

# **Innovar en la gestión del transporte**

**Límites de velocidad  
para autobuses y camiones**

**Octubre 2014**



**“LÍMITES DE VELOCIDAD PARA AUTOBUSES Y CAMIONES”**  
es un estudio elaborado por Fundación CETMO.

**DIRECCIÓN:**

**Santiago Ferrer Mur**, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

**EQUIPO TÉCNICO:**

**Noelia Tardón Delgado**, Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos  
**Isabel López Amador**, Secretaria

## Fundación CETMO

Av. Josep Tarradellas, 40 entresuelo, E-08029 Barcelona

Tel. 93 430 52 35 - Fax 93 419 92 37

[Info@fundacioncetmo.org](mailto:Info@fundacioncetmo.org) - [www.fundacioncetmo.org](http://www.fundacioncetmo.org)

**PATRONATO de la Fundación CETMO:**

FETEIA, Ministerio de Fomento, Generalitat de Catalunya (DTES), Administración Tributaria en Barcelona, ANAVE, Autoridad Portuaria de Barcelona, Puertos del Estado, Cámara de Comercio, Industria y Navegación de Barcelona, CETM y FENEBUS.



# Innovar en la gestión del transporte: Límites de velocidad para autobuses y camiones

## Introducción

### A. Las muertes derivadas del tráfico

1. Accidentes con implicación de autobuses y camiones
2. Peligros y riesgos derivados del tráfico
3. Efectos del consumo de combustible
4. El tráfico en el contexto de la movilidad
5. Conducción y riesgo de accidente
6. Vehículos y control de la velocidad

### B. Impacto del diferencial de velocidad

7. Necesidad de establecer la causalidad
8. Límites genéricos de velocidad máxima
9. Diferenciales de velocidad máxima en Europa y EE.UU.
10. Efectos del cambio de velocidad
11. Heterogeneidad de velocidades y riesgo de accidentes
12. Efectos de los vehículos pesados en el flujo
13. Velocidad y utilización de la capacidad vial
14. Evaluación del impacto

## En conclusión...



## Introducción

En España en 2010 el tráfico causó más de 4.326 muertes (2.478 por accidente, a los 30 días, y otras 1.848 atribuidas directamente a la acción de la contaminación local producida por el tráfico). La magnitud de esta cifra debería desencadenar un serio análisis sobre las causas últimas, las actuaciones más adecuadas y la forma de cuantificar su efectividad y su eficacia.

Los responsables del tráfico diseñan, e intentar mejorar, políticas y actuaciones para reducir las muertes por accidentes. La reducción en los límites máximos de velocidad impuestos por la nueva Ley de Tráfico responde a este objetivo. En particular, se ha propuesto reducir de 100 a 90 Km./h la velocidad de los coches en carreteras convencionales y los autobuses pasarían de 90 a 80 Km./h, suponemos que para mantener la diferencia de velocidades.

ASINTRA y FENEBUS, que subrayan que disminuir la velocidad comercial de los autobuses (y la pérdida de competitividad) es incoherente con la reducción de las muertes totales atribuidas al tráfico, encargaron un estudio para conocer el número de accidentes con implicación de autobuses y autocares (con la velocidad como factor concurrente) en las carreteras españolas en los últimos cinco años y éste resultó ser muy reducido.

En principio, puede parecer que la consecuencia ineludible de una reducción de los límites genéricos de velocidad máxima será la disminución de las muertes debidas al tráfico. Pero la realidad es muy compleja.

Como parte de nuestras actividades de apoyo a la innovación en el transporte, hemos recopilado, estructurado y sintetizado la información disponible sobre la justificación teórica, económica y funcional de los diferenciales de velocidad impuestos a los vehículos pesados, respecto a los ligeros, con un objetivo fundamentalmente divulgativo-formativo.

Una primera versión del documento sirvió de base para dos sesiones de trabajo con objeto de intercambiar y poner en común ideas, conocimientos y experiencias entre las partes implicadas. Constataba que camiones y autobuses tienen un límite máximo de velocidad controlado mediante tacógrafo y, por debajo de ese límite, no se identificaron estudios que avalen que los diferenciales de velocidad mejoren la siniestralidad. Por el contrario, algunos estudios relacionan la heterogeneidad en la distribución de velocidades en el flujo de tráfico con la probabilidad de accidentes, además de otras consecuencias económicas y funcionales.

En las sesiones de trabajo (13 de junio en Barcelona y 4 de julio en Madrid) participaron representantes de ABERTIS, ACOTRAL, ASINTRA, Asociación Española de Accidentología Vial, Asociación Nacional de Fabricantes de Remolques y Semirremolques, Assali Steffen, AUDICA, AYATS, CERpIE –UPC, Consorcio del Cauchó, Dirección General de Tráfico, DTES – Generalitat de Catalunya, FENEBUS, HALDEX, IDIADA (Homologación de vehículos industriales), INSIA, Ministerio de Fomento, NISSAN, Pirelli Neumáticos, Ros Roca Indox Cryoenergy, Sociedad de Técnicos del Automóvil de España y UPM – TRANSyT.

Analizando las observaciones de los participantes, se ha enriquecido el documento y se ha estructurado en dos ámbitos: en primer lugar las muertes derivadas del tráfico y, en segundo el impacto de los diferenciales de velocidad en la movilidad.

En el texto se usan notas a pie de página para aclaraciones o para indicar las fuentes. En general, se incluye el enlace directo a la URL de la fuente consultada ([color azul subrayado](#)).

## A. Las muertes derivadas del tráfico

### 1. Accidentes con implicación de autobuses y camiones

Evitar **muertes por accidentes de tráfico** constituye una prioridad de las políticas europeas y mundiales de Seguridad Vial: 26.025 muertes en la UE en 2013 como consecuencia de accidentes de tráfico. En España se ha pasado de 7.949 muertos (a los 30 días) en 1990 a **2.478 en 2010**. No obstante, el porcentaje de reducción no debe paliar la importancia de la cifra <sup>(1)</sup>.

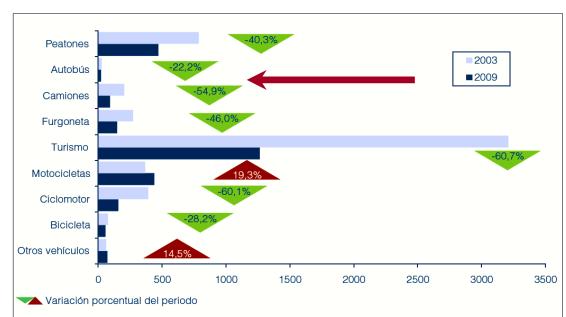
En 2010 se contabilizaron en la Unión Europea (EU-24) 815 víctimas por **accidente con implicación de un autocar/bus**: el 39% de los fallecidos eran ocupantes de turismos, un 29% peatones y el 15% ocupantes del autocar (50%, 15% y 15%, respectivamente, para el caso de los HGV's). **España tiene uno de los menores porcentajes de víctimas** por accidente con implicación de un autocar/bus, ponderado por la población del país (sin tener en cuenta, por tanto, el efecto del turismo): 1,1 por millón de habitantes <sup>(2)</sup>.

EVOLUCIÓN 2003 - 2009 DEL NÚMERO DE FALLECIDOS EN ACCIDENTES DE TRÁFICO



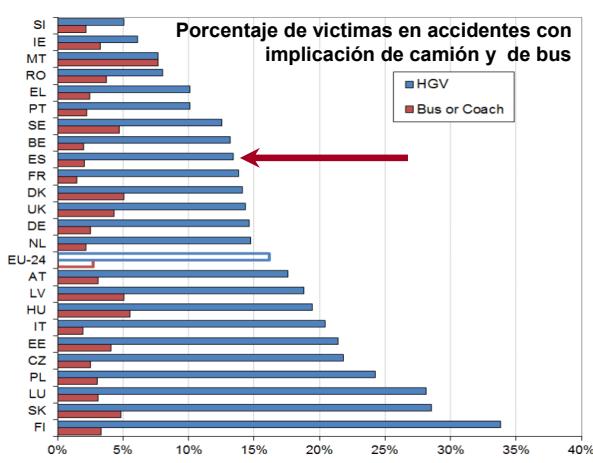
Fuente: Anuarios estadísticos de accidentes 2003-2009. DGT. Datos a 30 días.

FALLECIDOS POR MODO DE TRANSPORTE



Fuente: Anuarios estadísticos de accidentes 2003-2009. DGT. Datos a 30 días

Un estudio del INSIA ha puesto de manifiesto que el número de accidentes con implicación de autobuses y autocares, con la velocidad como factor concurrente, producidos en las carreteras españolas en los últimos cinco años, es muy reducido. Esta baja siniestralidad del autobús se atribuye principalmente a la renovación de flotas (la gran mayoría de autobuses interurbanos cuentan con tecnología de seguridad de última generación) a la continua formación de los profesionales (más desde la entrada en vigor del CAP), a la mejora de las infraestructuras y al control de tiempos de conducción y descanso <sup>(3)</sup>.



Pese a la falta de información suficiente, se han intentado deducir las causas más frecuentes a partir de los datos del *SafetyNet Accident Causation Database 2005 to 2008 /EC*: 22% de accidentes con implicación de un HGV o un bus tendrían su origen en fallos en la comprensión o diagnosis de la situación (por ejemplo, alcance por mala evaluación de la velocidad del vehículo

<sup>(1)</sup> Como orden de magnitud, en España los atentados terroristas entre los años 1968 y 2000 causaron 1.005 muertos (Atentados terroristas con resultado de víctimas mortales, Pág. 1147, Estadísticas históricas de España: siglos XIX-XX, Volumen 3, Albert Carreras y Xavier Tafunell, FUND. BBVA, 2006).

Según el último informe del ETSC sobre el [Índice de Cumplimiento de Seguridad Vial](#) (PIN), publicado en junio de 2014, España ha experimentado una reducción del 30% entre 2010 y 2013 en la cifra de muertes en carretera (desde 2006, el programa PIN evalúa todas las áreas relevantes de la seguridad vial, incluyendo comportamiento vial, infraestructura y vehículos, así como la formulación de políticas de seguridad vial en general, en los 32 países participantes y recibe el apoyo financiero del Grupo Volvo, Volvo Trucks, la Administración de Transporte de Suecia, la de Carreteras de Noruega y Toyota Motor Europe).

<sup>(2)</sup> [Traffic Safety Basic Facts 2012. Heavy Goods Vehicles and Buses](#). European Road Safety Observatory. DaCoTA - Project co-financed by the European Commission, Directorate-General for Mobility & Transport, 2012.

<sup>(3)</sup> [Estudio técnico del impacto de la velocidad en accidentes de autocares en vías interurbanas](#), INSIA (Instituto Universitario de Investigación del Automóvil), 2013.

precedente), un 12 % corresponden a perdida de visión del área de maniobra y el 35% de los casos no se ha podido vincular a causas concretas.

Por otra parte, del análisis efectuado por el fabricante *Volvo Trucks* sobre un gran número de accidentes con implicación de camiones, se concluye que <sup>(4)</sup>:

- 17% de los fallecidos o gravemente heridos en accidentes con implicación de HGV's son los conductores del vehículo pesado; en un 5% de los casos en los que se produce un accidente de este tipo, intervienen un vehículo pesado y uno ligero
- En el 60% de los casos el herido/fallecido viajaba en el ligero: entre los choques de este tipo que se producen entre vehículos pesados y ligeros en autopistas se pueden distinguir dos casos particulares:
  - Choque frontal en dirección opuesta (carriles de distinto sentido de la circulación), causado por invasión del sentido contrario.
  - Choque por alcance (parte delantera del vehículo choca contra la parte trasera del vehículo precedente), generalmente causado porque un vehículo ligero choca por detrás contra otro más lento (que constituye un "obstáculo" en la vía).

La importancia de las cifras citadas compromete a la sociedad en conjunto. Los accidentes, especialmente en autobús, suelen focalizar la repercusión social sobre los gestores del tráfico y se supone que el público espera percibir que la situación está siendo afrontada con medidas eficaces, que proporcionen "la solución". Pero, **más que una única solución, existen diferentes enfoques**.

## 2. Peligros y riesgos derivados del tráfico

Un **peligro** proviene de una causa (vehículo inseguro, contaminante...), factor (niebla, conductor somnoliento...) o situación (velocidad inadecuada, adelantamiento...) con **potencial de ocasionar daños** y se cuantifica, por ejemplo, en términos de tipo, número y velocidad de los de vehículos, aptitud, experiencia y actitud de los conductores, etc.

El **riesgo** representa el grado de exposición (bajo, medio o alto) a sufrir los potenciales daños (leves, moderados o extremos) y se evalúa en forma de **probabilidad de daños** (se puede cuantificar). Mientras que el potencial o la **posibilidad** de daños asociada a un peligro es cualitativa, el riesgo (**probabilidad** de daños) se puede reducir con medidas preventivas.

La conducción es una actividad que entraña **riesgos para los conductores y también para terceros** sin posibilidad de elección (otros usuarios de las vías, personas sometidas a la contaminación local...). Así, el riesgo (cuantificado en muertes)



<sup>(4)</sup> [European accident research and safety report 2013](#). Almqvist, Carl Johan y Heinig, Karsten. Volvo Trucks. Driving Progress, January 2013, Pag. 16 – 21.

derivado del tráfico no se reduce a los accidentes: a las muertes causadas por accidentes hay que sumar las atribuidas directamente a la **acción local de la contaminación producida por el tráfico**.

La velocidad es un factor clave del riesgo de accidente y, en todo caso, una componente del peligro del tráfico. La velocidad máxima que pueda considerarse segura en las mejores vías (autopistas y autovías) y en condiciones meteorológicas y de mantenimiento óptimas tiene poco que ver con la geometría y el diseño.

El **riesgo de accidente** depende más de una particular combinación de factores ligados al comportamiento del conductor (estado, velocidad, aptitud, etc.), a las características de los vehículos, al volumen y las condiciones del tráfico (intensidad, composición y disciplina vial), además de la carretera, las condiciones ambientales y el azar. Para una misma vía, la varianza de velocidades o la heterogeneidad en las aptitudes y el comportamiento de los conductores, por ejemplo, tiene un gran impacto en el flujo: como consecuencia, en la seguridad y el consumo.

En realidad, los accidentes no son fenómenos aislados sino que suceden **en el contexto de la movilidad**, que a su vez constituye un "**sistema complejo**" que integra una gran variedad de componentes interactuando, con interdependencias no jerarquizadas, múltiples interacciones entre ellos y diferentes estrategias de actuación (de titularidad estatal, autonómica y municipal, con diferentes responsables del transporte, de la red viaria, de la ordenación del tráfico, etc.).

Desde el s XVII se ha avanzado en el estudio de los fenómenos complejos dividiendo el todo en partes para abordarlas por separado, mediante actuaciones dirigidas a los síntomas, de forma lineal y aislada respecto al contexto global. Este enfoque (reduccionista) se basa en uno de los **4 principios metodológicos de Descartes**: dividir en tantas partes elementales como sea posible y necesario para un mejor abordaje. Pero el método cartesiano incluye otros 3 principios que tratan de **restituir los efectos de la división**.

- Verificar que las hipótesis de partida sean ciertas y que no respondan a conjeturas o prejuicios,
- Progresar ordenadamente según la secuencia natural de los hechos,
- Revisar continuamente para no omitir nada.

Si en la división cartesiana se adoptan hipótesis no comprobadas, se omiten interrelaciones entre las partes o se ignora que la actuación sobre una variable puede afectar en diferentes formas y grados a las demás, el análisis se aleja de la realidad. Por ejemplo, el riesgo de accidente vial depende de la velocidad, pero también de la cantidad de vehículos en el flujo, de su tipología, de su peligrosidad intrínseca, de la dispersión de velocidades, etc.

En cambio, considerar la interacción de múltiples factores como determinantes de las muertes causadas por el tráfico, conformando un sistema dinámico, permite actuar de forma integrada con el fin de obtener resultados eficientes y, de este modo, **minimizar los costes sociales de la movilidad**. Pero también plantea el reto de **coordinar diferentes estrategias de actuación**, en diversos niveles administrativos y titularidades, y compatibilizarlas con las implicaciones sociales y económicas que el vehículo privado tiene en la economía del país.

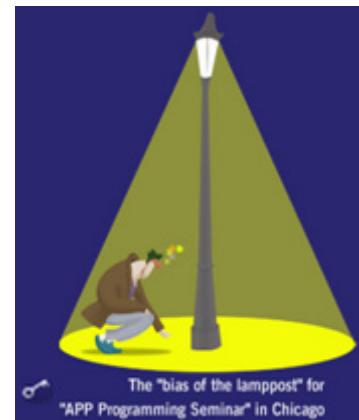
Habitualmente, las hipótesis sobre el papel de cada factor en la frecuencia y la gravedad de los accidentes se apoyan en estudios estadísticos basados en datos de siniestros viales, que **analizan los aspectos parciales que se pueden abordar con la información disponible** (que generalmente proviene de las investigaciones diligenciadas por las autoridades judiciales o las aseguradoras), fuentes con fiabilidades desconocidas y

sujetas a error, cuyo objeto principal es reparar los daños causados y determinar responsabilidades.

Normalmente, a mas velocidad, mayor gravedad, mayor probabilidad de que los siniestros se den a conocer a través de los medios de comunicación, mayor repercusión social... Sin embargo, para estudiar el papel de cada factor sería necesario conocer datos anteriores al accidente. Actualmente esto es posible mediante **grabadora de datos de evento** (EDR). Como su uso no es obligatorio, se "estiman" velocidades y otros factores que, al no reproducir fielmente los valores en el momento del accidente, reducen enormemente la fiabilidad de los estudios (<sup>5</sup>).

La falta de la información necesaria para desagregar el papel de los diversos factores, y sus interdependencias, aunque impide un análisis global, no invalida los estudios, pero los sitúa en lo que se conoce como el "**sesgo de la farola**", consistente en buscar respuestas donde sin duda hay más luz (<sup>6</sup>).

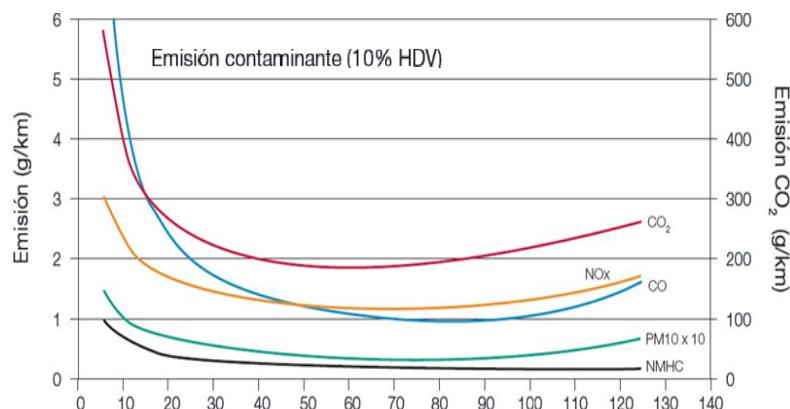
A la limitación de trabajar con unos datos relativos a accidentes ocurridos en el pasado (nada era como en la actualidad) se añade **la omisión de relaciones e interdependencias**: por ejemplo, no se considera la influencia de las condiciones inherentes al conductor profesional (al tratarse de movilidad profesional, los mecanismos de asunción de riesgo difieren), etc.



Sin conocer las causas, no se puede esperar eficacia en la prevención y resolución de los retos de seguridad vial. Por otra parte, la validez de los resultados de la investigación en el campo de la seguridad de la circulación es con frecuencia fácil de cuestionar y difícil de evaluar, porque hay que intentar interpretar datos parciales y fortuitos sin posibilidad de experimentos aleatorios. Los resultados poco convincentes y contradictorios legitiman la confianza en el sentido común y en las ideas preconcebidas (<sup>7</sup>).

### 3. Efectos del consumo de combustible

Normalmente **el consumo crece con el cuadrado de la velocidad**. Esto deja de ser cierto a baja velocidad (a menos de 35 Km. /h en el ejemplo del grafico adjunto). Resulta de multiplicar el rendimiento del motor por el par que debe suministrar. Cada motor tiene una curva característica que define el par motor, la potencia y el consumo para cada régimen de revoluciones. Los diversos tipos de motores (potencias, combustible, tamaño, cajas de cambio,...), pesos,

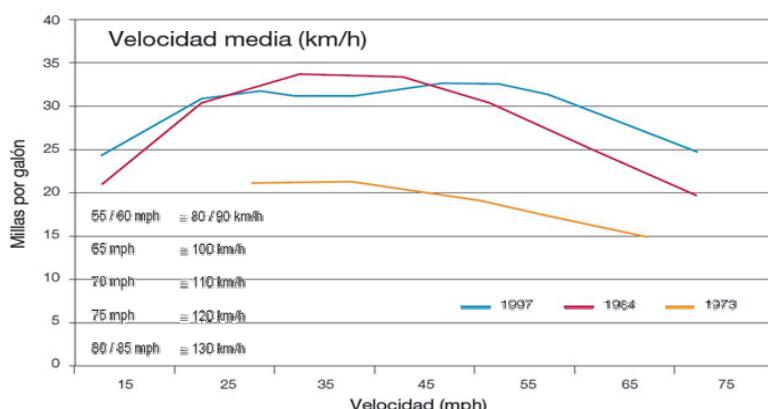


(<sup>5</sup>) [Motor Vehicle Speeds: Recommendations for Urban Sustainability](#); Ivan, John N; Jonsson, Thomas y Borsos, Attila. *Transportation Research Record*, November 2011, Pág. 4.

(<sup>6</sup>) Esta clásica historia sufí se centra en la pérdida de contacto de la investigación con la globalidad. La [figura adjunta](#) sirve aquí para ilustrar que más que buscar a la luz de la farola, se necesita una forma sistemática de abordar la complejidad del sistema de movilidad.

(<sup>7</sup>) La seguridad en las normas de trazado, parte I: tres anécdotas; Ezra Hauer, Universidad de Toronto (Canadá), Traducido por Sandro Rocci, 2001

condiciones de la vía y tipos de conducción, determinan distintas velocidades (de máxima eficiencia) para alcanzar el menor consumo (<sup>8</sup>).



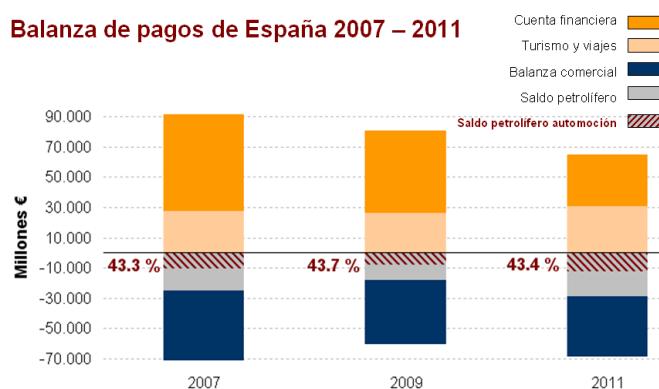
Pero, para todos los casos, a muy baja velocidad aumentan ambos términos: empeora el rendimiento del motor y aumenta el par necesario, debido a la potencia auxiliar (la que consumen los elementos auxiliares, como dirección asistida, climatización, ventilador del radiador y cualquier otra potencia a través del alternador), poco dependiente de la velocidad.

**El mayor consumo de combustible conlleva más gases de efecto invernadero** (dióxido de carbono -CO<sub>2</sub>-, metano -CH<sub>4</sub>- y óxido nitroso -N<sub>2</sub>O-), más contaminación por ruido y contaminantes locales (óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre y partículas en suspensión) y mayor dependencia del petróleo (<sup>9</sup>)

Bajo la perspectiva de país, la dependencia, el déficit que causan las importaciones y las variaciones bruscas de precio ('shocks'), implican externalidades de tres tipos:

- **Impacto en la balanza de pagos:** reequilibrio de las cuentas y balanzas individuales para compensar la salida de capital por la importación del crudo.
- **Macroeconómicas:** impacto de la demanda individual en el precio mundial, del precio en la inflación (efectos directos e indirectos) y sobre la actividad económica.
- **Geopolíticas:** alteración del orden mundial; trasferencia de poder y riqueza; pérdida de soberanía; gastos en defensa, diplomacia, conflictos, etc.

Balanza de pagos de España 2007 – 2011



Las emisiones de gases de efecto invernadero de los vehículos modernos presentan poca sensibilidad a la variación de velocidad entre 60 y 100 Km. /h. (en este rango el consumo y las emisiones contaminantes tienen los valores más bajos). Los vehículos Euro 4 de gasolina incluso llegan a tener emisiones de CO<sub>2</sub> mínimas a una velocidad de 90 Km. /h y son menores a 100 km/h que a 80 km/h. En cambio, las emisiones de este gas son muy altas a velocidades bajas. La congestión amplifica el nivel de emisiones contaminantes, lo que queda reflejado en las altas emisiones que se dan a velocidades medias bajas.

Además de contribuir al efecto invernadero, el consumo de combustible produce un efecto aún más grave, que **suma muertes a las causadas por los accidentes de circulación**: aumenta el consenso científico sobre los efectos negativos asociados a la contaminación local producida por el tráfico, especialmente a causa del **dióxido de nitrógeno y de las partículas en suspensión** de diámetro aerodinámico inferior o igual

(<sup>8</sup>) Gráfico tomado de [Blog sobre el ahorro de combustible en coches](#), Rafael Martínez, 2013

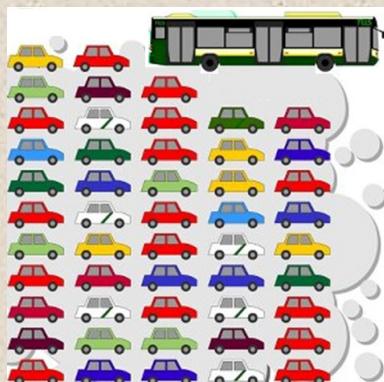
(<sup>9</sup>) La parte superior de la gráfica muestra las emisiones contaminantes como función de la velocidad, según UK Department of Transport, Reino Unido, 2005, mientras la parte inferior muestra la relación entre la velocidad media y la eficiencia del combustible, según Victoria Transport Policy Institute, Canadá (ambas tomadas de ["Estudio sobre la gestión variable de la velocidad en las vías de acceso a las áreas urbanas"](#), Instituto del Transporte y Territorio, Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras, Cambra de Comerç de Barcelona, 2009).

a los 2,5 micrómetros (100 veces más delgadas que un cabello humano), estrechamente vinculados al riesgo de accidente cerebrovascular y de cardiopatía isquémica.

Un primer intento de cuantificar el impacto conjunto indica que el total de muertes a nivel mundial por los accidentes y la contaminación causados por el tráfico supera a las ocasionadas por el sida, tuberculosis, paludismo o diabetes. Se considera que en 2010 se produjeron en España **1.848 muertes causadas directamente por la contaminación local derivada del tráfico**. Las muertes atribuidas a la contaminación del aire superan unas 5 veces las causadas por los accidentes, según el Observatorio del riesgo del Instituto de Estudios de la Seguridad y otras fuentes (<sup>10</sup>).

### Factor de equivalencia de vehículos pesados

#### 1 BUS = 50 COCHES



Como el diseño de las carreteras responde fundamentalmente a satisfacer al usuario mayoritario (el vehículo ligero), se definen los parámetros en función del coche y se adaptan para que también los vehículos pesados puedan utilizarlas. Así, se fija la capacidad (el número máximo de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar una sección de una carretera durante un periodo de tiempo dado en unas condiciones determinadas de la carretera y del tráfico) y, para tener en cuenta que los vehículos pesados tienen mayores dimensiones y diferente régimen de velocidades, se recurre a una simplificación consistente en suponer que cada vehículo pesado produce en el tráfico el mismo efecto que añadir un cierto número de vehículos ligeros. Este factor de equivalencia cobra importancia en tramos en rampa, y su valor depende de la longitud e inclinación del tramo.

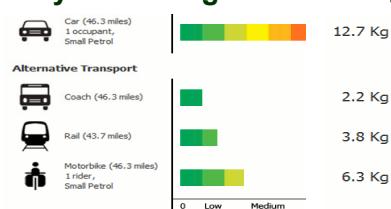
En carreteras de 2 carriles 1 camión se considera equivalente a 2 vehículos ligeros en terreno llano, 5 en ondulado y 12 en montañoso.

1 Bus	50 Coches
Emisiones	1.4 kg de CO <sub>2</sub> /km
Consumo diesel	43 litros/100 km
Espacio público	42 m <sup>2</sup>

**Transporte de 60 personas en hora punta**, Informe de la asociación de Promoción del Transporte Público, 2012.

Un autobús se considera equivalente a 1,6, 2,9 y 6,5 vehículos ligeros respectivamente. En carreteras multicarril, las equivalencias para ambos son 1,5, 3 y 6 respectivamente.

#### Trayecto Glasgow-Edimburg



El gráfico representa las emisiones de CO<sub>2</sub> para el viaje como porcentaje del peor caso (coche de gasolina grande con un ocupante). Tomado de *Frequently Asked Questions, Traffic Scotland*.

En relación con la contribución del transporte por carretera al cambio climático, aunque pueda parecer que los principales causantes son los autobuses y los camiones, los datos de emisiones corresponden a todos los vehículos que circulen sin camino de rodadura fijo y sin medios fijos de captación de energía por toda clase de vías terrestres, lo que atañe principalmente al coche (<sup>11</sup>).

Como orden de magnitud, eliminar X vehículos pesados (VP) de una carretera permitiría aumentar la capacidad equivalente de vehículos ligeros entre 2 y 6 veces el valor de X (según se trate de terreno llano u ondulado). Es decir, eliminar X autobuses o X camiones en terreno llano

(<sup>10</sup>) El [Transport for health: the global burden of disease from motorized road transport](#) (informe elaborado por Global Road Safety -World Bank- y Facility Institute for Health Metrics and Evaluation -University of Washington- 2014) considera que un 40% de las muertes debidas a la contaminación atmosférica se deben a accidente cerebrovascular, otro 40% a cardiopatía isquémica, un 11% a neumopatía obstructiva crónica, un 6% a cáncer de pulmón y un 3% a infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores en niños.

(<sup>11</sup>) En [Road Transportation Emerges as Key Driver of Warming, Goddard Institute for Space Studies, National Aeronautics and Space Administration](#), 2010, se identifica el transporte por carretera como el mayor causante del cambio climático y se considera, que la generación de energía, aún siendo responsable del mayor impacto a nivel global, también produce un gran número de compuestos que aumentan la reflexividad de las nubes y otros efectos que servirían para reducir o paliar su impacto.

deja sitio para 2X coches, X camiones pueden dejar sitio a 6X coches en terreno ondulado... Como, por otra parte, se puede considerar que en promedio **cada VP emite el CO<sub>2</sub> equivalente a 6 vehículos ligeros**, en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> esta sustitución no aporta beneficios (<sup>12</sup>).

#### 4. El tráfico en el contexto de la movilidad

En términos generales, las políticas públicas pretenden modificar problemas o situaciones que se consideran relevantes e insatisfactorias, pero actuando desde ámbitos de responsabilidad diversos, diferentes administraciones competentes, etc. Ordenar los aspectos relacionados con los conductores y los vehículos tiene muy pocos costos directos para el erario y resulta coherente con la presunción de que la falta de leyes y de suficientes sanciones son las causas de la siniestralidad vial.

Respecto a la movilidad en conjunto, los gobiernos planifican y construyen el sistema con sus propias normas y controles, lo financian con sus presupuestos etc., pero, en general, son renuentes a **examinar el papel de los componentes del sistema en la causalidad de los accidentes**. Por una parte por los costes (económicos, ambientales, políticos...) y por otra por la necesidad de autoprotección jurídica bajo el paraguas "el sistema es seguro porque se atiene a los planes y normas aprobados".

El *European Transport Safety Council* (ETSC) y otras fuentes consideran que la velocidad es la principal causa de muertes en carretera en Europa. Su **limitación genérica** es una de las medidas con menor coste, frente a otras también ligadas a la conducción, posiblemente más eficaces (respecto a la reducción de la siniestralidad), pero con mayores costes para los conductores y costes políticos. Por ejemplo, la tasa cero de alcohol y otras drogas, los sistemas de bloqueo automático en los vehículos o la revalidación periódica de las aptitudes para la conducción (con la edad disminuye la capacidad auditiva, la agudeza visual y la capacidad de captación y procesamiento de la información, circunstancias que afectan a la conducción y que no se pueden suplir con la experiencia), etc.

La Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020 de la DGT establece la movilidad como derecho de los ciudadanos y se fundamenta en 5 valores: **corresponsabilidad** (usuarios, diseñadores y gestores del sistema), sostenibilidad ambiental, capacitación de los usuarios, vías diseñadas en función de las capacidades humanas y tecnológicas y vehículos seguros. Como todos los derechos, está sometido a límites relacionados con los impactos asociados al modo de transporte y sus externalidades. Pero la movilidad sostenible, como el suministro de agua, la educación o la salud, también puede y deben proveerse y administrarse en forma racional antes que con limitaciones (<sup>13</sup>).

El enfoque de **vincular la movilidad con la mejora de la circulación vial** está profundamente arraigado en la planificación del transporte. Durante las últimas décadas, se ha favorecido la creación y ampliación de infraestructuras, porque se consideraba prioritario facilitar más tráfico, reducir la congestión, generar empleo a corto plazo en el sector de la construcción, etc.

Sin embargo, un creciente cuerpo de evidencia sugiere que esta estrategia no es sostenible ni financieramente ni desde el punto de vista de la movilidad. Aunque se sigue tratando el movimiento como un fin en sí mismo, en los últimos años se han aplicado estrategias para favorecer la eficiencia en el movimiento de personas y de mercancías, prestando mayor atención a la mejora del aprovechamiento de las vías (homogeneización de velocidades...) y

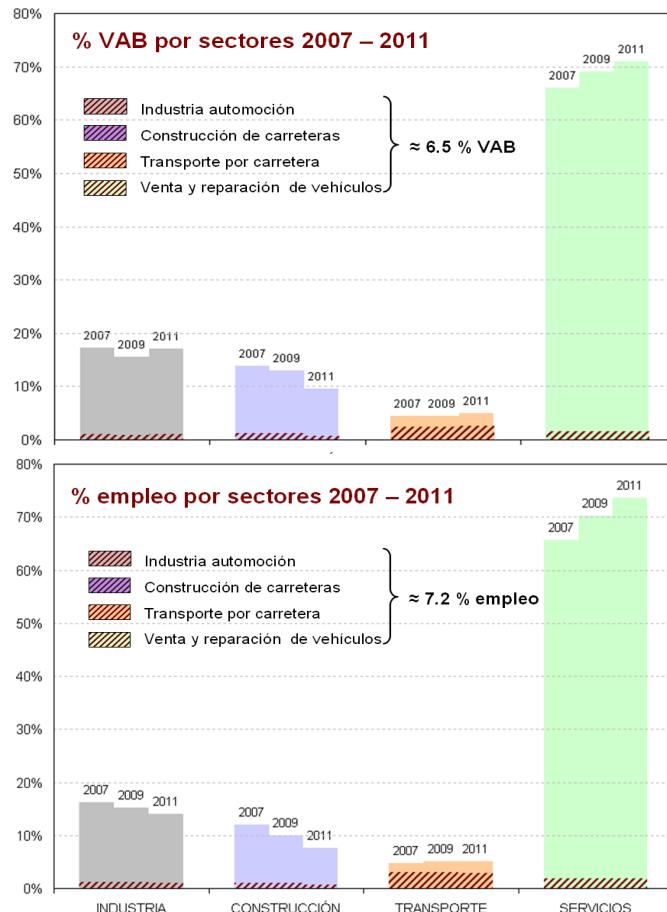
(<sup>12</sup>) [Retos del transporte por carretera](#) – Orientaciones estratégicas, Pág. 64, Fundación CETMO, 2011.

(<sup>13</sup>) [A Case for Evidence-Based Road-Safety Delivery](#), Ezra Hauer, AAA Foundation for Traffic Safety, 2007.

de la ocupación de los vehículos para **aumentar la movilidad de las personas** (viaje de personas-Km.) **sin aumentar la movilidad de los vehículos** (viaje de vh-Km.).

En la planificación del transporte está cambiando la forma de definir el problema, los tipos de soluciones que pueden ser considerados y cómo evaluar el impacto de una actuación, actividad, política o programa y su efectividad final. Pero la **determinación (política) de las prioridades** y el tipo de actuaciones en materia de movilidad condiciona el contexto en que se realiza la elección del modo de transporte, la demanda, etc. Esto tiene consecuencias directas sobre la movilidad (más o menos congestión, uso del transporte público, accidentes...) y también repercute indirectamente: en la industria y las actividades ligadas al automóvil, en el sector sanitario, en la construcción...

Con independencia de la importancia relativa de estos actores en la economía del país, este contexto también parece generar la expectativa de que un conjunto globalmente eficaz de actuaciones necesariamente debería ser neutro para todos los sectores y no provocar cambios en las áreas económicas implicadas.



Por otra parte, el que las actuaciones de coordinación y colaboración no tengan la visibilidad ni implicación presupuestaria de las obras de infraestructura no significa que su complejidad técnica y organizativa no sea extraordinaria. La **puesta en marcha de mecanismos de corresponsabilidad constituye un importante reto** y obliga a afrontar las dificultades para cambiar las rutinas y las dinámicas "problema puntual-solución puntual-nuevo problema puntual" y las previsibles inercias en las respuestas a los cambios por parte de los responsables de la gestión, los técnicos, los políticos... habida cuenta que la capacidad de análisis de cada persona puede verse condicionada por <sup>(14)</sup>:

- Los límites impuestos a su actuación, definidos por "su área temática de competencia".
- La tendencia a examinar con más énfasis aquellas alternativas que confirmen las hipótesis iniciales, a asignar mayores probabilidades según la propia subjetividad, etc.
- Sus propias percepciones y tendencias, resultantes de una serie limitada de experiencias.

## 5. Conducción y riesgo de accidente

La hipótesis de que muchas muertes se podrían haber evitado si los conductores involucrados actuado de una manera diferente, permite trasladar al conductor la responsabilidad. Pero responder al objetivo de reducir la siniestralidad vial requiere la **corresponsabilidad** de los diversos ámbitos de intervención y plantear en qué grado las

<sup>(14)</sup> [Movilidad personal y política de infraestructuras en la Comunidad Autónoma del País Vasco: aprendiendo del pasado para diseñar el futuro](#), Mikel Murga, [Ekonomiaz N° 63](#), 3er cuatrimestre 2006.

actuaciones relacionadas con la movilidad (todas ellas conjuntamente, incluidas las que permiten decidir "no conducir") contribuyen a **reducir el riesgo de muerte** (por accidente, por contaminación...) o a mejorar la gravedad de los costes externos de la movilidad.

El hecho de que sólo algunos conductores sufren accidentes en las mismas situaciones en las que el resto de conductores no tienen accidentes, ha llevado a investigar qué puede influir sobre el factor humano durante la conducción. Se han identificado tres ámbitos del comportamiento del conductor: su capacidad física para la conducción (**aptitud**), sus conocimientos (**formación y experiencia**) y sus condiciones psíquicas (**actitud**). A su vez, la actitud puede estar condicionada por factores de salud, emociones, cansancio, personalidad, expectativas en cuanto al comportamiento de los otros usuarios, etc.

Los conductores emplean los conocimientos adquiridos a priori, basados en patrones aprendidos de la respuesta para reducir la carga de información que deben procesar. En la imagen anticipada que el conductor tiene de la carretera influye, por una parte, la experiencia inmediata de lo que ha encontrado en los tramos que acaba de recorrer y, por otra, la experiencia acumulada en viajes anteriores, respecto a lo que es habitual encontrar en itinerarios de características parecidas a aquél por el que circula. Esto crea unas expectativas inconscientes del conductor con respecto a lo que va a encontrar. Las investigaciones realizadas sobre el efecto del trazado en la seguridad de la circulación coinciden en señalar la importancia de **respetar las expectativas del conductor**.

Para que los límites de velocidad resulten una forma eficaz de conseguir velocidades adecuadas, han de **ser creíbles** en función de las características de la vía y su entorno. Si el conductor percibe que se le fuerza a conducir a una velocidad inferior a la que considera adecuada (porque no la percibe acorde con el trazado de la vía y las condiciones del entorno), no modificará su actitud. Así pues, si no se modifica el diseño, la limitación de la velocidad ha de ir acompañada de medidas que aumenten **el riesgo percibido** (control de velocidad, vigilancia, advertencia del peligro...). En caso contrario, los conductores básicamente se atienden a su percepción de la vía, del tráfico y del entorno <sup>(15)</sup>.

La investigación ha demostrado que, en vez de atenerse a los límites legales, los conductores tienden a seleccionar una velocidad que consideran segura en función de su percepción del entorno inmediato (el diseño de la carretera, la orografía, el tráfico, la presencia de peatones...). Un cambio en el límite legal apenas influye en este comportamiento. Para conseguir esa influencia, el tradicional enfoque coactivo necesita un aumento muy significativo de su intensidad y sus resultados tienen un alcance y una duración relativamente cortos <sup>(16)</sup>.

La velocidad escogida por un conductor depende de diversos factores. Las características de la vía (anchura, pendiente, alineación, diseño...) y la coherencia entre ellas determinan lo que es físicamente posible para un vehículo y condicionan la percepción del conductor sobre "la velocidad que resulta apropiada" en un tramo concreto, en función del contexto (clima, características del vehículo, estado de mantenimiento de la carretera...) y factores personales (edad del conductor, género, actitud y los riesgos percibidos respecto al cumplimiento de la ley o de un accidente...). A su vez, conducir con exceso de velocidad

<sup>(15)</sup> El grado de cumplimiento se divide por 2 por cada 900 m recorridos a partir del control de velocidad ([Speed enforcement and speed choice](#), Hauer, E., Ahlin, F., University of Toronto, Ottawa, Ontario, 1979).

<sup>(16)</sup> Una revisión general de los conocimientos actuales sobre la relación entre la velocidad y la seguridad vial puede consultarse en "[Estado actual de conocimientos sobre la relación entre velocidad y seguridad vial. Evolución de velocidades de circulación en España](#)", Observatorio Nacional de Seguridad Vial, nº 26, DGT, Segundo trimestre 2011. El informe concluye que "resulta plausible suponer que la importante reducción de la accidentalidad en España en los últimos años se debe en buena parte a la disminución de la velocidad real en la red interurbana".

es un comportamiento de riesgo que a menudo se asocia con otros comportamientos de asunción de riesgos (<sup>17</sup>).

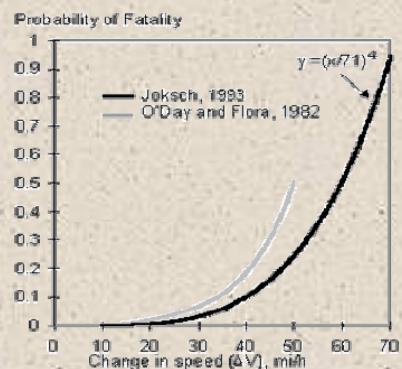


### Velocidad y gravedad de las consecuencias de una colisión

La creencia de que la siniestralidad es consecuencia de la velocidad se apoya en diversos estudios, aunque resulta muy difícil aislar el efecto de una variable concreta. Lo que parece fuera de dudas es que la velocidad contribuye a **la gravedad de las consecuencias de una colisión** y que la homogeneización de las velocidades es un factor primordial para seguridad.

En realidad, la velocidad constituye una condición necesaria para el choque y determina, en parte, su gravedad: a menos velocidad,

- más tiempo para reconocer los peligros,
- menor distancia recorrida,
- menos fuerza de impacto y menor probabilidad de daños graves,
- más posibilidades de que otros conductores anticipen velocidades y tiempos y más oportunidades para evitar la colisión.



En un accidente, la relación entre la velocidad de impacto y la gravedad del choque es inequívoca y está basada en las leyes de la física. La energía cinética de un vehículo aislado y en movimiento es una función de su masa y de la variación de la velocidad al cuadrado. La energía cinética en la colisión se disipa por fricción, calor y deformación. En general, a mayor velocidad, más energía disipada en una colisión y más probabilidad de daños y mayor gravedad de las lesiones.

La relación entre la variación de la velocidad en un choque y el riesgo de muerte se estableció experimentalmente: comienza a aumentar a partir de 30 mph (48 Km/h) y crece con la cuarta potencia a partir de 70 mph (112 Km/h). La curva de riesgo de mortalidad elaborada 10 años después se desplazó a la derecha, presumiblemente a consecuencia de las mejoras en la seguridad intrínseca de los vehículos: la resistencia a los choques, el uso del cinturón de seguridad y la mayor rapidez en la atención médica de emergencia.

Tradicionalmente, se ha considerado que los accidentes que suceden en un determinado tramo de carretera son independientes de las características del resto de la red. Esto ha sido cuestionado por algunos psicólogos, que consideran que **el conductor adapta su conducta** a los cambios que suceden en el entorno (cuando percibe un cambio en el grado de riesgo en un determinado punto, cambia su conducta tratando de compensar esta variación del riesgo).

Cada tramo de carretera presenta un cierto riesgo objetivo (grado de exposición a sufrir un daño o unas potenciales pérdidas): en una curva cerrada, por ejemplo, hay mayor riesgo porque es intrínsecamente más peligrosa que un tramo recto. Pero la percepción (subjetiva) del riesgo asociado a un determinado elemento de la vía depende de cada conductor y de sus condiciones particulares en el momento de circular por él.

Cuando el riesgo percibido es una estimación correcta o una sobreestimación del **riesgo objetivo**, los accidentes son escasos. También se conoce que las personas adaptan sus conductas (hasta cierto punto) para que su riesgo subjetivo se mantenga en un nivel (riesgo tolerado por la persona) que maximiza el beneficio global esperado de una actividad.

A este respecto, la seguridad vial puede aportar dos tipos de medidas:

(<sup>17</sup>) Gráfico tomado de [Synthesis of Safety Research Related to Speed and Speed Management](#), United States Department of Transportation - Federal Highway Administration, Publication Number FHWA-RD-98-154, 1998.

- Medidas para **disminuir el riesgo objetivo**: reducción del número de vehículos en circulación (priorizando los viajes con mayor valor añadido...), mejoras en infraestructuras, adecuación de la velocidad de circulación, homogeneización de velocidades y tamaños en el flujo, legislación sobre equipamiento de seguridad en los vehículos, mayor control del comportamiento de los conductores, etc.
- Medidas para **aumentar el riesgo percibido**: adecuación de la señalización y del entorno vial, control de la disciplina vial (uso de carriles...) y de la capacitación de los conductores, información y gestión, etc.

Las carreteras deberían reflejar las funciones para las que han sido concebidas, facilitar la percepción de las situaciones de riesgo y orientar de modo claro al conductor sobre cuál es la velocidad adecuada para esa vía, teniendo en cuenta las condiciones locales existentes (límites específicos, resultantes de estudios técnicos y auditorias de seguridad vial en tramos concretos), con objeto de reducir posibles errores humanos en el proceso de conducción. Su diseño debería evitar las situaciones en las que el conductor pueda experimentar una carga de trabajo que resulte insuficiente (puede dar lugar a faltas de atención, sea por somnolencia, cansancio... pero sin evento que capte la atención) o excesiva (puede distraer la atención).

Como tanto la elección de quienes pueden escoger opciones alternativas a la conducción como el comportamiento de quienes conducen están condicionados por su percepción subjetiva del riesgo en cada circunstancia, no siempre menor “peligrosidad vial” implica menos riesgo derivado del tráfico (puede, incluso, inducir un cambio modal). Como no es posible garantizar el control de la aptitud, actitud y estado de cada conductor, el transporte público en autobús reduce este factor de peligrosidad mediante la adecuada selección y capacitación del conductor, lo que junto con los controles operativos y el mayor equipamiento de seguridad en los vehículos contribuye significativamente a reducir el riesgo.

Pero el transporte público deja de ser una alternativa cuando las expectativas sobre el tiempo necesario para un desplazamiento, como orden de magnitud promedio, superan más del 50% el que se requeriría en vehículo privado. En consecuencia, además de investigar si en un accidente se ha excedido la velocidad adecuada, deberíamos averiguar si se disponía de la **posibilidad de elegir una opción de movilidad más segura y sostenible**.

## 6. Vehículos y control de la velocidad

La planificación y gestión de la movilidad, los avances tecnológicos en los vehículos y en el diseño de la vía puede reducir la frecuencia del error humano, el riesgo de que un error termine en un accidente y la gravedad de los accidentes causados por el mismo (18).

La potencia de los motores y la velocidad máxima que pueden alcanzar los vehículos han ido aumentando con el tiempo y existen opiniones favorables a su limitación, pero se argumenta que el impacto de esta medida se limitaría a autopistas y autovías, que son las vías con menor siniestralidad. Por otra parte, la potencia máxima también influye en otras características operativas del vehículo como la aceleración, la capacidad de circulación con carga o remolque, la adaptación de la velocidad en el ascenso de rampas, etc. (19).

Las características de seguridad intrínseca de las diferentes categorías de vehículos (y de cada vehículo en cada categoría) son muy dispares. Las de algunos autobuses o camiones pueden, incluso mejorar las de muchos vehículos ligeros en algunos aspectos: los fabricantes

(18) [La seguridad en las normas de trazado, parte II: la escisión, las raíces y la reforma](#); Ezra Hauer, Universidad de Toronto (Canadá), traducido por Sandro Roccia, publicado en la Revista Rutas, 2001.

(19) [Estudio sobre la gestión variable de la velocidad en las vías de acceso a las áreas urbanas](#), elaborado por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras, Instituto del Transporte y Territorio para la Cambra Oficial de Comerç, Indústria i Navegació de Barcelona, 2009.

de autobuses suelen mostrar rapidez en incorporar los avances tecnológicos para mejorar la seguridad de los vehículos.

Por otra parte, como la energía de choque de los vehículos pesados a mayor velocidad entraña mayor peligro, la normativa de seguridad presta especial atención a que los vehículos pesados no superen las velocidades máximas (limitación de velocidad mediante tacógrafo, para no superar la resistencia de las barreras de seguridad y pilares de puentes frente a impactos, por ejemplo), a la gestión del estado de alerta e indisposición de sus conductores (normativa de tiempos de descanso, aunque ésta tiene su origen en la necesidad de armonizar las legislaciones sociales nacionales y su contribución a la seguridad es una consecuencia), etc.

La industria automovilística también ha progresado en los elementos de seguridad y protección de los ocupantes y en los sistemas de gestión de la velocidad. Las aplicaciones para la asistencia a los conductores y las tecnologías de control son dos de las mayores áreas relacionadas con la velocidad actualmente en investigación y desarrollo. En las vías, la señalización variable puede mostrar mensajes adecuados para las condiciones de la carretera en cada momento. Sin embargo, los límites de velocidad también pueden mostrarse en el vehículo por medio de la comunicación infraestructura-vehículo o de los sistemas GPS.

Puede hacerse una distinción entre las tecnologías de asistencia al conductor en materia de velocidad y las tecnologías para el control de la velocidad en los vehículos. Sistemas de **adaptación inteligente de la velocidad (ISA)** es el nombre genérico que designa los distintos sistemas en los que el vehículo "conoce" el límite de velocidad y es capaz de usar esta información para advertir al conductor o limitar la velocidad máxima. Pueden dividirse en dos categorías principales: **ISA informativo** (tecnologías que alerta al conductor de que se ha superado un límite de velocidad, que se ha obtenido de un enlace telemático o de una base de datos georeferenciada) e **ISA de apoyo** (tecnologías de control de la velocidad del vehículo, que pueden intervenir controlando el combustible y/o actuando directamente sobre los frenos).

Las pruebas de campo realizadas indican que es **técnicamente posible** lograr grandes avances en el cumplimiento de los límites de velocidad y los modelos indican que esto resultaría en una reducción significativa del número y la gravedad de las colisiones. Se ha demostrado que el sistema ISA más eficaz es el pedal acelerador activo, aunque los usuarios juzgan más aceptable el sistema de señales auditivas.

El diseño de los vehículos permite incorporar tecnologías para adecuar la conducción a la vía y evitar la falta de atención al adoptar la velocidad adecuada. Otra tecnología disponible, la **grabadora de datos de evento (EDR)**, recoge parámetros del vehículo para almacenarlos en caso de accidente o suceso, lo que mejoraría el conocimiento del papel de cada factor (datos de velocidad, aceleración, uso del freno, el despliegue del airbag, etc., justo antes, durante y después de un accidente, que se pueden usar con propósitos técnicos y legales).

En flotas de vehículos comerciales, especialmente en Norteamérica, se utilizan ampliamente sistemas de caja negra más sofisticados que transmiten datos del funcionamiento del vehículo, incluyendo la velocidad, a los centros de gestión de la flota. Existen proyectos piloto que muestran que **los usuarios conducen de modo más seguro** porque saben que los datos pueden ser grabados por sus jefes o por la policía, lo que genera un cierto grado de autocontrol.

Pero se sigue confiando una buena parte de la seguridad en unos límites genéricos de velocidad máxima y en responsabilizar al conductor sobre su decisión acerca de la velocidad más adecuada en un tramo y momento determinado. Mientras, paradójicamente, Google ya está probando un vehículo capaz de desplazarse sin intervención del conductor.

## B. Impacto del diferencial de velocidad

### 7. Necesidad de establecer la causalidad



#### ¿Accidente o siniestro?

Un accidente es **un suceso eventual** o situación que el ser humano no puede controlar, **que ocurre por causalidad** o por azar (en circunstancias que no se pueden prever ni evitar) y que produce daño a las personas o las cosas. Por ejemplo, un reventón, una caída de piedras desde un talud contiguo....

En el ámbito de la prevención de riesgos no se considera adecuado llamar accidente a las consecuencias de que alguien conduzca sin la debida formación o responsabilidad o del mal estado de una vía. Por contra, si el suceso **deriva de una causa evitable**, **se produce por causalidad**, se considera más adecuado llamarlo siniestro vial.

En el ámbito de los seguros, el siniestro es la concreción del riesgo cubierto y el nacimiento de la prestación para indemnizar por los daños causados. Pese a que pocos siniestros pueden considerarse fortuitos, en seguridad vial las muertes o daños producidos por un choque **se denominan legalmente accidentes** (\*).

Pero al utilizar esta acepción socio-cultural, se engloba como accidentes tanto los sucesos resultantes de la causalidad como los de la causalidad, se concentra el foco en las consecuencias más que en sus causas, se diluye la toma de conciencia de los factores determinantes y se fomenta la indulgencia de la sociedad para considerar los resultados como una suerte de consecuencia, casi, inevitable del tráfico.

(\*) [Orden de 18 de febrero de 1993 por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación.](#)

Compatibilizar los riesgos de la libre circulación con los derechos de los demás, requiere **identificar las figuras de perjudicado y responsable** en cualquier siniestro y determinar la particular combinación de factores secuenciales que lo hayan causado. En el ámbito específico judicial, en el que las palabras tienen un significado preciso, sustentado en bases históricas y jurídicas, la **causalidad** es uno de los elementos necesarios para hacer nacer la responsabilidad civil y admite dos puntos de vista:

- **Físico o material:** relación de los hechos con otros hechos antecedentes o consecuentes, para establecer empíricamente el desencadenante.
- **Jurídico y legal:** la responsabilidad civil (es decir, la obligación de indemnizar a otros por los daños causados) recae en el conductor si ha contravenido la norma, por ejemplo si circulaba con **exceso de velocidad** (por encima del límite máximo establecido para cada tipo de vía o tramo específico) inmediatamente antes de un accidente. Pero si el conductor circulaba con una **velocidad excesiva** (demasiado deprisa para las condiciones existentes), se invierte la carga de la prueba y son los eventuales damnificados los que tienen que demostrar la causalidad.

El diseño de las carreteras se fundamenta en que el cumplimiento de unas normas de trazado garantiza la seguridad. Abogados y jueces dan por sentado que las carreteras que se atienden a esas normas son adecuadamente seguras, aunque no son ni seguras, ni inseguras, ni adecuadamente seguras: pese a las convicciones y dogmas, su peligrosidad es imprevista. La seguridad de la circulación es siempre una cuestión de grado: entre dos proyectos alternativos de carretera que sirven al mismo tráfico, el más seguro es el que tenga menos frecuencia de accidentes y de menor gravedad <sup>(20)</sup>.

<sup>(20)</sup> [Dos mitos dañinos y una tesis, Ezra Hauer](#), Profesor Emérito Universidad de Toronto.

Los profesionales de la Justicia tienden a juzgar la adecuación de un diseño refiriéndose a lo que constituye una práctica profesional aceptada, con fronteras nítidas entre lo que es aceptable y lo que no corresponde a los valores normalizados: la responsabilidad legal o moral de los proyectistas es más fácilmente defendible si el diseño se ajusta a las normas (la anchura de un arcén, el tipo de señalización, etc.).

Atenerse a una “**seguridad nominal**” permite determinar, sin ambigüedades, si una carretera o un diseño son nominalmente seguros (“se ajustan a las normas aprobadas”), más que determinar si eran suficientemente adecuados en el momento de producirse el accidente. En cambio, el “buen juicio técnico” al valorar costes y efectos en el diseño vial es un argumento flojo ante un tribunal. Más aún, en puntos o tramos que se consideran delicados, los técnicos pueden establecer límites específicos de velocidad anormalmente bajos para eludir posibles responsabilidades jurídicas y atribuir la culpabilidad de los eventuales accidentes a los infractores.

Fijar una velocidad límite, legalizarla, reglamentarla y señalizarla no hace la circulación absolutamente segura, sino que establece el umbral de riesgo a ella asociado que se considera socialmente aceptable. Si el derecho a la movilidad viene acompañado de la obligación de hacerla sostenible, los límites de velocidad deberían ser el resultado de un adecuado balance entre seguridad, movilidad, incidencia ambiental y dependencia energética. Este **balance admite diferentes puntos de vista**: el de la minimización de daños, el del conductor, el del proyectista (seguridad nominal), el de la optimización económica, el de la optimización social, etc.

## 8. Límites genéricos de velocidad máxima

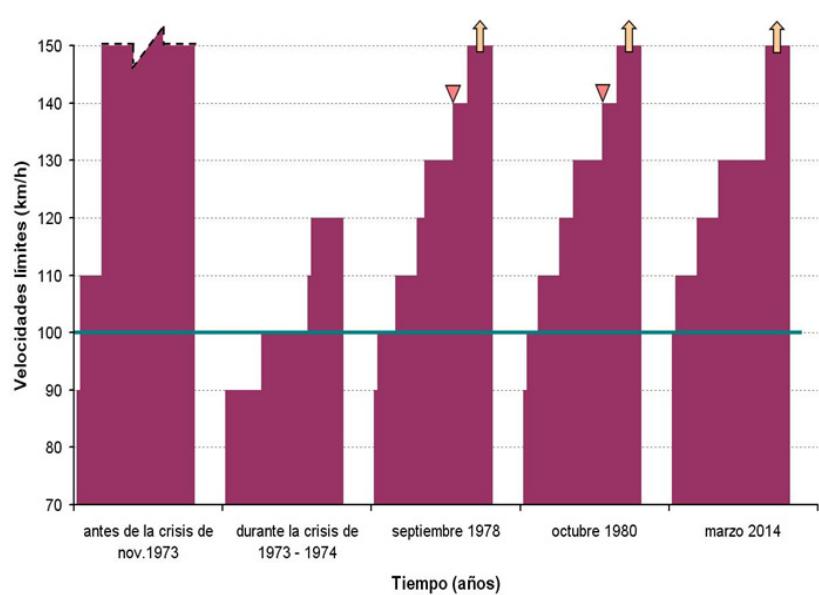
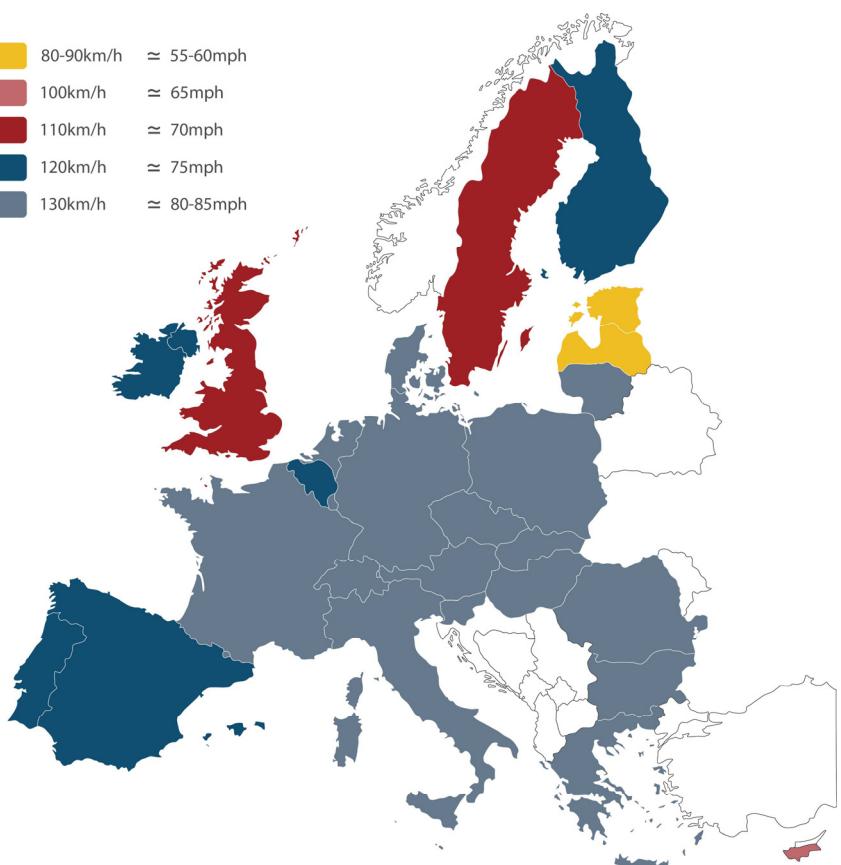
En España se ha establecido un límite genérico de velocidad máxima que, aunque depende del entorno (urbano o interurbano) y de la clase de la carretera, no considera explícitamente ni las circunstancias ambientales (no es lo mismo, a efectos de la seguridad, la noche que el día, si hay niebla, nieve, hielo, etc.), ni las prestaciones de los vehículos, ni las características del diseño de las carreteras.

En este límite de velocidad máxima tampoco importa el tipo de conductor, sus circunstancias, su capacitación o su historial: no depende de si se trata de un conductor profesional o de un conductor esporádico, ni de su edad o estado de salud (puede conducir aunque padezca un trastorno por déficit de atención con hiperactividad...), ni de si ha estado involucrado en accidentes o infracciones de tráfico, etc.

Para tener en cuenta las diferencias en sus prestaciones, los vehículos sólo se clasifican en diversas categorías técnico-administrativas fácilmente reconocibles a simple vista, pero no interviene el estado y antigüedad del vehículo, peligrosidad... Dentro de la categoría más numerosa (la de los turismos) tampoco se hacen distinciones en función de la potencia (de la que deriva la velocidad máxima alcanzable por el vehículo) ni de la capacidad de frenado (por ejemplo, la presencia del sistema ABS), que son parámetros muy relevantes para la seguridad y que tienen un rango muy amplio de variación. De forma similar, se distingue entre autopistas, autovías y carreteras, sin considerar su velocidad de proyecto, características de visibilidad y acuerdos, anchura de arcenes y carriles, tipo y estado del pavimento, etc. Como consecuencia, en condiciones óptimas de tráfico y vía, la velocidad límite genérico puede ser inferior a la adecuada.

Los camiones y autobuses cuentan con **limitadores de su velocidad máxima** (RSL). La obligación de incorporarlos está dirigida a impedir los excesos de velocidad inducidos por la necesidad de las empresas de transporte terrestre de acortar los tiempos de viaje. Como consecuencia, se han observado mejoras en el consumo de combustible y la emisión de gases contaminantes, aunque también tiene algunos efectos negativos: la imposición de una velocidad menor les convierte en obstáculo a rebasar, situación que se agrava en pendientes, donde su mayor peso y resistencia aerodinámica restringen mucho su capacidad de aceleración.

80-90km/h	$\approx 55-60\text{mph}$
100km/h	$\approx 65\text{mph}$
110km/h	$\approx 70\text{mph}$
120km/h	$\approx 75\text{mph}$
130km/h	$\approx 80-85\text{mph}$



**Japón**  
**UE 15 + Suiza (ponderados por el PIB)**  
 (UE 15 = Austria, Bélgica, Francia, Dinamarca, Francia, Alemania, España, Grecia, Italia, Luxemburgo, Países Bajos, Noruega, España, Suecia, Reino Unido)  
**Alemania:** no tiene límite de obligatorio cumplimiento; únicamente se disponen recomendaciones de velocidad  
**Italia:** se permite alcanzar velocidades mayores (150 km/h) para determinados motores  
 Fuente: Gestión de Velocidad, OECD - Conferencia Europea de Ministros de Transporte (ECMT 2006) >> <http://www.internationaltransportforum.org/Pub/pdf/06SpeedES.pdf>

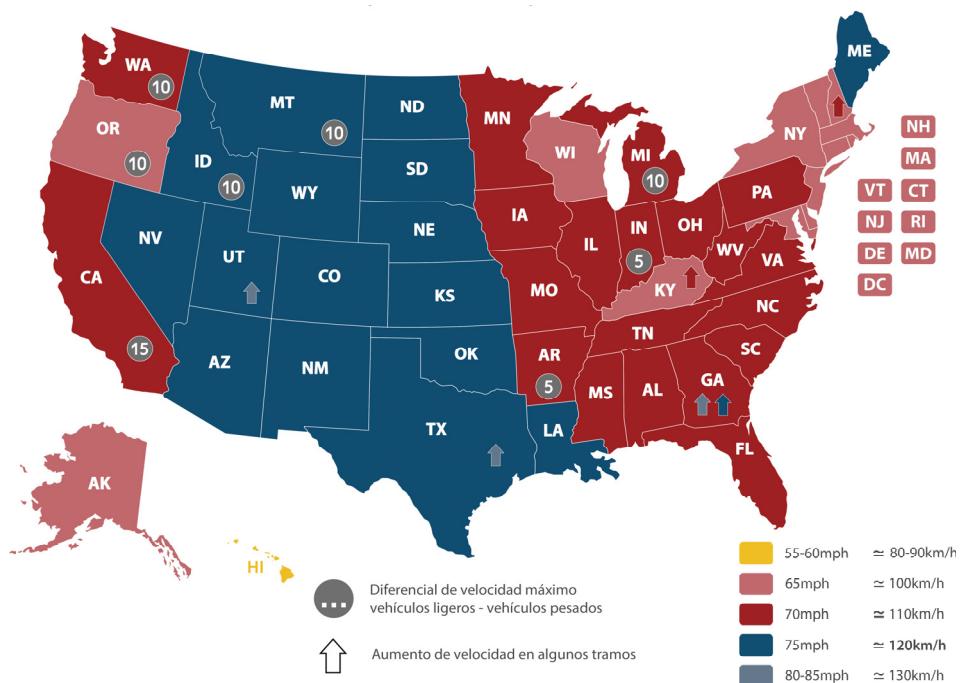
Hasta la nueva Ley de Tráfico, en España los autobuses tenían impuesto un límite de velocidad de 100 Km. /h en autopistas y autovías y de 90 Km. /h en las carreteras principales (arcén pavimentado mayor o igual a 1,5 metros o más de un carril para alguno de los sentidos de circulación). Los límites para camiones y vehículos articulados eran de 90 km/h en autopistas y autovías y de 80 km/h en las carreteras principales.

Mientras la velocidad real máxima de los camiones y autobuses está limitada por tacógrafo, la de los vehículos ligeros no lo está y se ha comprobado (mediciones de velocidad en flujo libre) que **a más velocidad límite mayor velocidad real (vehículos ligeros)** y mayor

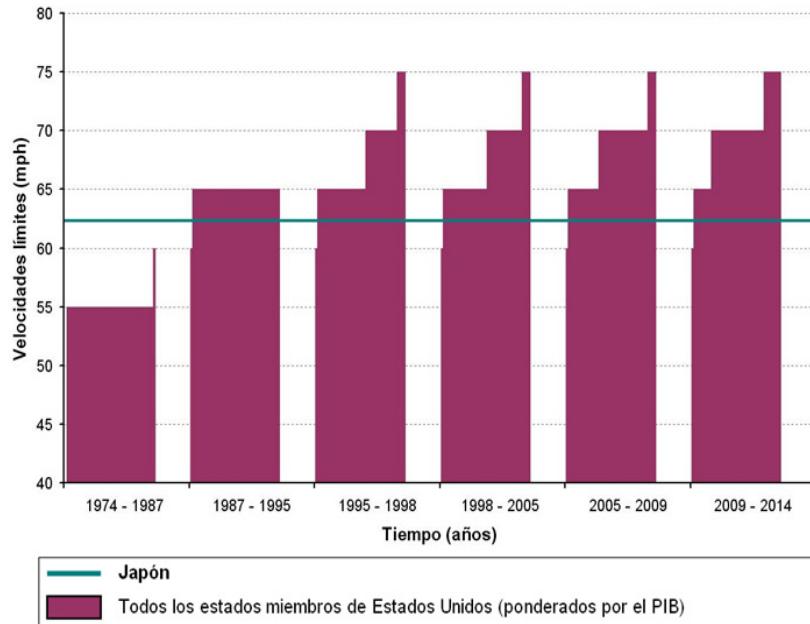
dispersión de velocidades (más diferencial de velocidad real respecto a los vehículos pesados).

Todos los estados de la UE (excepto Alemania) imponen límites máximos de velocidad: en las mejores condiciones posibles (tramos viales cuyo diseño lo permita y meteorología no adversa), para vehículos ligeros se autorizan velocidades máximas **entre 110 y 130 Km. /h.**

España, coincidiendo con la primera crisis del petróleo en 1974, estableció la velocidad máxima de 130 Km./h.



En 1976, con la segunda crisis del petróleo, la velocidad máxima permitida pasó a ser de 100 Km/h y, finalmente, en 1981 se estableció el límite de 120 Km/h (en 2011, durante unos meses, se redujo a 110).



Estos máximos, en los años 70 coincidían con las velocidades máximas que eran capaces de desarrollar los turismos usuales (hasta 130 km/h el SIMCA 1000 y el Renault 6, hasta 150 el SEAT 124D, etc.). Por contra, excluyendo los eléctricos, el turismo más lento a la venta hoy día supera los 130 km/h y la mayoría superan los 180 sin exceso de vibraciones o ruido.

En el resto de Europa los límites también han seguido una evolución ligada a la dependencia del petróleo.

Salvo excepciones puntuales, se adopta la máxima de 130 km/h como compromiso entre la seguridad vial y las necesidades de movilidad.

En cambio, mientras algunas voces reclaman aumentar los límites para mejorar la competitividad, **Japón ha mantenido su límite máximo históricamente estable (100 km/h).**

Hasta 1973, en EE.UU. cada estado decidía si establecía límites de velocidad. Con la llegada de la crisis del petróleo (1973), se estableció un límite máximo federal de 55 mph (unos 80 km/h), igual para camiones y automóviles.

En 1987 se abolió el límite federal y los estados recuperaron competencia para fijar límites de velocidad.

Para facilitar el análisis, en el gráfico adjunto se usan colores equivalentes a los límites máximos en Europa: en el territorio continental de EE.UU. los límites actuales **oscilan entre 65 mph (unos 100 km/h) y 75 mph (unos 120 km/h)**, sólo superados en algunos tramos concretos.

## Comparación de PIB y número de habitantes entre territorios

¿Por qué analizar el estado de la cuestión en EE.UU. Por una parte, la disponibilidad de información fácilmente accesible nos permite conocer los datos, los resultados de análisis y estudios diversos sobre el tema. Por otra, su gran diversidad territorial, de PIB y de población permite aprender de experiencias exportables a nuestro entorno.

Comparar el PIB (el valor monetario de todos los bienes y servicios que produce un país o una economía a precios corrientes) da una idea aproximada del tamaño de su economía y comparar los datos demográficos puede **ayudar a valorar los retos de la planificación**, tanto de infraestructuras como de servicios en ámbitos territoriales de diferentes magnitudes.

Territorio	PIBMill.€	Habitantes	Territorio	PIBMill.€	Habitantes	Territorio	PIBMill.€	Habitantes
California	1.623.584	38.053.956	Wisconsin	196.178	5.726.986	New Mexico	58.916	2.082.224
Italia	1.565.916	60.821.000	Tennessee	195.320	6.446.105	Galicia	56.376	2.761.730
Texas	1.137.976	25.901.361	Grecia	193.749	11.290.067	Castilla y León	55.021	2.517.157
España	1.049.525	46.163.000	Finlandia	192.541	5.401.267	Hawaii	53.766	1.400.301
New York	902.468	19.465.197	Missouri	192.511	5.988.927	West Virginia	51.971	1.882.994
Holanda	599.338	16.730.348	Madrid	188.255	6.409.216	Delaware	48.928	947.934
Florida	588.379	19.057.542	Connecticut	182.132	3.580.709	New Hampshire	48.069	1.318.194
Illinois	502.698	12.869.257	Louisiana	166.681	4.673.372	Luxemburgo	44.426	524.853
Suiza	490.424	7.954.662	Portugal	165.247	10.542.000	Croacia	43.904	4.398.150
Pennsylvania	449.166	12.902.379	Irlanda	163.938	4.582.769	Idaho	42.763	1.607.582
Suecia	409.221	9.540.000	República Checa	152.311	10.505.445	Maine	41.514	1.401.361
Noruega	388.866	5.038.000	Andalucía	140.757	8.394.209	Canarias	41.503	2.105.851
New Jersey	387.831	8.821.155	Alabama	136.092	4.800.736	Bulgaria	39.668	7.254.000
Polonia	381.213	38.896.000	Oregon	131.800	3.851.074	Rhode Island	38.627	1.060.567
Ohio	377.218	11.736.504	Rumanía	131.747	21.355.849	Castilla-LaMancha	36.163	2.094.957
Bélgica	376.229	11.095.000	South Carolina	128.211	4.825.364	Alaska	35.584	740.231
Virginia	333.753	8.101.024	Kentucky	125.948	4.369.356	Eslovenia	35.466	2.055.496
North Carolina	317.912	9.656.401	Oklahoma	125.245	3.821.351	Aragón	33.506	1.338.495
Georgia	314.557	9.792.653	Iowa	114.867	3.246.355	Lituania	32.864	3.007.758
Austria	307.004	8.466.000	Kansas	100.274	2.963.118	South Dakota	31.136	900.020
Massachusetts	294.736	6.601.629	Comunidad Valenciana	100.047	4.988.464	Serbia	29.932	7.241.295
Michigan	290.600	9.876.187	Nevada	99.494	2.723.322	Wyoming	29.809	600.626
Washington	273.979	6.830.038	Hungría	97.674	9.957.731	Montana	29.029	998.199
Dinamarca	245.037	5.580.516	Utah	91.222	2.863.885	Murcia	27.363	1.459.671
Maryland	234.103	5.873.552	Arkansas	82.560	2.937.979	Islas Baleares	26.767	1.110.399
Indiana	208.820	6.589.802	District of Columbia	81.702	632.323	North Dakota	26.063	682.591
Minnesota	208.430	5.403.925	Mississippi	77.176	3.009.297	Letonia	23.546	2.042.000
Arizona	203.904	6.694.017	Eslovaquia	71.463	5.439.000	Asturias	22.071	1.067.457
Colorado	202.655	5.229.196	Nebraska	69.919	1.842.641	Vermont	20.601	685.741
Cataluña	198.633	7.465.619	Pais Vasco	65.261	2.174.474	Navarra	18.126	638.390

Por ejemplo, por el tamaño de su economía y población, Vermont es similar a Navarra, Nebraska lo es al País Vasco, New México lo es a Galicia y Castilla-León. Missouri es similar a Madrid o a Finlandia. Arizona, Colorado, Wisconsin y Tennessee tienen PIB similar al de Cataluña, pero menos población.

En otra escala de tamaño, el PIB de California equivale al de Italia, pero 2/3 de población; el de Texas o New York equivale al de España, pero 1/2 de población; mientras que Florida es similar a Holanda en PIB y población, Ohio a Bélgica, North Carolina y Georgia son similares a Austria y Washington a Dinamarca.

## 9. Diferenciales de velocidad máxima en Europa y EE.UU.

Pese a que la revisión de las investigaciones disponibles no aporta pruebas concluyentes para apoyar el uso de diferenciales genéricos del límite de velocidad entre vehículos ligeros y pesados, muchos países los aplican (**entre 0 y 60 Km/h de diferencia de velocidad** entre tipos de vehículos en Europa), argumentando que favorece la reducción de la gravedad de posibles accidentes, pero sin unanimidad de criterio ni evidencias científicas que los avalen.

En Estados Unidos, hasta 1973, cada estado tenía sus propios límites máximos de velocidad. En enero de 1974, entró en vigor la ley *Emergency Highway Conservation Act*, que establecía un límite de velocidad de 55 mph uniforme para toda clase de vehículos en todas las carreteras de todos los estados. La implantación de la ley tuvo un efecto inmediato: en 1974 las velocidades en las autopistas rurales pasaron de 67 mph para los conductores de vehículos ligeros y 60 mph para los de vehículos pesados a 58 y 56 mph respectivamente.

El efecto más notable de esta reducción del diferencial de velocidades fue la disminución de las colisiones por alcance trasero (<sup>21</sup>):

- 5% de reducción del CSRT ('car-struck-in rear-by-truck': camión alcanza al coche);
- 34% de reducción del TSRC ('truck-struck-in rear-by-car': coche alcanza a camión), choque que inicialmente tenía una probabilidad de ocurrencia mucho mayor;
- 19% de reducción del CSRC ('car-struck-in rear-by-car': coche alcanza a coche), debida a la reducción de coches obstaculizados por vehículos lentos.

La conclusión global de estos datos es que la existencia de límites de velocidad diferenciales entre vehículos ligeros y pesados no mejora la seguridad respecto a los límites de velocidad uniforme. Por otra parte, los análisis presuponen un uso racional del espacio vial, uso del carril derecho siempre que esté disponible, sin conducción a "rebufo", etc. (<sup>22</sup>).

Cuando los estados revisaron los límites de velocidad vigentes entre 1973 y 1987, afrontaron la posibilidad de aumentar los límites bien homogéneamente o bien estableciendo diferentes límites para ligeros y pesados. De los 40 estados que aumentaron sus límites de velocidad, siete adoptaron un límite de velocidad diferencial (DSL) de 65/55 mph y tres estados establecieron 65/60 mph para automóviles y camiones, respectivamente.

A partir de 2005, once estados marcaron límite de velocidad diferenciado para los automóviles y camiones. Arkansas e Indiana impusieron una diferencia de velocidad de 5 mph. Washington, Texas, Oregón, Ohio, Montana, Idaho e Illinois establecieron una diferencia de velocidad de 10 mph. California y Michigan tienen una diferencia de velocidad de 15 mph. Algunos estados también aplican diferentes velocidades máximas a autobuses, vehículos con remolque, etc.

Es una cuestión sobre la que no hay **unanimidad de criterio** y se suceden iniciativas en uno y otro sentido, porque los diferentes estudios proporcionan resultados opuestos:

- La probabilidad de sufrir un accidente aumenta con la **varianza de velocidad del flujo** (disminuye el índice de accidentes al minimizar la dispersión de la velocidad).
- La posición más alta permite al conductor del camión una mayor distancia de visibilidad que al del turismo (equivale a más tiempo y mayor distancia para reaccionar y frenar).

(<sup>21</sup>) [The 55 mph limits and front-to-rear collisions involving autos and large trucks](#). Zaremba, L.A. y Ginsburg, M.I., Accident Analysis and Prevention, December 1977, Pag. 303 – 314.

(<sup>22</sup>) [Safety Impacts of Different Speed Limits on Car and Trucks](#). Harkey, David L. y Mera, Ruben. Federal Highway Administration, May 1994, Pag.9.

- La menor velocidad de los pesados contribuye a reducir la gravedad de los accidentes y la distancia de frenado (remolques y semirremolques merecen consideración específica).

En otros casos los argumentos han sido más pragmáticos: en 2004 Ohio (uno de los 11 estados de EE.UU. con diferenciales de velocidad) aumentó de 55 a 65 mph la velocidad máxima de los pesados en vías de peaje para evitar el deterioro de la seguridad causado por la redistribución del tráfico pesado tras aumentar en 1999 los peajes un 82%.

Desde 1992 los camiones deben llevar limitador de velocidad, pero su uso admite dos puntos de vista: el de quienes cobran por kilometraje o por carga transportada y el de los gestores de flotas, más inclinados a valorar globalmente sobrecostes por consumo, desgaste (motor, neumáticos...), accidentes, etc. Con vehículos pesados que incorporan limitador de velocidad, se constata una distribución diferenciada de velocidades de operación incluso cuando el límite de velocidad es único, porque en los casos en los que las velocidades permitidas son altas **los vehículos ligeros tienden a aumentar su velocidad real de operación** (por encima del límite) mientras los pesados no la superan su límite <sup>(23)</sup>.

Por el contrario, en **Europa** está **más generalizado el uso de límites máximos diferenciales para turismos, autobuses y camiones**.

EUROPEAN SPEED LIMITS – MOTORWAYS/EXPRESSWAYS <sup>(24)</sup>					
	Passenger cars, vans (< 3.5 t)	Heavy good vehicles (≥ 3,5 t)	Buses	Differential speed car - truck	Differential speed car – bus
Estonia	90 /110 summer	90	90	0	0
Letonia	90 < 7.5 t ; 80 >7.5 t				10
Reino Unido	112	112 < 7.5 t / 96 >7.5 t	112	0 / 16	0
Chipre	100	80	100		0
Malta	80	60	60		
Rumania	130	110	110		20
Suecia	110	90	90		
Irlanda					
España	120	90	100		20
Portugal					
Italia	130	100	100		
Bélgica	120	90	90		30
Finlandia		80	100		20
Francia					
Lituania					
Eslovaquia	130	90	100		30
Eslovenia					
Luxemburgo					
Bulgaria	140	100	100		40
Grecia		85	100	45	30
Rep. Checa					0
Austria					
Países Bajos	130	80	100		30
Hungría					
Dinamarca					
Alemania	No limit	80	100	> 50	> 30
Polonia	140	80	80	60	60

<sup>(23)</sup> [Analysis of Heavy Truck and Automobile Speed Distributions for Uniform and Differential Speed Limit Configurations on Rural Interstate Highways](#), Johnson y Pawar, 2007.

<sup>(24)</sup> Datos procedentes de Transport – European Commission: [Road Safety > Going abroad](#) (consulta actualizada a 13/02/2014).

Este planteamiento sostiene que los vehículos pesados, conforme a las leyes de la dinámica, deben operar a velocidades más bajas (porque “se supone” que circulando a mayor velocidad aumenta la probabilidad de accidentes entre camiones y otros tipos de vehículos).

## 10. Efectos del cambio de velocidad

A favor de aumentar la velocidad de circulación se argumenta que la reducción de los tiempos de viaje es positiva para la productividad y que facilita que los usuarios tengan más tiempo disponible. En contra se destaca el mayor consumo de energía, más emisiones de gases contaminantes, aumento del riesgo de ocurrencia de accidentes de circulación, etc.

Matemáticamente, una mayor velocidad ayuda a reducir el tiempo de viaje. Pero, la valoración de los resultados de un cambio generalizado de la velocidad no debería ignorar los efectos que puede desencadenar en variables interdependientes ni los efectos cruzados. Generalmente, los usuarios sobreestiman el papel de la velocidad en la reducción del tiempo de viaje, particularmente en zonas urbanas: comparando los mapas de velocidad máxima en Europa (120-130 km/h), EE.UU. (110-120 km/h) y Japón (100 km/h), **no se observa relación alguna con los indicadores de competitividad** de los diferentes países (25).

IMD 2014 Rank	GCI 2013-2014 Rank
United States	Switzerland
Switzerland	Finland
Sweden	Germany
Germany	United States
Denmark	Sweden
Norway	Netherlands
Luxembourg	Japan
Netherlands	United Kingdom
Ireland	Norway
United Kingdom	Denmark
Finland	Austria
Japan	Belgium
Austria	Luxembourg
Iceland	France
France	Ireland
Belgium	Iceland
Estonia	Estonia
Czech Republic	Spain
Lithuania	Poland
Poland	Czech Republic
Spain	Lithuania

Una reducción de la velocidad genérica destinada a disminuir la siniestralidad, puede comportar, por ejemplo, una disminución de la velocidad máxima de circulación (**efecto primer orden**), pero también un aumento de tiempo de desplazamiento en transporte público y consecuente migración al vehículo privado (**segundo orden**), presencia de vehículos de menores prestaciones y conductores menos experimentados (**tercer orden**, consecuencia del tráfico inducido procedente de la migración de viajeros del transporte público), etc.

En cambio, reducir la velocidad del vehículo privado a favor del transporte público tiene consecuencias opuestas: estudios sobre reducción de la capacidad de la red cuando se dedica una parte de la calzada a priorizar transporte colectivo han concluido que cuanto más elevada es la velocidad de los transportes colectivos, también lo es la velocidad que se observa en la red vial paralela (26).

En términos de movilidad, cada vez es más ampliamente aceptado que la demanda se comporta según la oferta y que adopta **diferentes pautas de desplazamiento dependiendo de la oferta existente**, habiéndose comprobado que una mayor oferta vial

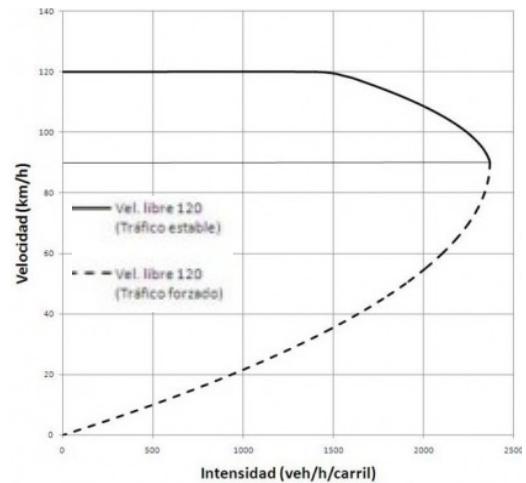
(25) Los análisis de la competitividad de los países tienen en cuenta que las empresas operan en un entorno nacional que puede favorecer o dificultar su capacidad para competir en sus propios países o a nivel internacional. Hay muchos factores involucrados. Unos son tangibles, como la evolución del PIB, la política fiscal del país o las infraestructuras (de transporte, universidades, redes de telecomunicaciones...); otros son intangibles, como las actitudes y los valores de los directivos y trabajadores, resultado de las inversiones en la educación y formación del capital humano. Hay dos entidades que elaboran índices y clasificaciones de la competitividad económica de las naciones: el Foro Económico Mundial ([The Global Competitiveness Index 2013-2014 rankings](#), World Economic Forum, 2013) y el Instituto Internacional para el Desarrollo Gerencial ([IMD World Competitiveness yearboob 2014](#)). Ambos índices utilizan conceptos macro y microeconómicos y miden la eficiencia del sector público y privado, así como la infraestructura básica que afecta a la competitividad de una nación. Se consideran bastante fiables e imparciales.

(26) [Reevaluating the role of public transit for improving urban transportation](#), Todd Litman, Victoria Transport Policy Institute, 2011.

provoca la aparición de nuevo tráfico (inducción) y que una reducción de capacidad conlleva una inhibición (27).

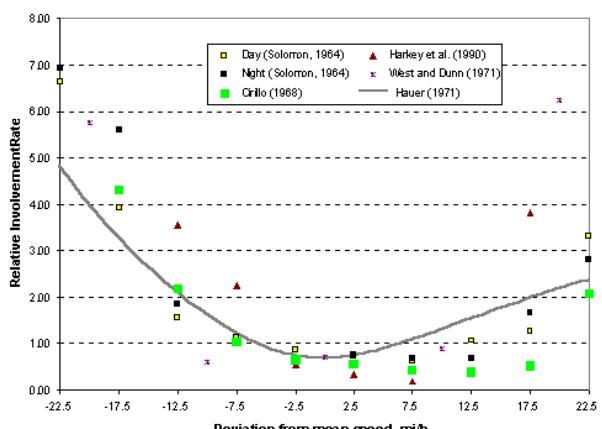
La capacidad máxima de las infraestructuras se obtiene con velocidades entre 80 y 100 km/h. Por encima, con elevada intensidad de tráfico (vehículos/tiempo) se produce congestión. Para un valor crítico de velocidad se alcanza la intensidad máxima (capacidad de la vía). La gráfica adjunta muestra que para cada intensidad existe una velocidad estable y otra congestionada.

Esto es así porque, bajo la perspectiva del usuario, más que la capacidad o la velocidad, lo relevante es el **potencial de movimiento físico** (la posibilidad de ir de un lugar a otro), que se mide por el número de viajes, la distancia, el tiempo de desplazamiento...



## 11. Heterogeneidad de velocidades y riesgo de accidentes

Si antaño los análisis estadísticos señalaban la velocidad media del tráfico como factor determinante de la siniestralidad, las investigaciones más recientes apuntan también a la **heterogeneidad en la distribución de velocidades en el flujo de tráfico**.



Desde los años 60, diversas investigaciones muestran una relación entre la dispersión de velocidades y la frecuencia de accidentes: la curva en forma de V ilustra menores porcentajes de accidentes para velocidades próximas a la velocidad media del tráfico y mayores con velocidades por encima o por debajo.

Esta relación apunta también que los vehículos con velocidades alejadas de la media son más propensos a estar involucrados en accidentes.

Respecto a las consecuencias, el riesgo de sufrir un accidente con lesiones también es más bajo para los vehículos que viajan aproximadamente a la velocidad media (28).

La **varianza de velocidad, más que la velocidad absoluta**, se considera un determinante del riesgo de accidentes (la varianza de velocidad se define como la desviación de la velocidad de un vehículo respecto a la velocidad media de flujo libre de tráfico) y se ha demostrado que homogeneizar la velocidad del tráfico es un factor clave

(27) [Evidence on the effects of road capacity reduction on traffic levels](#), Phil Goodwin, Carmen Hass-Klau y Sally Cairns, que describe los resultados de un informe que fue encargado por 'London Transport' y el 'Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR)' en 1998.

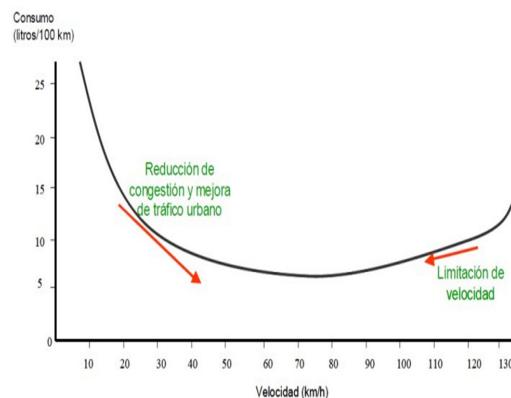
(28) El gráfico adjunto ilustra el aumento del porcentaje de interacciones según la diferencia de la velocidad individual respecto a la velocidad media del flujo, tomado de "[Cost – Benefit Evaluation of Large Truck – Automobile Speed Limit Differentials on Rural Interstate Highways](#)", Steven L.Johnson and Naveen Pawar, Mack – Blackwell Transportation Center – MBTC 2048, University of Arkansas, 2005.

para reducir la probabilidad de siniestros y mejorar la funcionalidad, el consumo energético, las emisiones y el nivel de ruido en el entorno (<sup>29</sup>).

Los estudios han demostrado que el diferencial de velocidad aumenta a medida que aumenta la heterogeneidad del tráfico. El **aumento del riesgo** se considera resultado de posibles conflictos de tráfico en un flujo con diferentes tipos de vehículos, distintas velocidades, capacidades y experiencias de conducción heterogéneas, etc.

El riesgo de participación en accidentes se minimiza si la velocidad de todos los vehículos es constante y adecuada al trazado, con independencia de su valor nominal. Más que el valor de la velocidad, lo determinante es su combinación con otras causas: la desviación respecto de la velocidad media, tanto por exceso como por defecto, incrementa el riesgo de accidente, mientras la observancia de un límite de velocidad común parece clave para reducirlo (<sup>30</sup>).

Hay consenso sobre la necesidad de que el tráfico se desarrolle en unos **rangos de velocidad socialmente óptimos**. Las actuaciones de gestión de la velocidad integradas en estrategias más amplias de movilidad pueden compatibilizar el establecimiento de límites máximos de velocidad (con vistas a los objetivos de seguridad, medio ambiente, dependencia energética, etc.) y evitar velocidades cercanas a la congestión, con objeto de prevenir sus consecuencias sobre el consumo, tiempos, etc. (<sup>31</sup>).



En los otros modos de transporte (aéreo, ferroviario, marítimo y fluvial) nunca son los usuarios quienes tienen que decidir a qué velocidad pueden circular sino que la tecnología suple la falta de referencias, datos y conocimientos para tomar decisiones adecuadas en cada tramo y momento. Por contraste, la carretera es el único que no se configura y gestiona para que no falle y sea seguro (no lo es a ninguna velocidad, de ahí que produzcan siniestros a todas las velocidades a las que se circula).

Al permitir mensajes adecuados a las condiciones actuales de la carretera, la señalización variable ayuda a evitar errores de valoración, resulta más creíble que las señales fijas y permite una aplicación más estricta y un menor margen de tolerancia del límite de velocidad, lo que redundaría en disminución de la velocidad media y las emisiones.

Mientras los límites genéricos de velocidad trasladan al conductor la responsabilidad de decidir la velocidad adecuada (la velocidad más segura y eficiente según las condiciones existentes en un tramo y momento determinado), la **gestión técnica de la velocidad** (variable), basada en la tecnología actual, garantiza mayor seguridad, economía, eficiencia y comodidad por razón de la velocidad del tráfico.

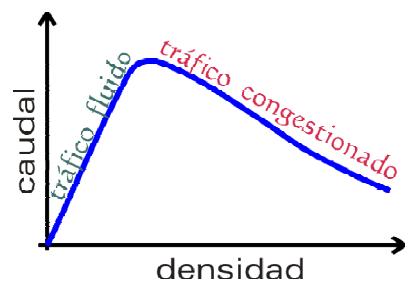
(<sup>29</sup>) [Revisión de los límites de velocidad](#), documento preparado por el Comité Técnico de Caminos Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano, presidido por el Prof. Sandro Rocci, de la Universidad Politécnica de Madrid, 2006.

(<sup>30</sup>) Luis M. Xumini (experto en accidentología y seguridad vial), comentando las claves del éxito de la campaña realizada en Francia (2003 y 2004), dice que "... la conciencia y la coacción consiguieron que una mayor cantidad de usuarios se ajustara más a los límites legales: aunque ésa fue la más llamativa de las apariencias. Con ello lo que consiguieron fue que bajara algo la velocidad media del tráfico, y que disminuyera la dispersión de las velocidades, porque se agruparon más en torno a los límites legales...".

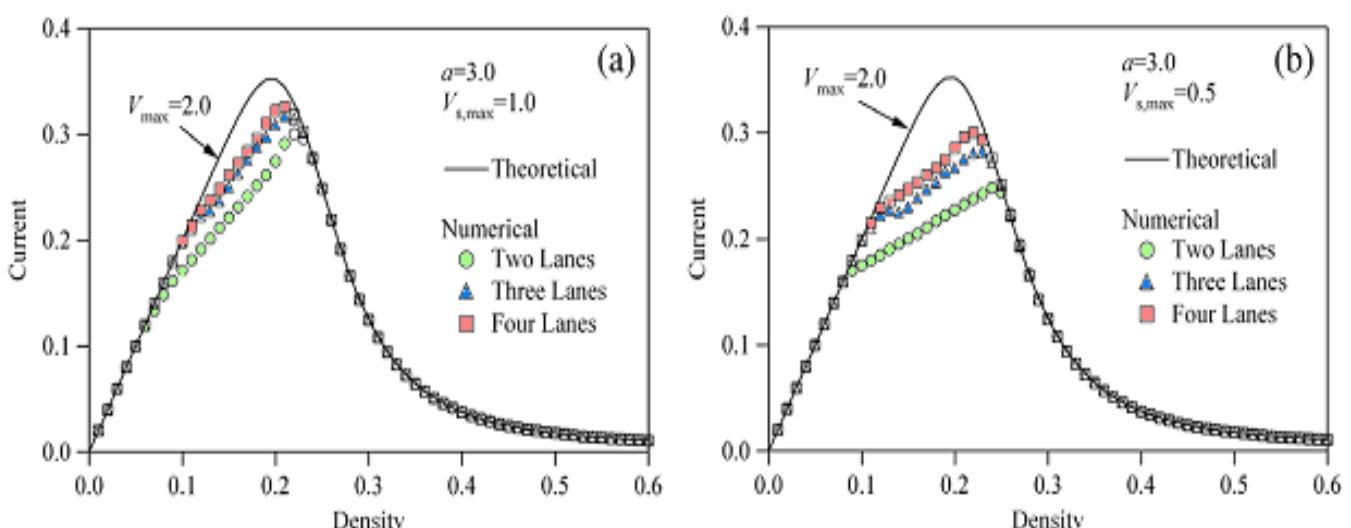
(<sup>31</sup>) Gráfico tomado de [Reducción del límite máximo de velocidad a 110 km/h](#). Posicionamiento del RACC, 2011.

## 12. Efectos de los vehículos pesados en el flujo

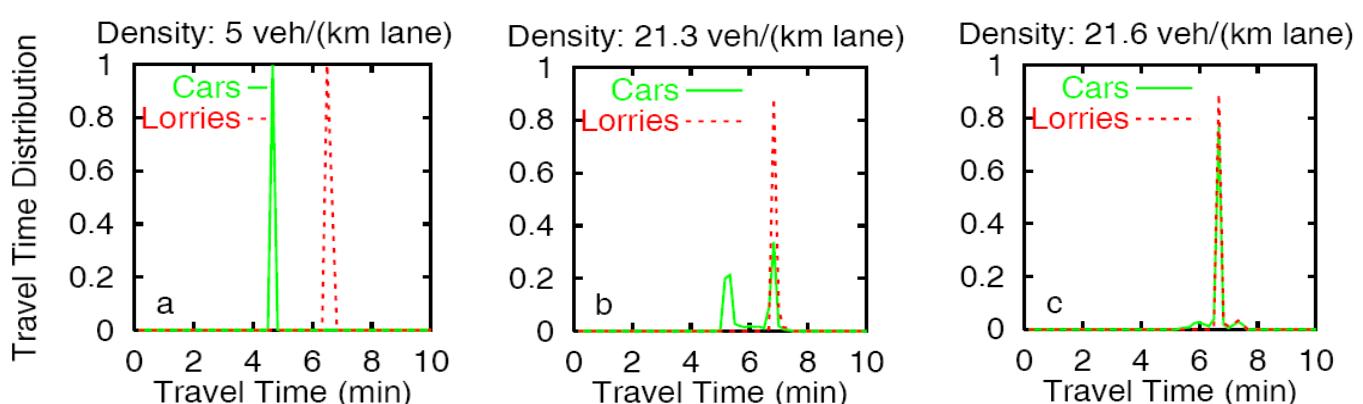
Según el modelo teórico del tráfico (vehículos a la misma velocidad, maniobrabilidad equivalente...), el caudal aumenta con la densidad (vehículos por sección de la vía que pasan en un instante determinado), de forma aproximadamente lineal hasta alcanzar una determinada densidad crítica. Esta densidad crítica que permite el caudal máximo (corresponde a la capacidad máxima de la vía) separa el tráfico en dos estados: fluido y congestionado.



Los avances en técnicas de simulación de sistemas multipartículas han hecho posible diseñar modelos de flujo vial para obtener los parámetros con los que maximizar el rendimiento de carreteras con mucho tráfico. Los resultados obtenidos ayudan a comprender el efecto del tráfico pesado sobre el flujo mixto en dos frentes: **su impacto en el caudal** (vehículos por unidad de tiempo que pasan por una sección determinada de la vía) y **su incidencia en la interacción vehicular** (espaciado).



Se ha estudiado los efectos derivados de introducir vehículos pesados en el flujo de tráfico, suponiendo que éstos permanecen siempre en el carril derecho (pesados sin cambio de carril): fijada una determinada velocidad del vehículo ligero y distintas velocidades del vehículo pesado (incluido el caso en que el vehículo pesado tenga la máxima velocidad del vehículo ligero) se analiza cómo influye el diferencial de velocidad vehículo pesado – ligero.



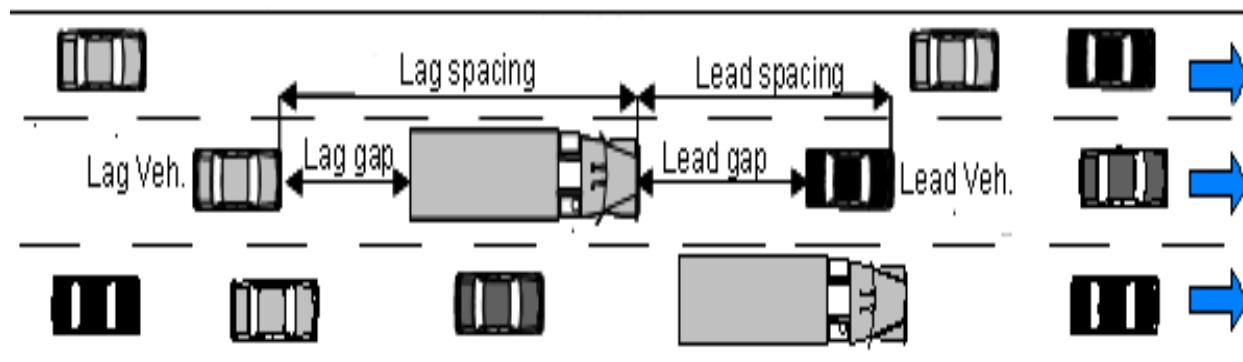
La figura adjunta representa los diagramas del flujo para diferentes velocidades de vehículos pesados, según la autopista tenga dos, tres o cuatro carriles (círculo, triángulo o cuadrado, respectivamente). Como es de esperar, los resultados muestran que al

aumentar el número de carriles crece el caudal que la autopista puede soportar. Pero también muestran que **la autopista pierde capacidad al reducir la velocidad máxima del vehículo pesado** (<sup>32</sup>).

La doctrina de que imponer límites de velocidad menores para los vehículos pesados ayuda a reducir los accidentes y la gravedad de los mismos impone consecuencias negativas, ya que convierte los vehículos pesados en obstáculos a rebasar, lo que altera las condiciones del flujo y aumenta la varianza de velocidades.

Para pequeñas densidades, el flujo es estable: los vehículos ligeros pueden adelantar a los pesados y todos se mueven libremente a su máxima velocidad (se producen dos velocidades máximas distintas y dos picos en la distribución del tiempo de recorrido). Cuando la densidad supera un valor crítico, empiezan a aparecer atascos locales detrás de los vehículos lentos (se dispone de menos espacio libre, se dificulta el cambio de carril y los coches situados en el primer carril se ven obligados a disminuir su velocidad a la de los camiones).

Esto se refleja en las características de interacción vehicular: el tiempo de recorrido y la velocidad en el carril derecho son menores que en el resto (se producen dos velocidades, la máxima asociada a los vehículos de los carriles a la izquierda y la asociada a los camiones y automóviles situados en el carril derecho).



Cuando la densidad llega a un valor tal que en ningún carril queda espacio libre para realizar un adelantamiento, se produce inestabilidad en el flujo (fenómeno llamado 'stop - and - go') y todos los vehículos tienen la misma velocidad y el mismo tiempo de recorrido: distribución de tiempos de recorrido con un pico. El **espaciado de avance vehicular** (de parachoques trasero del vehículo líder a parachoques delantero del vehículo seguidor) es una buena **medida de la seguridad** y también representa el grado de congestión. Para analizar su efecto en el flujo, se suponen tres distancias de seguridad para cada una de las situaciones (<sup>33</sup>).

La experimentación ha demostrado que la presencia de vehículos pesados aumenta los espaciados presentes en un flujo de tráfico, reduciendo la capacidad de la vía (los vehículos ligeros dejan mayores intervalos y espaciados si siguen a un vehículo pesado que a otro vehículo ligero y los vehículos pesados adoptan mayores intervalos y espaciados cuando viajan detrás de vehículos ligeros). De forma general, a **mayor**

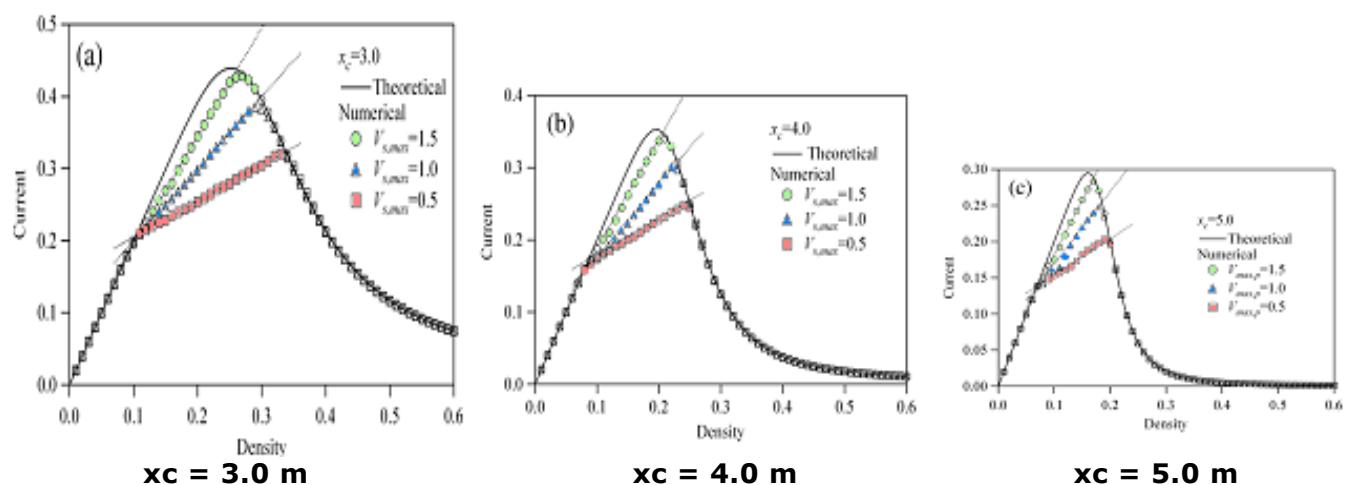
(<sup>32</sup>) [Jamming transitions induced by a slow Vehicle in traffic flow on a multi – lane highway](#), Shuichi Masukara, Takashi Nagatania and Katsunori Tanaka, Departament of Mechanical Engineering, Division of Thermal Science, 2009.

(<sup>33</sup>) [Coherent Moving States in Highway Traffic](#), Dirk Helbing (Institute of Theroretical Physics, University of Stuttgart) and Bernardo A. Huberman (Xerox PARC, Palo Alto), 1998.

**velocidad, los intervalos de tiempo son menores y los espaciados son mayores** para toda clase de vehículos (34).

### 13. Velocidad y utilización de la capacidad vial

La siguiente figura muestra varios diagramas del flujo de tráfico para una autopista de dos carriles. En cada uno se fija una determinada velocidad máxima para el ligero y se representa el flujo según diferentes velocidades del vehículo pesado (círculo, triángulo o cuadrado, de mayor a menor, respectivamente). Como conclusión, a medida que se **reduce el diferencial de velocidad vehículo pesado – ligero, aumenta el caudal y la capacidad de la vía**.



En las tres figuras se utiliza diferente **distancia de seguridad (xc)**: los resultados muestran que a medida que **aumenta**, el flujo máximo alcanzado por la vía es menor y la **transición al estado de colapso total se produce antes**.

Los resultados subrayan la conveniencia de concentrar las medidas en la reducción de la varianza de velocidades y el uso de los carriles, tanto como en los límites máximos. En consecuencia, parece claro que la pretensión de reducir eficazmente los accidentes de circulación ha de perseguir (35):

- Reducir la dispersión de la distribución de las velocidades instantáneas (máximas y mínimas).
- Conseguir unas velocidades más acordes con las adecuadas.
- Fijar los límites de velocidad en unos valores aceptables social y económicamente, aunque en su fijación se otorgue un papel preponderante a la seguridad vial.

La necesidad de potenciar la conducción homogénea en las autovías y autopistas con mayor tráfico también la puso de manifiesto la Fundación RACC en 2006 tras analizar la relación del uso de los diferentes carriles con la congestión vial.

Sus conclusiones subrayan que:

- El **uso indebido del carril izquierdo** en las autovías y autopistas (según la normativa, los conductores sólo deberían utilizar su carril izquierdo para adelantar)

(34) [Exploring heavy vehicles car – following behaviour](#), Dr. Majid SARVI and Omid Ejtemai, Institute of Transport Studies, Department of Civil Engineering, Australasian Transport Research Forum 2011 Proceedings, 2011.

(35) [Revisión de los límites de velocidad](#), documento preparado por el Comité Técnico de Caminos Interurbanas y Transporte Integrado Interurbano, presidido por el Prof. Sandro Rocci, de la Universidad Politécnica de Madrid, 2006.

hace **disminuir la eficacia de la vía** (capacidad de absorción de vehículos/hora y ahorro de tiempo) y no repercute en una ganancia de tiempo ni de la seguridad vial.

- La seguridad vial mejora con una conducción pausada y flujo homogéneo. En cambio, una de las principales consecuencias de las maniobras bruscas (adelantamientos slalom, frenazos y cambios constantes de velocidad) es una reducción drástica de la velocidad de circulación en todos los vehículos y el llamado "efecto acordeón", al romperse el flujo constante (<sup>36</sup>).

## 14. Evaluación del impacto

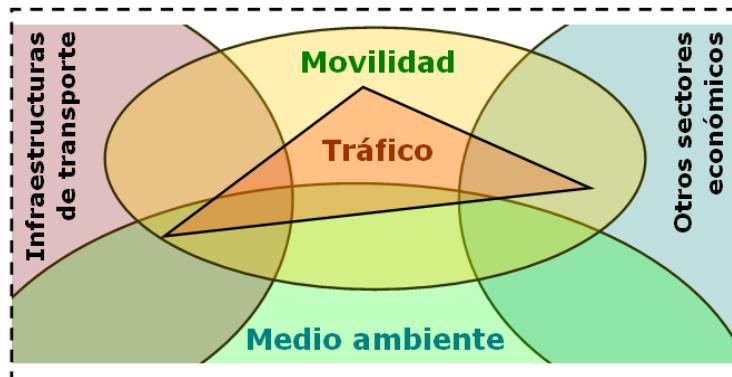
La sociedad confía en que las decisiones que pueden alterar los riesgos para las personas se adoptan e implementan **tras analizar y evaluar adecuadamente las posibles consecuencias en todos los ámbitos**. Pero la aceptación pública de tales decisiones está condicionada por la eficacia en la provisión de información clara, comprensible y motivada sobre los objetivos, el funcionamiento y los resultados.

En particular, las decisiones del tipo "reducir en 10 km/h el límite de velocidad de los autobuses en vías convencionales" deberían ser el resultado de un análisis técnico, económico y funcional que cuantifique los beneficios (y/o perjuicios) en la seguridad vial y en el funcionamiento de la movilidad. En realidad, es necesario evaluar todas las diferentes medidas e investigar sobre su efectividad: una vez implementada una actuación concreta, se debería cuantificar en qué grado se han conseguido los resultados perseguidos.

Podemos medir el número de accidentes en las carreteras y hacer diferentes explotaciones estadísticas. Pero, para capturar el impacto de una intervención pública, la pregunta a responder no es qué ha pasado después de poner en marcha la intervención (muchas cosas pueden haber influido, más allá de la propia intervención, como la evolución de la economía, los cambios en la meteorología, innovaciones tecnológicas o la puesta en marcha de otros programas y políticas), sino **qué es lo que ha ocurrido en comparación con lo que habría pasado si la intervención no se hubiera llevado a cabo** (de modo que la diferencia puede atribuirse sola y únicamente a la intervención y no a lo que haya sucedido al mismo tiempo).

Por ejemplo, antes de imponer una reducción generalizada de límites de velocidad a los autobuses, corresponde analizar las consecuencias de esta medida en la circulación (efecto primer orden), tales como aumento de tiempo de desplazamiento en transporte público y posible inducción de redistribución modal (segundo orden), aumento de accidentes "in itinere" y presencia de vehículos de menores prestaciones y conductores menos experimentados (tercer orden, consecuencia del tráfico inducido procedente de viajeros del transporte público), variación de muertes por contaminación local, etc.

Aunque socialmente se tiende a asociar determinadas variables con los accidentes, basando en la causalidad una posible explicación, corresponde al análisis descartar explicaciones alternativas para poder atribuir, de la forma más convincente posible, la causalidad del cambio observado a la actuación.



<sup>(36)</sup> [Estudio sobre el uso de los carriles en vías de alta capacidad y su influencia en la creación de una congestión](#), Fundación RACC, 2006.

El reto de la evaluación de impacto es evitar la falacia causal (puede existir una relación causa-efecto, dependencia de variables o simple asociación espuria) y hacer una estimación (contraria a los hechos) de ¿qué hubiese sucedido si determinada actuación no se hubiera llevado a cabo?

Pero, en el ámbito de la seguridad vial, para poder medir a la vez las consecuencias de aplicar una medida y las de no aplicarla, se precisa **implantarla previamente en un ámbito limitado** pero plenamente representativo del conjunto, **en modo "experiencia piloto"** (<sup>37</sup>).

Por otra parte, **estimar impactos promedios de una medida** destinada a reducir la siniestralidad en las carreteras puede ocultar los subgrupos para los que es realmente efectiva o aquellos para los que no lo es en absoluto (<sup>38</sup>).

Paralelamente, la consecución de los objetivos puede resultar influenciada por la adopción de medidas políticas en otros ámbitos: por ejemplo, ¿cuantos accidentes puede evitar determinada actuación de mejora de la velocidad comercial del transporte público? ¿hay colisión de actuaciones?



### **Eficacia, efectividad y eficiencia**

Conviene distinguir entre eficacia de una determinada medida de control del tráfico y efectividad de las políticas públicas relacionadas con la movilidad.

**Eficacia** es la capacidad para alcanzar las metas o resultados propuestos (en términos de cómo los resultados constatados contribuyen al cumplimiento de los objetivos predefinidos).

**Efectividad** es la capacidad para responder a las demandas o expectativas de la sociedad (y a los retos futuros) en relación con la gestión de la movilidad.

Aunque muy a menudo se utilizan como sinónimos, el concepto de eficacia es aplicable a organizaciones, planes, programas o políticas y tiene mejor encaje en el ámbito **conceptual de la gestión** y cuantifica la relación entre resultados y objetivos de un planteamiento "reduccionista" (en condiciones cartesianas "ideales").

En cambio, el concepto de efectividad representa el **impacto real**, en sentido amplio (con un planteamiento sistémico, contemplando efectos cruzados, etc.) de los planes, programas y políticas.

El **impacto de una actuación** resulta de la diferencia entre lo que ocurre tras su aplicación (y el periodo de estabilización) y lo que "hubiera ocurrido" sin su aplicación y sin variación en ninguno de los múltiples factores de entorno y de sus interrelaciones. Permite determinar si la causa del cambio en el problema o situación puede atribuirse o no (y en qué grado) a la intervención pública, mas que saber si la situación mejora o empeora.

**Eficiencia** es un concepto económico que representa la capacidad de personas y procesos para producir los mejores resultados (en términos de objetivos predefinidos) con los recursos, energía y tiempo asignados.

(<sup>37</sup>) Idealmente, sólo deberían variar los factores directamente afectados por la medida, con un planteamiento análogo al de los ensayos clínicos para testar la efectividad de un fármaco, con el inconveniente de que algunas características diferenciadoras no resultan fácilmente observables. Pero los conductores pueden experimentar el [Efecto Hawthorne](#), fenómeno en virtud del cual los individuos que son sujetos de un experimento muestran una modificación en algún aspecto de su conducta como consecuencia del hecho de saber que están siendo estudiados.

(<sup>38</sup>) [Evaluación de impacto, Guía práctica 5](#), Colección Ivàlúa de guías prácticas sobre evaluación de políticas públicas, Ivàlúa, 2009.

## En conclusión...

*Todos los países (salvo Alemania, por razones presumiblemente ajenas a la seguridad) establecen un umbral legal de velocidad máxima genérica, que permite determinar responsabilidades en caso de accidente: desde los 100 km/h de Japón o algunos estados de EE.UU. hasta los 130 km/h en la mayor parte de Europa. Pero no hay consenso en que un diferencial de velocidad ligeros-pesados mejore la seguridad (con las características de vehículos actuales). En cambio, se ha demostrado que homogeneizar la velocidad del tráfico reduce el riesgo de accidentes y mejora la funcionalidad, consumo y emisiones, en condiciones de adecuada disciplina viaria en el uso de los carriles*

*Establecida una determinada velocidad máxima genérica absoluta, la cuestión es determinar qué grado de variación de muertes derivadas del tráfico se ocasiona al limitar sistemáticamente la velocidad máxima de autobuses y camiones en 10 ó 20 km/h por debajo de la de los coches. Afirmar que una determinada variación en el saldo de muertes es debida al diferencial de velocidad requiere cuantificar la diferencia entre lo que ocurriría si se aplicara la medida y lo que ocurriría si no se aplicara (y sin variación en ninguno de los múltiples factores de entorno y de sus interrelaciones).*

*En realidad, las muertes derivadas del tráfico (por accidentes, pero también por contaminación local) requieren un enfoque sistémico porque ocurren en el contexto de la movilidad, que a su vez constituye un "sistema complejo" que integra una gran variedad de componentes interactuando, con interdependencias no jerarquizadas y con múltiples interacciones entre ellos y diferentes estrategias de actuación, responsables, etc. Si se altera el valor de una variable (por ejemplo, la velocidad), el resto no permanecen inalteradas.*

*En términos de movilidad, cada vez es más ampliamente aceptado que la demanda adopta diferentes pautas de desplazamiento dependiendo de la oferta existente. Por tanto, reducir muertes atribuibles al tráfico requiere que la planificación proporcione a los usuarios la posibilidad de "no tener que conducir", priorizando desplazamientos en función de su valor añadido... y eso no se consigue penalizando el transporte público respecto al privado.*

*Por ejemplo, si un buen número de conductores cambian el coche por el transporte público (para regresar a su casa después de una estresante jornada), porque les ofrece una velocidad "suficientemente competitiva", habremos reducido el riesgo de accidentes "in itinere" más que disminuyendo la velocidad del autobús respecto a la del coche.*

*La peligrosidad (**posibilidad** de daños) depende, entre otros factores, de las condiciones del conductor (de su capacidad, aptitud y estado) y de su destreza para adecuar las expectativas generadas por la infraestructura a la realidad. Las características de seguridad intrínseca de los vehículos (tacógrafo...) y conductores (tiempos de descanso...) del transporte público son controlables*

(empresas, autoridades...), a diferencia de las relacionadas con los vehículos ligeros (diversidad de tipos y condiciones de los vehículos, de aptitudes y estado de los conductores...).

España tiene uno de los menores porcentajes de víctimas por accidente con implicación de un autocar/bus, ponderado por la población del país (sin tener en cuenta, por tanto, el efecto del turismo): 1,1 por millón de habitantes. Aún así, el peligro siempre puede reducirse mediante mejor equipamiento en los vehículos, capacitación y control empresarial de los conductores, mayor control administrativo del cumplimiento de obligaciones y disciplina vial, etc.

Como el riesgo de accidentes (**probabilidad** de daños) queda decisivamente condicionado por la proporción de los peores tándems vehículo-conductor en el tráfico, los sistemas de adaptación inteligente de la velocidad, los limitadores de velocidad y las grabadoras de datos de evento han demostrado eficacia en la reducción del número y la gravedad de las colisiones, pero no son obligatorios para los vehículos ligeros.

La actual tecnología de identificación de vehículos mediante lectura de placas de matrícula (si cuenta con el respaldo de bases de datos suficientemente fiables) permite controlar límites de velocidad asignados individualizadamente y abre la puerta a limitación de la velocidad según antigüedad del vehículo, equipamiento y tecnología embarcados, seguros de accidentes...

Reducir el riesgo de muerte a causa del tráfico requiere, además, corresponsabilidad y coordinación en las actuaciones. Por ejemplo, cuando a los vehículos pesados se les impone tarifas adicionales por circular por determinados corredores, tratan de utilizar rutas alternativas, incrementando su tráfico y riesgo de accidentes. Probablemente resultarían más coherentes las medidas económicas compensatorias para el uso de corredores preferentes: consiguen reducir el paso de camiones por las vías convencionales y canalizarlos a otras más seguras (reduce el riesgo en las vías convencionales y no altera el de las de altas prestaciones).

En las sesiones de trabajo se ha apuntado que la valoración del impacto de una medida relacionada con la siniestralidad debería ser el resultado de la extrapolación de los resultados obtenidos al implantarla en un ámbito limitado pero plenamente representativo del conjunto, en modo "experiencia piloto". Por otra parte, valorar resultados por sus impactos promedios puede ocultar los subgrupos para los que una medida es realmente efectiva o aquellos para los que no lo es en absoluto.

También se ha sugerido que las empresas de transporte deberían valorar nuevas oportunidades sectoriales de corresponsabilización en la reducción de muertes por accidentes: por ejemplo pólizas colectivas con sustancial aumento de indemnizaciones, observatorio, etc.

**"LÍMITES DE VELOCIDAD PARA AUTOBUSES Y CAMIONES"**  
es un estudio elaborado por Fundación CETMO.

**Octubre 2014**

## **Fundación CETMO**

Av. Josep Tarradellas, 40 entresuelo, E-08029 Barcelona  
Tel. 93 430 52 35 - Fax 93 419 92 37  
[Info@fundacioncetmo.org](mailto:Info@fundacioncetmo.org) - [www.fundacioncetmo.org](http://www.fundacioncetmo.org)