tradujo aproximadamente en un aumento/disminución de los lesionados de un 10%. Esta asociación es mucho más pronunciada que la predicha por el modelo potencial de Nilsson.

Un cambio del límite de velocidad puede tener efectos globales que van más allá del impacto en las vías afectadas. Se ha argumentado en ocasiones que un aumento del límite en vías de gran capacidad, si bien podría producir un aumento del número de víctimas en dichas vías, al mismo tiempo podría provocar un trasvase de desplazamientos desde las vías convencionales, más peligrosas, de manera que el balance neto en todo el sistema fuera positivo. Este argumento procede fundamentalmente de algunos estudios realizados en Estados Unidos, como (Ref. 27). Sin embargo, las investigaciones más recientes no han encontrado estos efectos. Grabowski y Morrissey (Ref. 28) analizaron los impactos globales de los dos grandes cambios de límite que tuvieron lugar en Estados Unidos en los años 80 y 90; los efectos encontrados fueron los siguientes:

- Aumento del límite de velocidad desde 55 mph a 65 mph (año 1987): aumento del número de muertes de 16-17% en las vías afectadas; efecto no significativo en las vías interurbanas no afectadas.
- Aumento del límite a 70-75 mph o más (año 1995): aumento del número de muertes de 36-37% en las vías afectadas; aumento de 7-11% en las vías interurbanas no afectadas.

Por lo tanto, los autores no encontraron mejoras de seguridad en las vías no afectadas por el cambio del límite. De hecho, en el segundo de los resultados anteriores, encontraron que el número de muertes en dichas vías aumentaba, un efecto que podría ser explicado por el fenómeno denominado *generalización de velocidades*, según el cual aumentos o disminuciones de las velocidades medias en ciertas vías pueden propagarse a otras partes de la red. En definitiva, una variación del límite de velocidad en una parte de la red viaria podría tener efectos globales.

Tabla 3. Evolución de velocidades en estaciones de aforo del Ministerio de Fomento. Años 2003-2010.

Indicador	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
% Vehículos ligeros que circulan a más de 120 km/h en autopistas	27,99%	25,16%	26,17%	19,68%	20,60%	18,92%	15,71%	17,08%
% Vehículos ligeros que circulan a más de 100 km/h en vías convencionales	17,35%	15,25%	16,73%	12,00%	12,45%	9,54%	12,23%	12,30%

Fuente: Ministerio de Fomento (Ref. 30).

Otro indicador disponible es el de la velocidad media en tramos controlados por radares fijos, en los que, de acuerdo con información recogida por el Observatorio Nacional de Seguridad Vial, el porcentaje de vehículos por encima del límite ha pasado de 28-29% en 2006 a 9-13% en 2010, con una evolución muy similar en autopistas y vías convencionales.

Los dos tipos de datos anteriores —velocidades en una muestra de tramos de la red y velocidades en tramos controlados por radares— sugieren las siguientes dos conclusiones: en primer lugar, las políticas de los últimos años, como el carné por puntos y el plan de instalación de radares, han tenido éxito en la reducción de las velocidades; en segundo lugar, esta reducción parece haberse producido en toda la red, y no sólo en los tramos controlados.

Aunque no se ha efectuado todavía una evaluación precisa, es plausible suponer, a partir de todas las evidencias científicas citadas

5. Velocidades de circulación en España

El comportamiento de los conductores respecto a la velocidad se estudia generalmente en situaciones de flujo libre, en las que las condiciones existentes son tales que el conductor puede elegir cualquier velocidad: ausencia de controles, baja intensidad de tráfico, trazado favorable, pavimento en buen estado y buenas condiciones atmosféricas. Los datos disponibles en España ponen de manifiesto que, en flujo libre, entre un 38% y un 59% de los conductores circulan por encima del límite; en entre un 17% y un 37% de los casos, la magnitud de la infracción es superior a 10 km/h.

Tabla 2. Velocidades medias de vehículos ligeros en España en condiciones de flujo libre. Año 2010.

TIPO DE VÍA	Velocidad media (km/h)	% por encima del límite	% por encima del límite en más de 10 km/h
Autopista	117,7	52%	27%
Autovía	113,9	38%	17%
Convencional. Límite 90 km/h	96,3	51%	32%
Convencional. Límite 100 km/h	98,4	59%	37%

Fuente: Observatorio Nacional de Seguridad Vial, estudio realizado por el Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA) (Ref. 29).

La evolución reciente ha sido claramente positiva. Actualmente, los indicadores de flujo libre sólo están disponibles para los años 2009 y 2010. Para realizar un análisis temporal, debemos recurrir a otros dos indicadores referidos a todas las condiciones de tráfico, y no sólo a situaciones de bajo tráfico con condiciones favorables. Por ejemplo, el Ministerio de Fomento realiza mediciones de velocidades medias en una muestra de puntos de la red de carreteras de su titularidad. En ellas, el porcentaje de vehículos ligeros que circulan a más de 120 km/h en autopistas ha disminuido de 27,99% en 2003 a 17,08% en 2010. En carreteras convencionales, el porcentaje de vehículos por encima de 100 km/h descendió en el mismo periodo de 17,35% a 12,30%.

en apartados anteriores, que el descenso de la velocidad de circulación producido durante los últimos años ha desempeñado un papel muy importante en la reducción de la accidentalidad ocurrida en España desde 2003 (descenso de un 54% del número de muertes en carretera en 2003-2010).

6. Conclusiones

Este documento ha presentado una revisión general de los conocimientos actuales sobre la relación entre la velocidad y la seguridad. Las principales conclusiones pueden resumirse del siguiente modo:

- La relación entre velocidad y seguridad puede analizarse desde el punto de vista del riesgo individual —relación entre la velocidad de un conductor y su riesgo— o colectivo —relación entre la velocidad media del conjunto de vehículos y el número total de accidentes—.

Observatorio Nacional
de Seguridad Vial

- Por lo que respecta al riesgo individual, el estudio más sólido es el de la Universidad de Adelaida, que demuestra que el riesgo de implicación en un accidente grave aumenta de manera continua con la velocidad, tanto en vías urbanas como interurbanas.
- Desde el punto de vista del riesgo colectivo, el modelo más utilizado es el denominado modelo potencial de Göran Nilsson. El modelo potencial se basa en los siguientes principios cualitativos:
 - Una variación de la velocidad produce una variación de la frecuencia de accidentes/víctimas en el mismo sentido.
 - La variación de la frecuencia de accidentes/víctimas es tanto mayor cuanto mayor sea la variación de la velocidad.

Las evidencias disponibles confirman los principios anteriores. Se ha comprobado que la relación entre velocidad y seguridad es muy consistente: si aumenta (o disminuye) la velocidad media, el número de accidentes mortales casi siempre aumenta (o disminuye). Desde un punto de vista cuantitativo, las validaciones realizadas han confirmado que, en vías interurbanas, las predicciones del modelo potencial

son válidas; de esta manera, puede aceptarse la regla según la cual un aumento del 1% de la velocidad media produce aproximadamente un aumento del 4% del número de accidentes mortales. En vías urbanas, las evidencias sugieren que el impacto de la velocidad podría ser inferior al predicho por el modelo potencial, pero en cualquier caso importante.

Los estudios internacionales sugieren además que la relación entre velocidad y accidentes no depende significativamente del país o región considerados.

- Por lo que respecta al impacto del límite de velocidad, la mayoría de evidencias indican que la velocidad media varía en el mismo sentido que el límite de velocidad, aunque la magnitud de la variación es más pequeña (aproximadamente un 25%). Los ejemplos de países que han modificado sus límites demuestran que un aumento del límite de velocidad produce un aumento de los accidentes y víctimas.
- En España, se han producido importantes descensos de velocidad en toda la red interurbana, y no sólo en los tramos controlados. Teniendo en cuenta todas las evidencias científicas disponibles, resulta plausible suponer que esta disminución de la velocidad ha contribuido de manera importante a la reducción reciente de la accidentalidad.

Referencias

- (Ref. 1) European Transport Safety Council (2010) Tackling the three main killers on the roads. A priority for the forthcoming EU Road Safety Action Programme. PIN Flash N.16. Bruselas.
- (Ref. 2) European Road Safety Observatory (2006) Speeding. Retrieved January 20, 2007 from www.erso.eu.
- (Ref. 3) Organización Mundial de la Salud (2004) Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito.
- (Ref. 4) Dirección General de Tráfico, Observatorio Nacional de Seguridad Vial (2010) Las principales cifras de la siniestralidad vial. España 2009.
- (Ref. 5) OECD (2008) Towards Zero: Achieving Ambitious Road Safety Targets through a Safe System Approach. OECD, Paris.
- (Ref. 6) Aparicio Izquierdo, F. (2010) Velocidad: factor de riesgo en accidentes de tráfico. XV Jornada de la Cátedra ADA de Seguridad de los Vehículos y del Tráfico. ETS de Ingenieros Industriales de Madrid. 30 de noviembre de 2010. Disponible en: <http://www.insia-upm.es/xv-jornada-de-la-catedra-ada-ntc40.asp?vuelta=1> (visitado el 04/05/2010).
- (Ref. 7) NHTSA (2001) Tire pressure monitoring system FMVSS No.138. Preliminary economic assessment. Office of regulatory analysis and evaluation. Plans and policy. National Highway Traffic Safety Administration.
- (Ref. 8) Shinar, D. (1998) Speed and crashes: a controversial topic and an elusive relationship. En Transportation Research Board (1998). Managing speed: a review of current practice for setting and enforcing speed limits. Special Report 254.
- (Ref. 9) Törnros, J. (1995) Effect of driving speed on reaction time during motorway driving. Accident Analysis and Prevention, Vol. 27, No.4, pp. 435-442.
- (Ref. 10) Solomon, D. R. (1964) Accidents on main rural highways related to speed, driver and vehicle. Federal Highway Administration, Washington, DC.
- (Ref. 11) Hauer, E. (2009) Speed and safety. Transportation Research Record 2103, pp. 10-17.
- (Ref. 12) Kloeden, C. N.; Ponte, G.; McLean, A. J. (2001) Travelling speed and the rate of crash involvement on rural roads.
- (Ref. 13) Kloeden, C. N., McLean, A. J. & Glonek, G. (2002) Reanalysis of travelling speed and the rate of crash involvement in Adelaide South Australia.
- (Ref. 14) Aarts, L.; Van Schagen (2006) Driving speed and the risk of road crashes: A review. Accident Analysis and Prevention 38 (2006) 215-224.
- (Ref. 15) Nilsson, G. (2004). Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect of speed on safety. Bulletin 221. Lund Institute of Technology, Department of Technology and Society, Traffic Engineering, Lund.
- (Ref. 16) European Road Safety Observatory (2006) Speeding.
- (Ref. 17) OCDE, ITF, ECMT (2006) Gestión de la velocidad.
- (Ref. 18) ETSC (2008), «Managing speed: Towards safe and sustainable road transport».
- (Ref. 19) World Health Organisation, FIA Foundation, Global Road Safety Partnership, The World Bank (2008) Speed management. A road safety manual for decision-makers and practitioners.
- (Ref. 20) Elvik, R.; Christensen, P.; Amundsen, A. (2004) Speed and road accidents. An evaluation of the Power Model. TOI Report 740/2004.
- (Ref. 21) Elvik, R. (2009) The Power Model of the relationship between speed and road safety. Update and new analyses. TOI Report 1034/2009.
- (Ref. 22) Cameron, M.; Elvik, R. (2010) Nilsson's Power Model connecting speed and road trauma: Applicability by road type and alternative models for urban roads. Accident Analysis and Prevention 42 (2010) 1908-1915.
- (Ref. 23) Hauer, E.; Boneson, J.A. (2008) An empirical examination of the relationship between speed and road accidents. En Harkey, D.L. y otros (2008) Accident Modification Factors for Traffic Engineering and ITS improvements. National Cooperative Highway Research Program, Report NCHRP-617. Transportation Research Board.
- (Ref. 24) Harkey, D.L.; Srinivasan, R.; Back, J.; Council, F.M.; Eccles, K.; Lefler, N.; Gross, F.; Persaud, B.; Lyon, C.; Hauer, E.; Boneson, J.A. (2008) Accident Modification Factors for Traffic Engineering and ITS improvements. Transportation Research Board. NCHRP Report 617.
- (Ref. 25) American Association of State Highway and Transportation Officials (2010) Highway Safety Manual. 1st edition.
- (Ref. 26) Reiff, L. K.; Foldager, I; Hels, T.; Hemdorff, S.; Lund, H. (2008) 130 km/t på motorveje. Virkning på faktisk hastighed, uheld og miljøbelastning. Rapport 337. Vejdirektoratet, København.
- (Ref. 27) Lave, C.; Elias, P. (1993) Did the 65 mph speed limit save lives? Accident Analysis and Prevention, 26, pp. 49-62.
- (Ref. 28) Grabowski, D.C.; Morrisey, M.A. (2007) Systemwide implications of the repeal of the national maximum speed limit. Accident Analysis and Prevention 39, pp. 180-189.
- (Ref. 29) Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (2011) Construcción del indicador de velocidad libre 2010. Trabajo realizado para el Observatorio Nacional de Seguridad Vial.
- (Ref. 30) Ministerio de Fomento (2011) http://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/FBD5E4E5-D096-41A5-8F29-DD0FA3501C44/105162/serie_20022010.pdf.