

Innovar en la gestión de la interacción vehículo pesado- carretera

Diciembre 2011

Fundación Cetmo

“INNOVAR EN LA GESTIÓN DE LA INTERACCIÓN VEHÍCULO PESADO-CARRETERA”

es un estudio elaborado por **Fundación Cetmo** por encargo de la **Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Fomento**.

DIRECCIÓN:

Santiago Ferrer Mur, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

EQUIPO TÉCNICO:

Albert Mancera Sugrañes, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Isabel López Amador, Secretaria

Fundación Cetmo

Av. Josep Tarradellas, 10, 7^a, E-08029 Barcelona
Tel. 93 430 52 35 - Fax 93 419 92 37

Info@fundacioncetmo.org - 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 de la Interacción vehículo pesado-carretera

0. Introducción

1. Condicionantes de los vehículos

- o Dimensiones autorizadas para los vehículos pesados
- o Pesos máximos autorizados
- o ¿Qué son los *'Longer and heavier vehicles'*?
- o Evolución de las dimensiones máximas autorizadas en Europa
- o El concepto de sistema modular europeo (EMS)
- o Otros *'Higher capacity vehicle'* (HCV) en Europa
- o Consecuencias del aumento de las dimensiones máximas
- o Análisis de las consecuencias del aumento de dimensiones
- o Síntesis de resultados del análisis de los impactos de los HCV
- o La controversia: argumentos a favor y en contra

2. Condicionantes de la circulación

- o Conceptos básicos de la circulación en carreteras
- o Capacidad de la vía
- o Nivel de servicio
- o Capacidad y congestión
- o Condicionantes derivados del funcionamiento de los vehículos pesados
- o Efectos de los vehículos pesados en el tráfico durante la congestión
- o La necesidad de gestionar la capacidad del sistema de transporte
- o La demanda adopta diferentes estrategias, según opciones disponibles
- o Estrategias de gestión de la congestión
- o Gestión de carriles especializados
- o Efectos de las restricciones de uso de carriles a vehículos pesados
- o Los costes de la congestión
- o ¿Quién paga los costos de la congestión?
- o Costes y regulación de la demanda de transporte
- o Eficiencia y equidad de los mercados de transporte
- o Gestión de la capacidad mediante tarifas
- o Gestión de la capacidad mediante corredores
- o Sistemas inteligentes de transporte
- o Influencia del flujo mixto de vehículos sobre la seguridad de circulación

3. Condicionantes de la carretera

- o Conceptos básicos de la carretera.
- o ¿Que factores condicionan las dimensiones de la sección transversal?
- o ¿Cómo incide el peso de los vehículos en el firme?
- o ¿Cómo incide la aplicación de las cargas en el pavimento?
- o Velocidad y capacidad
- o El efecto ambiental de sustitución de la capacidad
- o Balance entre capacidad, seguridad, coste e impacto ambiental
- o La previsibilidad del tiempo de viaje es clave para el transporte
- o Carriles exclusivos para camiones
- o Tipos de carriles exclusivos para camiones
- o Beneficios para los camiones
- o Beneficios para los vehículos de pasajeros
- o Experiencias de carriles reservados para camiones
- o Los corredores verdes para el transporte de mercancías
- o Concepto de carriles exclusivos para Bus
- o Características físicas de los carriles exclusivos para Bus
- o Evolución del concepto “Carril exclusivo para Bus”
- o Distintas configuraciones para un carril Bus
- o Comparación de costos entre modos
- o Consecuencias de la implantación de carriles reservados para bus

0.Introducción

La capacidad de supervivencia y las posibilidades de desarrollo del transporte están condicionadas por la robustez del sector para adaptarse a los cambios del entorno, por su capacidad para introducir modificaciones en el mismo y por la forma en que el sector y todos los actores corresponsables desplieguen sus recursos y capacidades.

En la actual coyuntura socio-económica, parece especialmente oportuno reflexionar sobre los temas que condicionarán el desarrollo futuro del transporte por carretera. Uno de los temas estratégicos que el documento "Retos del transporte por carretera" propone analizar es el de las interacciones de los vehículos pesados con la carretera.

Para buscar alternativas estratégicas, primero es imprescindible conocer la información que manejan los expertos. En los últimos años, coincidiendo con la crisis, se han publicado análisis parciales y han tenido lugar foros específicos sobre diversos aspectos de las interacciones vehículo pesado-carretera y sobre las estrategias actuales de gestión puestas en marcha en diferentes países.

A la vista de los diversos análisis y estudios existentes, en el presente documento hemos recopilado y sintetizado, con un objetivo fundamentalmente divulgativo-formativo, los aspectos que caracterizan el "estado de la cuestión".

Como continuación del documento "Retos del transporte por carretera", se abordan aquí factores relevantes, para contribuir al debate de ideas y a la mejora continua de los diversos planes sectoriales: entre otros, el Plan PLATA, el Plan PETRA II, a su vez enmarcado en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes (PEIT) y en el Plan Sectorial de Transportes por Carretera, el Plan de Acción para la promoción del Operador Intermodal en el sector del Transporte de Mercancías por Carretera, el Plan Estratégico para el impulso del transporte ferroviario de mercancías en España...

Se proponen tres ámbitos de innovación en la gestión de las interacciones vehículo pesado-carretera:

- el derivado de los condicionantes relacionados con los vehículos,
- el derivado de los condicionantes relacionados con la coexistencia de diferentes tipos de vehículos en el flujo mixto y
- el derivado de los condicionantes propios de la vía.

Junto con la revisión de los aspectos más relevantes en cada apartado, se sintetizan las estrategias actuales de gestión puestas en marcha en diferentes países (*'green corridors'*, *'megatrucks'*, carriles especializados, utilización de ITS, restricciones de uso, papel de las regulaciones y sistemas de control...).

En el texto se usan diferentes colores: **color azul** para introducir telegráficamente (a modo de subapartados) los aspectos que se desarrollarán en los siguientes párrafos (en negro). Se usan **notas a pie de página** para aclaraciones adicionales o para indicar las fuentes. En general, se incluye el enlace directo a la URL de la fuente (**color azul subrayado**).

1. Condicionantes de los vehículos

Dimensiones autorizadas para los vehículos pesados

Tanto los pesos como las dimensiones de los vehículos pesados son decisivos en muchos aspectos del transporte por carretera, como por ejemplo la seguridad vial, las maniobras de esos vehículos, o la eficiencia en los envíos.

La Directiva 1996/53/CE establece las dimensiones y pesos autorizados para los vehículos pesados que realicen **tráficos internacionales** entre países de la UE. Su última modificación, con fecha de 2002, fija la longitud máxima de los vehículos pesados en 18,75 m y su peso máximo en 44 t; aunque define que “los Estados miembros podrán autorizar la circulación en su territorio de: vehículos o conjuntos de vehículos destinados al **transporte nacional** de mercancías que no se ajusten a las dimensiones y pesos indicados en el Anexo I”.

En virtud de esta cláusula, en gran parte de los países europeos se permite, además, que las cargas sobresalgan de los camiones entre uno y cuatro metros: en España se prohíbe que la carga sobresalga por delante del camión pero se permite que sobresalga 1,80 m por detrás; en el Reino Unido se permite que la carga sobresalga 2 m por delante y 2 m por detrás; mientras que en Dinamarca, Finlandia, Grecia, Luxemburgo y Suecia, en cambio, no se permite que la carga sobresalga en absoluto.

PERMISSIBLE MAXIMUM LENGTH OF COACHES IN EUROPE

Country	2 axles	> 2 axles	+ Trailer	Articulated
Austria	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Azerbaijan	12 m	12 m	18 m	18 m
Belgium	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Bosnia-Herzegovina	13.50 m	15 m	18 m	18.75 m
Bulgaria	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Croatia	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Czech Republic	13.50 m	15 m	18.75 m	18 m
Denmark	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Estonia	13.50 m	15 m	18.75 m (1)	18.75 m
Finland	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m (2)
France	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Georgia	12 m	12 m	20 m	20 m
Germany	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Greece	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Hungary	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Iceland	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Ireland	13.50	15 m	18.75 m	18.75 m
Italy	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Latvia	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Liechtenstein	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Lithuania	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Luxembourg	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Malta	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Moldova	12 m			18 m
Montenegro	12 m	12 m	18 m	18 m
Netherlands	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Norway	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Poland	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Portugal	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Russia	12 m	12 m	18 m	18 m
Slovakia	12 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Slovenia	13.50 m	15 m	18.75 m	18.75 m
Spain	15 m	15 m	18.75 m	18 m
Sweden	13.50 m	15 m	18.75	18.75
Switzerland	13.50 m	15 m	18.75	18.75 m
Turkey	13.50 m	15 m	18.75	18.75
Ukraine	25 m	25 m	25 m	25 m
United Kingdom	13.50 m (3)	15 m (3)	18.75 m	18.75 m

1. Class I coaches + 2 axles trailer: 24 m (first registered coaches before 1 May 2004, until 31 Dec 2020 in national traffic)
 2. Bi-articulated buses, length = 25.25 m (1-Jul-09)
 3. Vehicles must comply with manoeuvrability criteria

La tabla adjunta muestra las **dimensiones permitidas para los autocares** en los diferentes países europeos ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ [Dimensiones máximas permitidas a los autocares en Europa](#), International Transport Forum, 2011.

La siguiente tabla muestra las **dimensiones permitidas** en diferentes países europeos: las tres columnas de la derecha de la tabla muestran las longitudes permitidas en cada país para un camión rígido, para un tren de carretera y para un vehículo articulado ⁽²⁾.

DIMENSIONES MÁXIMAS PERMITIDAS EN EUROPA					
PAÍS	ALTURA	ANCHO	LARGO		
			CAMIÓN O TRAILER	TREN DE CARRETERA	VEHÍCULO ARTICULADO
Austria	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Azerbaijan	4 m	2.55 m	12 m	20 m	
Bélgica	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Bosnia-Herzegovina	4 m	2.55 m	12 m	18.75 m	16.50 m
Bulgaria	4 m	2.55 m	12 m	18.75 m	16.50 m
Croacia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
República Checa (4)	4 m	2.50 m (3)	16.50 m	18.75 m	18.75 m
Dinamarca	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Estonia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Finlandia (1)	4.20 m	2.60 m (6)	12 m	25.25 m	16.50 m
Francia	no definido	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
La FYROM	4.10 m	2.60 m	12 m	18.75 m	16.50 m
Georgia	4 m	2.55 m (3)	12 m	20 m	20 m
Alemania	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Grecia	4 m	2.55 m	12 m	18.75 m	16.50 m
Hungría	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Islandia	4.20 m	2.55 m (3)	12 m	22 m	18.75 m
Irlanda	4.65 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m (7)	16.50 m
Italia (2)	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Latvia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Liechtenstein	4 m	2.55 m	12 m	18.75 m	16.50 m
Lituania	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m (4)	16.50 m
Luxemburgo	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Malta	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Moldova	4 m	2.50 m	12 m	20 m	16.50 m
Montenegro	4 m	2.50 m	12 m	18 m	16.50 m
Países Bajos (8)	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Noruega	no definido	2.55 m (3)	12 m	19.50 m	17.50 m
Polonia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Portugal (2)	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Rusia	4 m	2.55 m (3)	12 m	20 m	20 m
Eslovaquia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Eslovenia	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
España	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Suecia	no definido	2.55 m (3)	24 m (5)	24 m (5)	25.25 m
Suiza	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Turquía	4 m	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m
Ucrania	4 m (9)	2.60 m	22 m	22 m	22 m
Reino Unido	no definido	2.55 m (3)	12 m	18.75 m	16.50 m

Notas:

1. Para vehículos registrados en un país miembro de EEA
2. Los valores incrementados son aplicables para ciertos tipos de transportes (contenedores, porta vehiculos, etc)
3. Vehículos de temperatura controlada = 2.60 m
4. Trenes de carretera especializados en transporte de vehículos: altura: 4.20 m, largo: 20.75 m
5. En teoría, pero en la práctica: 25.25 m en conformidad con la directiva 96/53/EC, Artículo 4
6. Trenes de carretera (largo total menos de 22m); ancho = 2.55 m desde el 01 de enero de 2010. Trenes de carretera (+ de 33m y autobuses con un nuevo cuerpo de vehículo desde 1 de Octubre de 2004 en adelante; ancho = 2,55 m. Vehículos de temperatura controlada.
7. Puede estar permitido hasta 22 m sujeto a ciertas restricciones.
- 8a. En base a las condiciones especificadas en la EMS combinaciones deben tener máximo un lago de 25.25 m y un peso máximo de 60 tons.
- 8b. Transporte doméstico de contenedores de 45 ' es aceptado en combinaciones de vehículos (tractora - trailer y contenedor) con máximo de largo de 17.30 m. La máxima sobre dimensión del contenedor de la parte trasera no debe de exceder 0.60 m
9. Camiones portacontenedores = 4.35 m.

⁽²⁾ [Dimensiones máximas permitidas a los camiones en Europa](#), International Transport Forum (ITF), 2010. [Comparativa de pesos y dimensiones](#), versión de Aeutransmer en castellano.

Pesos máximos autorizados

La tabla adjunta muestra los **pesos máximos** en Europa: la primera columna indica la carga máxima que pueden transmitir las ruedas a la vía (con neumático doble o sin él), la segunda la carga máxima para el caso en que la rueda sea motriz y las siguientes se refieren a los camiones rígidos, a los trenes de carretera y a los vehículos articulados ⁽³⁾.

PESOS MÁXIMOS PERMITIDOS EN EUROPA							
PAÍS	PESO POR EJE RELACIONADO	PESO POR EJE CONDUCIDO	CAMIÓN 2 EJES	CAMIÓN 3 EJES	TREN DE CARRETERA 4 EJES	TREN DE CARRETERA 5 EJES Y MÁS	VEHICULO ARTICULADO DE 5 EJES Y MAS
Austria	10	11.5	18	26	36	40	40
Azerbaijan	10	10	18	24	36	42	44
Bélgica	10	12	19	26	39	44	44 (1)
Bosnia-Herzegovina	10	11.5	19	26	38	40	40
Bulgaria	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Croacia	10	11.5	18	24	36	40	40
República Checa	10	11.5	18	26 (2)	36	44 (2)	42 / 48
Dinamarca	10	11.5 (3)	18	26 (2, 3)	38	42 / 48	42 / 48
Estonia	10	11.5	18	26 (2)	36 (4)	40 (5)	40
Finlandia (6)	10	11.5	18	26 (2)	36	44 / 60 (7)	42 / 48
Francia	13	13	19	26	38	40	40
La FYROM	10	11.5	18	24	31	40	40
Georgia	10	11.5			44	44	44
Alemania	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Grecia	7 / 10	13	19	26	33	40	40
Hungría	10	11.5	18	25	30	40	40 / 44 (8)
Islandia	10	11.5	18	26 (2)	36	40	44
Irlanda	10	11.5 (9)	18	26 (2)	36	44 (2)	44 (2)
Italia	12	12	18	26 (2)	40	44	44
Latvia	10	11.5	18	26 (2)	40	40	40
Liechtenstein	10	11.5	18	26	36	40	40
Lituania	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40 / 44 (10)
Luxemburgo	10	12 (11)	19	26	44	44	44
Malta	10	11.5	18	25	36	40	40 / 44 (8)
Moldova	10	10	18	24	36	40	40
Montenegro	10		16	24	36	40	40
Países Bajos (12)	10	11.5	21.5	33	40	50	50
Noruega	10	11.5	19	26	37	42	44
Polonia	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Portugal (4)	10	12	19	26	37	40	40
Rusia	10	10	18	25 (2)	36	38	38
Eslovaquia	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Eslovenia	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
España	10	11.5	18	26	36	40	44 (13) / 42 (14)
Suecia	10	11.5	18	26 (2)	38	48 / 60 (10)	48 / 60 (10)
Suiza	10	11.5	18	26 (2)	36	40	40
Turquía	10	11.5	18	25 / 26 (16)	36	40	40 / 44 (10)
Ucrania	11	11	16 (17)	22 (17)	38 (17)	38 (17)	38 (17)
Reino Unido	10	11.5	18	26 (2)	36	40 (18)	40 / 44 (10, 18)

Notas:

1. Tractora de 2 ejes + semi trailer de 3 ejes: con suspensión mecánica = 43t; con suspensión neumática = 44t
2. Con suspensión de aires o similar
3. Peso por eje conducido: tráfico nacional = 10t, tráfico internacional = 11.5t; camiones 3 ejes: tráfico nacional = 24t; tráfico internacional = 26t
4. Tractora de 3 ejes + trailer de 1 eje = 35t
5. Tractora de 3 ejes y más + trailer de 3 ejes y más = 44t
6. Para vehículos registrados en un país miembro de EEA
7. 5 ejes = 44t; 6 ejes = 56t; 7 ejes = 60t
8. 44t es aplicable para contenedores de 40' ISO
9. Peso por eje conducido: con suspensión mecánica (tráfico nacional) = 10.5t; carretera de suspensión amiga (tráfico nacional) = 11.5t; tráfico internacional = 11.5t
10. Para vehículos comprometido en transporte combinado
11. Peso por eje conducible: suspensión mecánica = 11.5t
12. En base a las condiciones especificadas el la EMS las combinaciones de lago máximo 25.25 m y la masa máxima 60t
13. Tractora de 3 ejes con semitrailer de 2 o 3 ejes llevando un contenedor de 40' ISO como operación de transporte combinado
14. Tractora de 2 ejes con semitrailer de 3 ejes llevando un contenedor de 40' ISO como operación de transporte combinado
15. 5 ejes = 48t; 6 ejes = 58t; 7 ejes = 60t
16. Con las condiciones permitidas en regulación por tipo de aprobación
17. Portacontenedores de 2 ejes = 18t; 3 ejes = 24t; trenes de carretera de 4 ejes, 5 ejes y más y vehículos articulados de 5 ejes y más = 44t; portacontenedores con licencia para los servicios de autopista de Ucrania y la inspección del departamento de tráfico: trenes de carretera y vehículos articulados de 5 eje y más = 46t
18. Por operación general a 44t, al menos se requieren 6 ejes, el eje conducido no puede exceder de 10.5t y tiene que tener doble rueda / carretera de suspensión amiga. Los vehículos que no tengan suspensión amiga en los ejes conducidos tiene que tener doble rueda y el peso máximo no puede exceder 8.5t. Cada parte de la combinación tiene que tener por lo menos 3 ejes y el trailer tiene que tener suspensión amiga.

⁽³⁾ [Pesos máximos permitidos en Europa](#), ITF, 2010. [Comparativa de pesos y dimensiones](#), tomada de Aeutransmer.

¿Qué son los 'Longer and heavier vehicles'?

Habitualmente, se usa indistintamente términos como **LHV** ('*Longer and Heavier Vehicles*'), **LHL** ('*Longer and Heavier Lorries*'), **GCW** ('*Gross Combination Weight*'), **Gigaliners**, **Megatrucks**, **Megatrailers**, **Monstertrucks**, **Jumbotrucks**, **EMS (Sistema Modular Europeo)**, **EuroCombi**, etc.

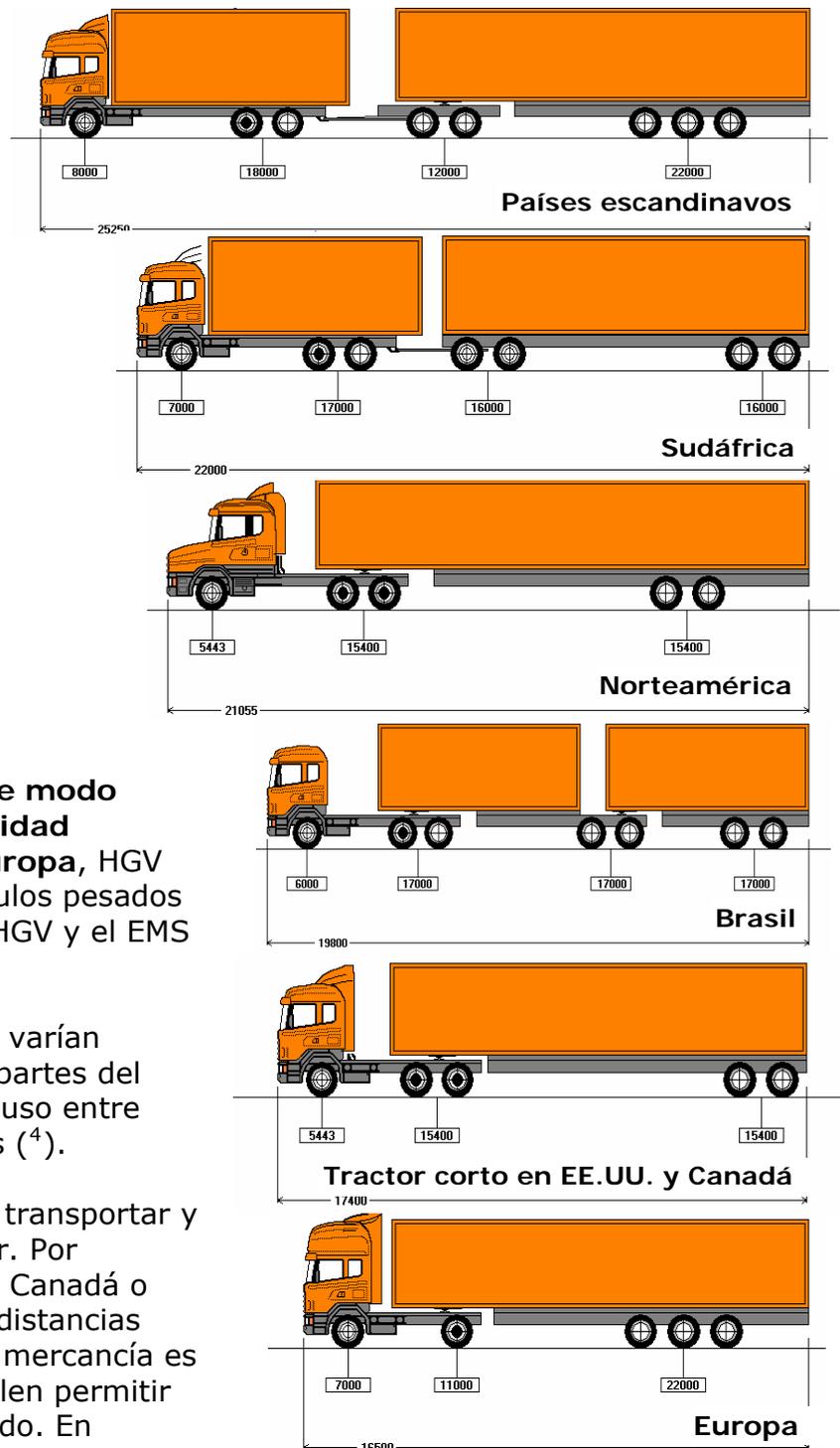
La variedad de términos puede considerarse como un síntoma de la falta de unanimidad en el tratamiento de este tipo de solución no estándar en el transporte por carretera.

La elección del término no es neutral: la expresión '**Higher capacity vehicle**' (**HCV**) se aplica a los vehículos con pesos y/o dimensiones fuera de las permitidas en la regulación convencional. Este término abarca el equivalente europeo LHV ('*Longer and/or Heavier Vehicles*'), el norteamericano LCV ('*Long Combination Vehicles*') el australiano HPV ('*Higher Productivity Vehicles*'), etc.

En adelante llamaremos **HCV de modo genérico a vehículos con capacidad superior a las permitidas en Europa**, **HGV** ('*Heavy Good Vehicle*') a los vehículos pesados (los HCV son una subclase de los HGV y el EMS una forma de HCV).

Las dimensiones y pesos máximos varían sustancialmente en las diferentes partes del mundo, entre países vecinos e incluso entre diferentes regiones del mismo país (4).

Esto se debe al tipo de producto a transportar y las distancias que hay que recorrer. Por ejemplo, en zonas como Australia, Canadá o Escandinavia, poco pobladas, con distancias muy grandes en las que el tipo de mercancía es principalmente materia prima, suelen permitir camiones muy largos y peso elevado. En cambio, en países con alta densidad de población los vehículos largos pueden tener problemas de maniobrabilidad y manejo.



(4) Figuras tomadas del [Study of stability measures and legislation of heavy articulated vehicles in different OECD countries](#), Wideberg, J et al, Universidad de Sevilla, KTH y Scania, 2006.

Los mayores trenes de carretera son las de Australia donde, dependiendo de la zona, permiten camiones con varios remolques hasta una longitud total de 53 m. En algunas aplicaciones especiales, como por ejemplo en algunos puertos, también existen estos trenes de carretera.

En la figura se muestran, ordenados por longitud máxima, los camiones que pueden circular por las carreteras de Australia, Finlandia y Suecia, Sudáfrica, Norteamérica, Brasil y Europa. Un signo negativo indica que no existe limitación: en el camión Norteamericano no existe limitación de la longitud total sino sólo de la masa total y de la longitud máxima del semirremolque (se permite el uso cabezas tractoras muy largas si el camión no supere la masa total). En la tabla adjunta se indican los valores más importantes de pesos máximos ⁽⁵⁾.

Masa máxima autorizada en diferentes países						
Masa máxima para...	Australia	P. escandinavos	Sudáfrica	Norteamérica	Brasil	Europa
MMA	115,5	60	56	36,3	45	40
Eje directriz	6	10	7,7	5,44	5,5	10
Eje motriz	-	11,5	-	-	-	11,5
Eje simple (2)	6 ^(a)	10	8	8,16	6	10
Simple gemelas (4)	9	10	9	8,16	10	10
Grupo tándem (4)	11	11,5-20 ^(c)	16	15,4	12 ^(d)	11-20 ^(f)
Tándem gemelas (8)	16,5	11,5-20 ^(c)	18	15,4	15-17 ^(c)	11-20 ^(f)
Grupo eje tridem (6)	20 ^(b)	21-24 ^(c)	24	15,44-28,5 ^(c)	-	21-24 ^(e)
Tridem gemelas (12)	20	21-24 ^(c)	24	-	25,5 ^(e)	21-24 ^(e)

Pesos en toneladas // – indica que no hay limitación // Entre paréntesis, número de neumáticos por grupo de eje.

^(a) Sólo permitido como eje directriz.
^(b) El ancho de la rueda tiene que ser al menos 375 mm.
^(c) Depende de la distancia entre ejes.
^(d) Tienen que ser ejes directrices.
^(e) Solo aplicable a remolques y semirremolques.
^(f) Depende de la distancia entre ejes y solo aplicable a remolques. La restricción del tándem de la tractora está entre 11,5 y 19 t, dependiendo del espacio entre ejes y la suspensión.

Evolución de las dimensiones máximas autorizadas en Europa

Europa es un continente densamente poblado, con restricciones técnicas viales condicionadas por la orografía, la historia, etc. Reducir el número de camiones en las carreteras europeas se ha convertido en un objetivo político. Una de las posibles soluciones para lograr este objetivo es el aumento de la eficiencia del transporte.

Esto se puede lograr aplicando varias estrategias complementarias:

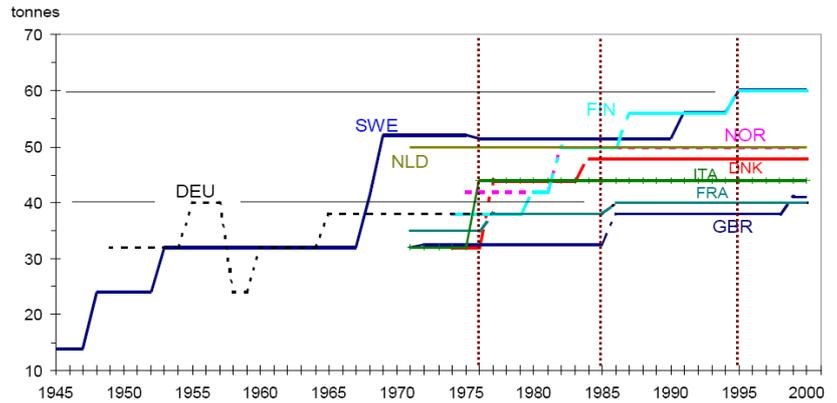
- más eficiencia en la logística y aprovechamiento de la capacidad de carga,
- mejora de algunas infraestructuras,
- más uso del transporte combinado, y
- más eficiencia de cada modo de transporte (en carretera, camiones más largos, de más peso y más inteligentes, porque cada tonelada o metro cúbico adicional en el remolque se traduce en menores costes unitarios).

En las últimas décadas la masa máxima admisible de los camiones en los países europeos ha crecido de 10 a 30 t, es decir, un 150%. Una tendencia similar se puede observar en el aumento en la longitud máxima permitida ⁽⁶⁾.

⁽⁵⁾ Datos tomados del [Estudio y comparación de la maniobrabilidad y manejo de vehículos articulados de varios países](#), Johan Wideberg, Martin Svensson, Francisco Morales, Universidad de Sevilla, Scania y KTH, 2006.

⁽⁶⁾ Gráfico elaborado por [Volvo Trucks](#).

Actualmente, las masas y dimensiones de los camiones en el transporte internacional por carretera europeo están reguladas por la **Directiva 96/53/CE**. Pese a los intentos de cambiarla, se ha mantenido en vigor, ligeramente modificada, desde el año 1996 y permite a los estados autorizar vehículos destinados al transporte de mercancías más largos y más pesados (**HCV**) para experimentos en su territorio nacional, "siempre que no afecten a la competencia internacional en el sector del transporte, si se llevan a cabo durante un período de prueba y que los estados miembros que lleven a cabo estos experimentos informen a la Comisión Europea". Esto abre la puerta a la experimentación, pero sólo a nivel nacional.

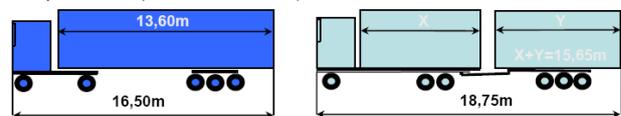


La Directiva no permite otorgar licencias para HCV, pero permite las exenciones. Por lo tanto, para apartarse de los requisitos legales y utilizar un HCV, una empresa de transporte necesita **una exención especial, sujeta a ciertas condiciones**.

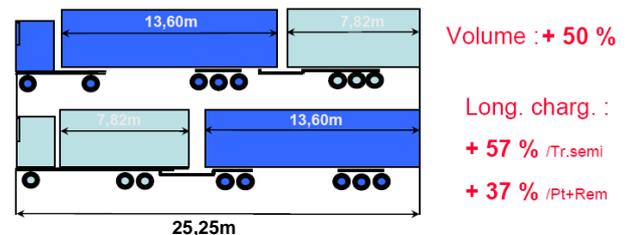
El concepto de sistema modular europeo (EMS)

La longitud máxima total autorizada en la UE es 18,75 m con un peso máximo de 40 t, o 44 t si se transporta un contenedor ISO. Sin embargo, la normativa limita los semi-remolques a 16,5 m y 18,75 si los camiones transportan una unidad estándar de 7,82 m más otra adicional de 7,82 m remolcada (7).

Directive Européenne (40 / 44 tonnes)



Silhouettes E.M.S.



El EMS ('European Modular System')

es una combinación modular contemplada en la normativa europea (Directiva 2002/7/CE que modifica la Directiva 96/53/CE) que está formada por elementos de transporte usuales en Europa, ensamblados de modo que formen conjuntos homogéneos, para optimizar la capacidad de transporte:

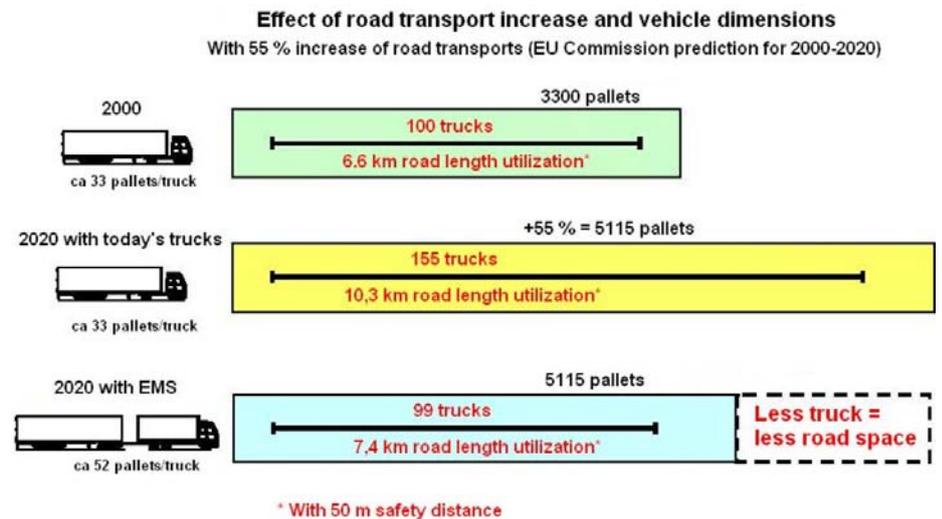
- camión "portador" (7,82 m) tirando de un semirremolque a través de una plataforma (13,6 m), ó
- tractora con semirremolque (13,6 m) más remolque (7,82 m).

El uso de módulos estándar permite desprenderse con facilidad (en los terminales y aparcamientos) de algunos módulos y usar las combinaciones más largas (25,5 m) cuando es posible y las más cortas en las zonas urbanas o de difícil acceso.

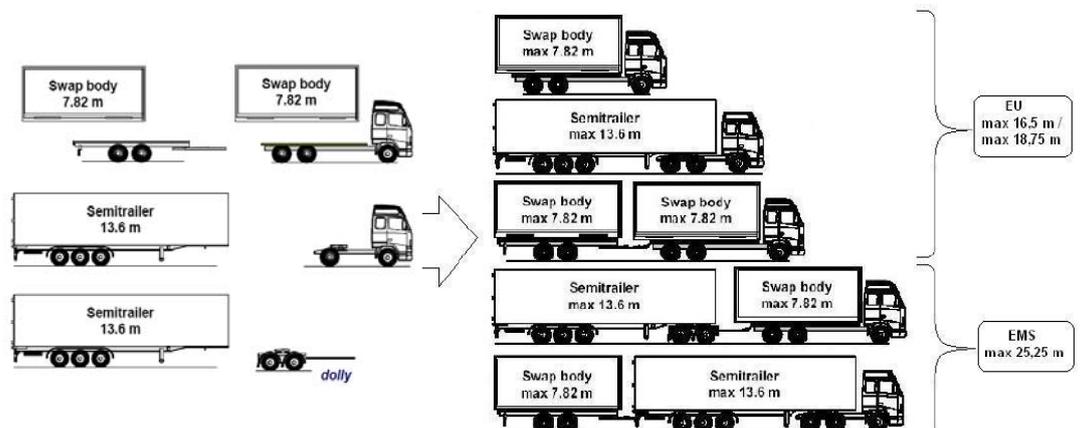
(7) Estas medidas corresponden a la [Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a las unidades de carga intermodales COM/2003/0155 final - COD 2003/0056](#) según la cual las UECE/EILU deben tener una anchura interior que permita colocar una al lado de la otra, bien 2 euro paletas en el sentido de su longitud (2 x 1,2 m), bien 3 euro paletas en el sentido de su anchura (3 x 0,8 m), con un margen de maniobra suficiente. La UECE larga no deberá superar los 13,6 m de longitud exterior, mientras que la UECE corta no podrá sobrepasar una longitud exterior de 7,82 m.

A efectos prácticos, la longitud máxima de 25,25 m fue elegida por ser el equivalente de una tractora con un remolque de 13,6 m y una caja móvil de 7,82 m. Permite transportar **52 paletas europeas** (120x80 cm) en lugar de las 33 que permite un camión en la actualidad. También pueden transportar contenedores ISO, sea uno de 40 pies (12,192 m), o incluso 45 pies (13,58 m), más uno de 20 pies (6,058 m), o bien tres de 20 pies. Esto aumenta el volumen (transporte de automóviles, por ejemplo), la masa y la capacidad de intermodalidad ⁽⁸⁾.

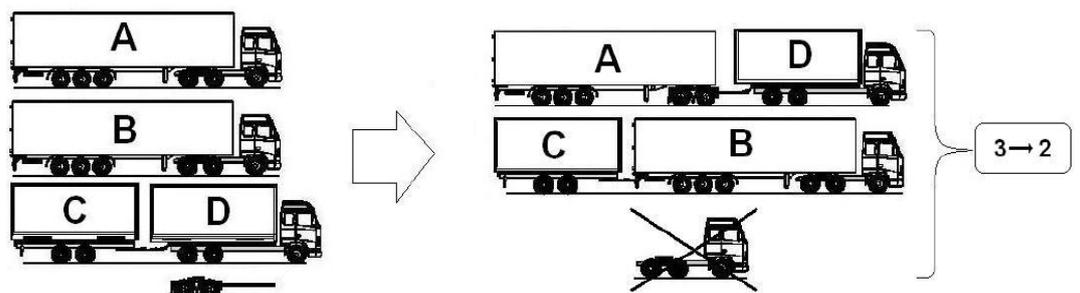
Antes de la Directiva 96/53 los vehículos de más de 18,75 m y más de 44 t ya operaban en Suecia. La longitud máxima era ilimitada y la única limitación era de carga por eje. Al ingresar en la UE, Suecia modificó su normativa vial de acuerdo con la excepción de las dimensiones autorizadas. Esto permitió unir trailers y semitrailers del continente formando combinaciones de 60 t y 25,25 m. Este método es el sistema modular y permite a los camiones alcanzar los requisitos de longitud máxima de Suecia.



La introducción del concepto modular en la Directiva proporcionó a los países nórdicos la oportunidad de mantener su estatus jurídico. En 1996 la UE acordó formalizar y generalizar la excepción y permitir a todos los Estados miembros el derecho de aplicar las dimensiones y el sistema modular de Suecia.



El debate sobre los vehículos más largos y más pesados que los autorizados ha sido continuo desde 1960.



⁽⁸⁾ [Possible consequences of a new European container standard \(EILU\)](#), Frederik Hallbjörner + Claes Tyrén, School of Maritime Studies, Chalmers Lindholmen University College, Göteborg, 2004. El gráfico ilustra la ocupación de la vía utilizando pesados o EMS, elaborado por Volvo Trucks y es utilizado en [Fahr-dynamische Analyse innovativer Nfz-Konzepte \(EuroCombi\)](#), 2007, de la VDA (Automotive Industry Association).

Muchos países plantearon aprovechar las excepciones creadas por la Directiva 96/53. Un país de la UE que autorice la circulación de vehículos más largos que los indicados en la Directiva también tiene que permitir la circulación de los trenes de carretera formados por módulos estándar (vehículos, remolques de 7,82 m y semi-remolques de 13,6 m). En la actualidad, los EMS están autorizados en otros países de la UE en los que, bajo el concepto modular, se permite circular en vías específicas a vehículos que pueden tener una longitud de hasta 25,25 m y un peso bruto de 60 t ⁽⁹⁾.

Otros 'Higher capacity vehicle' (HCV) en Europa

Se ha ensayado en algunos países europeos otro vehículo pesado que supera las dimensiones permitidas. Es un vehículo articulado conocido como Megatrailer o Eurotrailer. Consta de una combinación de vehículos con una tractora y un semirremolque alargado 1,30 m. La longitud total del vehículo es de 17,80 m, superando los 16,50 m permitidos por la Directiva 96/53 para este tipo de vehículos. Como los EMS, pueden ser autorizados para la circulación en los territorios de los Estados de la UE bajo el concepto modular de la Directiva.

La información de los fabricantes de semirremolques permite creer que los Megatrailers tienen posibilidades de ser utilizados a mayor escala. La longitud adicional se traduce en un espacio de carga adicional de alrededor de 10 m³, lo que permite cargar cuatro europaletas adicionales y pueden llevar contenedores de 45 y de 48 pies, hasta ahora no utilizados en el mercado europeo.

Las investigaciones demuestran que es posible alcanzar el 8% de reducción de la congestión vial mediante el uso de semirremolques más largos, son totalmente compatibles con los semirremolques utilizados hasta ahora y cumplen con las normas pertinentes de la maniobrabilidad del vehículo. Como los megatrailer son más cortos que la longitud máxima autorizada de un tren de carretera (18,75 m), no se requiere ningún trabajo adicional para adaptar la infraestructura vial.

Una desventaja es que no se pueden llevar en los vagones estándar utilizados en el transporte combinado. En Alemania se han probado desde 2006. En 2009 Polonia permitió poner a prueba 300 semirremolques alargados. Pruebas similares se llevan a cabo en la República Checa y Hungría ⁽¹⁰⁾.

Como los EMS se componen de módulos estándar que cumplen con el tamaño y el peso de los vehículos autorizados a viajar en Europa, son más restrictivos que otras modalidades de HCV, que puede consistir en módulos fuera de las normas europeas.

Consecuencias del aumento de las dimensiones máximas

Permitir HCV produciría ganadores y perdedores. Los beneficios se repartirían entre la economía y la sociedad en su conjunto, en forma de menores costos de transporte e impactos ambientales. En cambio, hay temor de que los otros modos de transporte, especialmente ferroviario, serían menos competitivos y perderían cuota de mercado.

Mejorar la eficiencia del sector de la carretera, obviamente, podría empeorar la posición competitiva de otros modos, especialmente el transporte por ferrocarril. El impacto sobre

⁽⁹⁾ Figura tomada de [European Modular System for road freight transport - experiences and possibilities](#), Ingemar Åkerman + Rikard Jonsson, Transport Research Institute (TFK), Report 2007:2E.

⁽¹⁰⁾ [Conditions of cargo transport by non-standard vehicles in Europe](#), Bogusz Wiśnicki + Wiesław Galor, Federal Association of SME's, Rostock, NPPE Klaipeda Shipping Research centre.

el transporte combinado, especialmente Ro-Ro, no está claro. Depende de varios factores, incluidas las cuestiones organizativas de cada uno de los modos, así como las políticas de precios. El equilibrio modal se puede lograr con inversiones y mejoras también en los otros modos.

En el sector de la carretera, el aumento de la eficiencia significaría menos conductores, pero mejor formados y remunerados. También son posibles los desequilibrios entre los costes y beneficios territoriales, etc. En general, sin embargo, los beneficios potenciales superan claramente los costes asociados. Además, es posible introducir nuevas medidas legislativas para asegurar que su introducción, en los segmentos de mercado específicos y bajo ciertas condiciones, maximiza los beneficios y compensa las partes interesadas ante posibles efectos negativos.

Se prevén consecuencias de tres tipos y todas ellas tienen que ser analizadas a fondo antes de adoptar decisiones y/o futuras soluciones técnicas, independientemente de la cuantía del aumento y de si lo es en la longitud y/o en el peso:

- **Económicas:** incluyen el dimensionamiento y mantenimiento de las infraestructuras (vías, puentes, rotondas, intersecciones, estacionamientos...) y la eficiencia del transporte (debido al menor número de camiones necesarios para una determinada cantidad de bienes y a que los transportes de larga distancia suelen ser más sensibles al volumen máximo autorizado) y de la cadena de suministro (menos problemas de congestión por liberación de capacidad en las vías, al reducir el número de camiones para una misma cantidad de mercancías).
- **Medioambientales:** se refiere tanto al consumo de energía como a las emisiones contaminantes, ruido o vibraciones (menos por t-km transportada), y a las consecuencias ambientales de los cambios en el reparto modal que puedan surgir (posibilidad de que la reducción de emisiones generadas por t-km transportada se vea compensada por un cambio modal negativo, que aumente la cuota de la carretera en detrimento del ferrocarril).
- **Sociales:** el principal problema aquí es la seguridad vial, ya sea desde la perspectiva subjetiva (sentimientos de los demás usuarios respecto a los HCV) u objetiva (cantidad, riesgo y gravedad de posibles accidentes con implicación de los HCV); en menor medida, también son un tema de investigación los efectos del ruido y la vibración de estos vehículos en la salud.

Análisis de las consecuencias del aumento de dimensiones

En los últimos años se han publicado muchos estudios, trabajos científicos y opiniones de expertos, encaminados a evaluar la influencia de los HCV en el mercado europeo de transporte. Los resultados no son ni pueden ser inequívocos.

En los estudios realizados por las compañías ferroviarias o los operadores de transporte combinado se hace especial hincapié en mostrar los efectos negativos de autorizar los HCV. En los realizados por transportistas por carretera se destacan las ventajas de la operación con HCV. Los estudios encargados por las autoridades europeas y nacionales parecen ser más objetivos, pese a sus limitaciones.

El análisis de los impactos de los HCV es bastante complicado, ya que implica la adopción de supuestos relativos a las características técnicas de los vehículos, la evaluación de los costes a nivel de camiones, la estimación de las repercusiones en los

costos de las mercancías transportadas, la predicción de la cuota de mercado para los HCV y el cálculo de los impactos externos, incluidos los daños ambientales, accidentes y desgaste de las vías.

Numerosos estudios con distintos niveles de detalle se han llevado a cabo en la última década. Pero, dado que los estudios disponibles utilizan diferentes suposiciones e hipótesis, no es de extrañar que sus resultados difieran de manera significativa y no haya consenso.

Mencionaremos los encargados por organismos internacionales más recientemente. En particular, como el debate es muy sensible, la Comisión Europea ha considerado necesario entender todas las posibles implicaciones económicas y los efectos en la infraestructura vial, la seguridad y el medio ambiente, antes de decidir si es necesario introducir modificaciones en la Directiva para permitir los HCV en el tráfico internacional.

- **En 2007-2008 la Dirección General de Energía y Transporte (DG TREN)** de la época, de la Comisión Europea, encargó un estudio para abordar los efectos sobre la infraestructura, la energía, las emisiones de CO₂, la seguridad, la demanda de transporte y el trasvase desde otros modos de transporte. No tuvo aceptación unánime entre los diferentes actores de la logística y el transporte y generó polémica desde diversos grupos de presión, incluido el del ferrocarril. Los críticos se han centrado en los supuestos sobre la elasticidad de la demanda con respecto al precio de los diferentes modos de transporte, tema muy sensible ⁽¹¹⁾.
- **En 2009, el Institute for Prospective Technological Studies** llevó a cabo un análisis de Monte-Carlo ⁽¹²⁾ para evaluar diferentes combinaciones de hipótesis iniciales y ver su influencia en los resultados finales e identificar una gama de posibles costos y beneficios con menor incertidumbre. Los resultados sugieren que el impacto potencial de la introducción de HCV en la UE puede ser positivo tanto en términos económicos como ambientales, debido al aumento de carga útil por vehículo, porque se necesitarían menos camiones para transportar el mismo volumen de mercancías ⁽¹³⁾.
- Uno de los escenarios previstos en otro estudio europeo complementario sobre los objetivos de política de transporte de mercancías en el horizonte 2050 implica la adaptación de los pesos y dimensiones de los vehículos de carretera ⁽¹⁴⁾.
- **En 2010, el International Transport Forum de la OCDE** abordó el tema con el apoyo de expertos de diferentes países en los que la situación es muy variada, con características viales y actitudes logísticas muy diferentes. Sus objetivos: establecer el estado de la cuestión y modelizar una cuarentena de vehículos, teniendo en cuenta su rendimiento y el comportamiento (estabilidad, maniobrabilidad, comportamiento dinámico, etc.) ⁽¹⁵⁾.

⁽¹¹⁾ [Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC](#), TREN/G3/318/2007, European Commission, DG TREN, 2008, estudio encargado al consorcio formado por Transport and Mobility Leuven (TML, Bélgica), Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO, Países Bajos), le Laboratoire Central des Ponts et Chaussées (LCPC, Francia), le Service d'études sur les transports, les routes et les aménagements du Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (Sétra, Francia) y la Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen (RWTH Aachen University, Alemania).

⁽¹²⁾ El **método de Montecarlo** proporciona soluciones aproximadas a una gran variedad de problemas matemáticos complejos y costosos de evaluar con exactitud, posibilitando la realización de experimentos con muestreos de números pseudo aleatorios en ordenador.

⁽¹³⁾ [Longer and Heavier Vehicles for freight transport](#), Panayotis Christidis, Guillaume Leduc, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European Commission, 2009.

⁽¹⁴⁾ [FREIGHTVISION - Freight Transport 2050 Foresight](#) 2008-2010 es un proyecto encargado por la Dirección General de Movilidad y Transporte (DG MOVE) y coordinado por AustriaTech.

⁽¹⁵⁾ [Moving Freight with Better Trucks](#). Improving safety, productivity and sustainability. Summary document. International Transport Forum, OECD, 2010.

- **En 2010, la Dirección General de Movilidad y Transportes** de la Comisión Europea (DG/MOVE) encargó un nuevo estudio a otro consorcio para evaluar las implicaciones positivas y negativas de una posible revisión de la normativa vigente sobre pesos y dimensiones de los vehículos comerciales pesados. Objetivos ⁽¹⁶⁾:
 - Identificar los resultados comunes a los estudios previos y definir conclusiones comunes;
 - Identificar las áreas de desacuerdo entre los estudios existentes e investigar si son consecuencia de un genuino desacuerdo científico o provienen de la aplicación en diferentes regiones geográficas, de los diferentes escenarios de reglamentación sobre las opciones de diseño de la vía o de vehículos, de la aplicación de diferentes herramientas de análisis, de diferentes hipótesis de partida, etc.
 - Producir una visión común de estas áreas de desacuerdo, aceptada por todos los analistas participantes en la investigación original, siempre que sea posible.
 - Identificar las áreas de verdadera incertidumbre técnica y, siempre que sea posible, llevar a cabo una investigación más detallada para reducir la incertidumbre.
 - Catalogar y cuantificar con rigor los posibles efectos de una serie de medidas técnicas y políticas que podrían afectar el impacto que cualquier cambio de la regulación de pesos y dimensiones podría tener.
 - Proponer y evaluar opciones de políticas más detalladas.

Parece que la Comisión ha puesto en duda la imparcialidad del consorcio y, por lo tanto, el estudio se ha suspendido. El informe preliminar identifica los estudios técnicos publicados hasta 2011, con indicación de su localización en Internet, y describe una revisión de la gama de posibles opciones políticas disponibles ⁽¹⁷⁾.

Síntesis de resultados del análisis de los impactos de los HCV

El impacto neto, de una introducción de los HCV a gran escala en la UE, sobre el bienestar sería positivo en todas las combinaciones posibles de valores para las variables de entrada. El **análisis de sensibilidad** permite la identificación de las variables que más contribuyen a la varianza de la estimación de ganancia neta total de bienestar. Se derivan tres mensajes principales ⁽¹⁸⁾:

- La ganancia neta de bienestar tiene una alta correlación con el **grado de generalización de los HCV**: maximizar su participación sería positivo para la economía en su conjunto, dado que un mayor número implicaría un aumento del ahorro en los costes de transporte. Ha de ser el propio mercado quien determine el nivel óptimo.
- **El aumento promedio en la carga útil** (en términos absolutos, es decir, toneladas) es también un factor importante, especialmente en viajes de menos de 800 km, porque la carga promedio actual de estos viajes es muy baja y el

⁽¹⁶⁾ El estudio [European Study on Heavy Vehicle Weights and Dimensions \(DG/MOVE, 2010-11\)](#) fue encargado por la Dirección General de Movilidad y Transporte (DG MOVE) en 2010 a un consorcio formado por (socios) Transport Research Laboratory (TRL Reino Unido), NEA Transportonderzoek en -opleiding (Países Bajos), LCPC (Francia), Forum of European National Highway Research Laboratories (FEHRL) y cuatro subcontratistas: Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI, Suecia), Sétra (Francia), Rijkswaterstaat Dienst Verkeer en Scheepvaart (RWS DVS, Países Bajos) y Bundesanstalt für Strassen - wesen (BASt, Alemania).

⁽¹⁷⁾ [Assessing the likely effects of potential changes to European heavy vehicle weights and dimensions regulations - Project Inception Report](#), Transport Research Laboratory, para el proyecto TREN/B3/110/2009 (Study on the socio-economic effects and technical details of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC within Member States national transport as well as in International transport), European Commission, DG MOVE, 2010.

⁽¹⁸⁾ Del estudio [Longer and Heavier Vehicles for freight transport](#), Panayotis Christidis, Guillaume Leduc, Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European Commission, 2009.

aumento daría lugar a importantes ahorros de costes de transporte (como la capacidad de carga real de los camiones convencionales está subutilizada, los HCV tendrían impacto sólo en segmentos específicos del mercado de bienes de alto valor, eficiencia logística, envíos de gran tamaño y la larga distancia).

- La tercera variable importante es el **supuesto aumento de los costes externos por vehículo** de los HCV en comparación a los vehículos convencionales, lo que afecta a las emisiones, los accidentes y los costes de deterioro de infraestructura por el cambio de la composición de la flota y también al aumento global de los costes externos por pérdida de cuota de transporte del ferrocarril y vía navegable.

De los numerosos estudios disponibles, pueden extraerse cinco conclusiones:

- 1) Pese al aumento de consumo por vehículo, **los HCV reducen los costos por t-km** transportada, principalmente por los ahorros en combustible, en conductores y amortización de vehículos.
- 2) Es difícil estimar el volumen de la masa de **carga que puedan ganar los HCV en detrimento de los operadores ferroviarios**, en particular en el largo plazo.
- 3) La disparidad en el desarrollo de infraestructuras y distribución de carga entre diferentes países europeos indica que el cálculo de pérdidas y ganancias relativas a la introducción generalizada de los HCV **debe analizarse por regiones**.
- 4) Los mayores costos asociados a la autorización para la libre circulación de los HCV son los de la **adaptación de infraestructura** y la estimación de estos costos ha de efectuarse localmente, por ejes.
- 5) El análisis de la información existente demuestra que autorizar los HCV **contribuiría a reducir las emisiones de efecto invernadero y reduciría la congestión** de las carreteras y la necesidad de nuevas infraestructuras; esto podría lograrse sin aumento en el riesgo de accidentes ni de desgaste de las vías.



Incidencia de los HCV sobre la eficiencia del transporte

La congestión afecta negativamente el tiempo de transporte y las emisiones. Otro factor negativo es el crecimiento dinámico del precio del combustible, principal componente de los costos de transporte por carretera, junto a los costes de conductor. La única solución realista a estas dos cuestiones es la mejora continua de los parámetros de la infraestructura vial y un aumento en la eficiencia de transporte.

TRANSPORT EFFICIENCY IS ALSO: PICKING THE MOST APPROPRIATE VEHICLE FOR THE JOB

SOURCE: VOLVO

GCW/GVW* tonne	Load Capacity tonne	Distance km	Fuel Consumption l/100km	tonnekm	l/1000tonnekm at 100% utilisation	normal utilisation	l/1000tonnekm considering normal utilisation	
LONG DISTANCE								
26		17	100	25	1700	14.7	70%	21.0
40		25	100	32	2500	12.8	70%	18.3
60		40	100	43	4000	10.8	70%	15.4
URBAN DISTRIBUTION								
3.5		1.5	100	12	150	80.0	45%	177.8
7.5		4	100	15	400	37.5	45%	83.3
12		7.2	100	19	720	26.4	45%	58.6
18		11	100	22	1100	20.0	45%	44.4

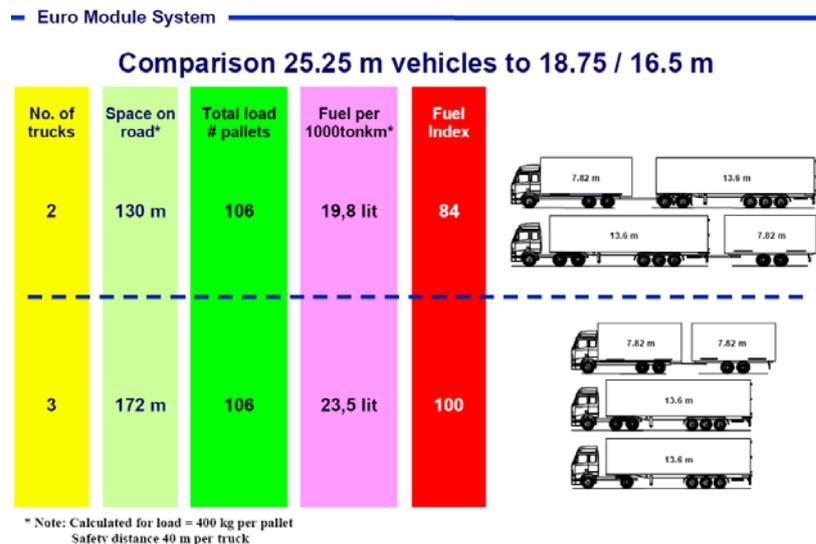
*Gross Combination Weight (Long Distance) / Gross Vehicle Weight (Urban Distribution)

La eficiencia se puede medir con un "índice de eficiencia de la carretera" y un "índice de eficiencia de combustible". Ambos mejoran al aumentar las dimensiones del vehículo. Se reduce el consumo de combustible por t-km, que también afecta a las emisiones. **Eficiencia e impacto ambiental están íntimamente correlacionados.**

La capacidad de carga de los camiones se puede expresar en tres formas diferentes, dependiendo del tipo de productos y segmentos de mercado:

- o Capacidad por volumen de carga (m³).
- o Capacidad de carga medida por la longitud del área de carga (paletas).
- o Capacidad de carga medida en peso (toneladas).

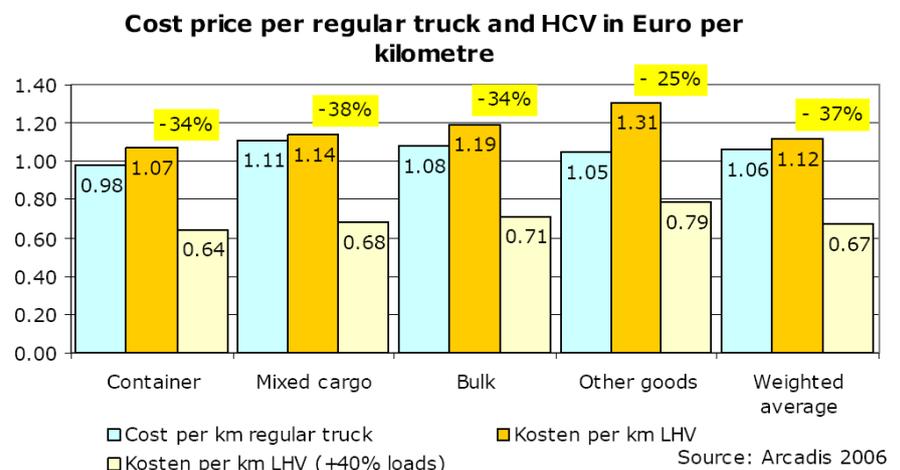
Al añadir longitud del área carga, la capacidad de peso también puede ser aumentada. Pero los camiones rara vez agotan capacidad en peso. Este resultado es también una explicación de por qué el método para medir el transporte en t-km no es mejor manera. Sin embargo en este momento no hay otra alternativa mejor.



de
SU
la

La mayoría de los transportes de larga distancia en Europa son del tipo carga general y son más sensibles a la capacidad de carga de los camiones **medida en número de paletas o en volumen**. Estudios en algunas empresas de transporte importantes de Europa realizados por NEA y TFK, analizando un número de viajes que representa un promedio anual, demuestran que el transporte es más sensible al número de paletas: la capacidad promedio utilizada fue de 92% (número de paletas), 82% en volumen y 57% en términos de peso. Análisis similares han indicado resultados concordantes ⁽¹⁹⁾.

Evaluaciones experimentales realizadas durante muchos años en Países Bajos, indican que con la **reducción del número de vehículos necesarios** para transportar la misma cantidad de productos, se consigue ahorros entre 25 y 40% por trayecto (según sectores: 34% en contenedores y graneles, 38% en productos al por menor y 25% en otras cargas), pese a que el costo por kilómetro de un HCV es un 6% mayor que el de un tren de carretera tradicional (según el tipo de carga, entre 10% para graneles y 3% para mercancías al por menor).



⁽¹⁹⁾ [Truck masses and dimensions - Impact on transport efficiency](#), Kenth Lumsden, Department of Logistics and Transportation, Chalmers University of Technology, Gothenburg, 2004.

Incidencia de los HCV sobre las infraestructuras

En lo referente a las estructuras, la Instrucción sobre Acciones a considerar en el proyecto de **puentes de carretera** (IAP-98) establece que el cálculo de un paso superior o un viaducto debe incluir, además de las cargas uniformemente repartidas, un carro con un peso de 60 t dividido en seis cargas puntuales. Aunque la carga máxima autorizada para el transporte de mercancías alcanzara esta cifra, la distribución de cargas del carro de la Instrucción continuaría siendo más desfavorable a efectos de cálculo que los HCV de 60 t. Por este motivo, no se prevé que los HCV impliquen un riesgo para la seguridad de las estructuras, aunque sería necesario analizar, para las nuevas cargas, el estado límite de fatiga de puentes y pasos superiores ⁽²⁰⁾.

En cambio, es más probable que surjan problemas de durabilidad. El incremento de carga puede afectar a las partes más débiles de la estructura desde un punto de vista de los estados límite de servicio. En consecuencia, puede ser necesario reforzar algunas estructuras en las zonas de apoyo y en las juntas de dilatación para evitar fisuraciones excesivas que acorten su vida útil. Pero los potenciales problemas sólo pueden diagnosticarse mediante un análisis individual en cada caso.

El análisis de los efectos de un incremento de carga **sobre los firmes** es más complejo, ya que en este caso hay que considerar los efectos dinámicos de las cargas, además del valor de la carga total, el número de ejes y la configuración de los camiones.

Con este objetivo se han realizado y se continúan realizando estudios que tratan de reproducir el comportamiento de distinto tipo de firmes frente nuevas configuraciones de HCV.

La tabla adjunta muestra los impactos sobre las infraestructuras derivados de la circulación de varias combinaciones de vehículos, con distinto peso bruto, sobre diferentes tipos de pavimento ⁽²¹⁾.

Summary of the consequences on infrastructures, without countermeasures

Code	Shape	Pavement	Bridges	
			Extreme loads	Fatigue
A40 (current vehicles)		1	Green	Green
A44		2.39	Yellow	Yellow
A48		>2.39	Red	Red
B40		1.22	Green	Green
B44		1.92	Yellow	Yellow
B48		>1.92	Red	Red
C40		1.02	Green	Green
C44		1.42	Yellow	Yellow
C48		1.85	Red	Red
D46		1.04	Green	Green
E50		0.55	Yellow	Green
F50		0.53	Yellow	Green
G50		0.42	Yellow	Green
E60		2.05	Red	Red
F60		2.07	Red	Red
G60		1.46	Yellow	Red

■ No consequences
 ■ Moderate consequences
 ■ Important consequences

En algunos casos (en rojo), cabe prever consecuencias importantes y hay que evitar las combinaciones correspondientes (A44, A48, B44, B48, C48, E60, F60 y G60). Resulta especialmente dañina la combinación A44 (cabeza tractora de 2 ejes y semirremolque de 3 ejes), usada actualmente en diferentes países, y se sugiere sustituirla por la C44 (cabeza tractora de 2 ejes y semirremolque de 3 ejes).

⁽²⁰⁾ [Pavimentos de hormigón armado continuo frente a otras soluciones: Megatrucks](#); César Bartolomé - Carlos Jofré Ibáñez, Revista Zuncho, nº 23, Ferraplus, 2010.

⁽²¹⁾ Gráfico y datos tomados de [Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC](#), TREN/G3/318/2007, European Commission, DG TREN, 2008.

La carga de los HCV ha de ser redistribuida en vehículos más pequeños para el transporte por vías interurbanas y centros urbanos. Esto ya sucede con los actuales camiones de 18,75 m, lo que significa que no serían necesarios nuevos **centros de ruptura de carga**. Esto permite suponer que no es necesario modificar la infraestructura existente para el uso de camiones más largos. Por el contrario, la necesidad de nuevas infraestructuras se reduce debido a que menos camiones en las carreteras reducirían la congestión del tráfico y liberarían capacidad.

Incidencia de los HCV sobre el desgaste carretera

El peso total del vehículo no es el aspecto más relevante para evaluar si los HCV tienen efectos en el desgaste de la carretera y al considerar los accidentes causados por estas condiciones de deterioro de la carretera. Es **más determinante el peso por eje**, junto con el peso total que pasa por la vía. El límite de la UE de 11,5 t de presión por eje, por lo tanto, es más relevante cuando se mira los efectos del desgaste vial que el peso total autorizado.

Los sistemas de camiones modulares de 25,25 m más comunes tienen siete u ocho ejes en comparación con los 5 ó 6 que tiene los de 18,75 m. En consecuencia, los sistemas modulares ya tienen un **menor peso promedio por eje** y el peso total que una carretera soporta se reduce considerablemente al retirar de las carreteras uno de cada tres camiones, y su correspondiente tractora (²²).

Existen dos tipos principales de desgaste de la vía que están fuertemente influenciadas por los vehículos pesados: son la fatiga y las roderas. El Instituto Sueco de Investigación del Transporte (TFK) afirma que los EMS producen un menor desgaste y deterioro de las carreteras en comparación con los actuales trenes de carretera de 40 t. Pero las diferencias entre las combinaciones son tan pequeñas que son casi insignificantes. Por lo tanto la única conclusión se centra en los daños relacionados con la capacidad de volumen (²³).

Configuraciones HCV/EMS de 25m / 60t	Longitud de carga	Carga útil	Agresividad relativa
 Articulado TS23 < 16,5m/44t Tractora-semirremolque (2+3 ejes)	13,6m	29t/97m ³ /33 europalets	1,00 (flexible) / 1,00 (rígido)
 Tren CR < 18,75m/44t Camión + remolque (3+ 2 ejes)	15,65m	29t/112m ³ /38 europalets	
 TSR33 < 25m/60t Tractora (3 ejes) + semirremolque (3 ejes) + remolques (2 ejes)	21,4m		0,79 (flexible) / 0,06 (rígido)
 TSR23 < 25m/60t Tractora (2 ejes) + semirremolque (3 ejes) + remolques (2 ejes)	16,5m/44t y +37% que el CR de 18,75m/44t	40t/156m ³ /53 europalets (+38%/+61%/+61% que el TS23 de 16,5m/44t y +38%/+39%/+39% que el CR de 18,75m/44t)	1,24 (flexible) / 1,02 (rígido)
 CDS < 25m/60t Camión (3 ejes) + plataforma (2 ejes) + semirremolque (3 ejes)			0,96 (flexible) / 0,49 (rígido)
 CRR < 25m/60t Camión (3 ejes) + 2 remolques (2 ejes cada uno)			1,26 (flexible) / 0,59 (rígido)

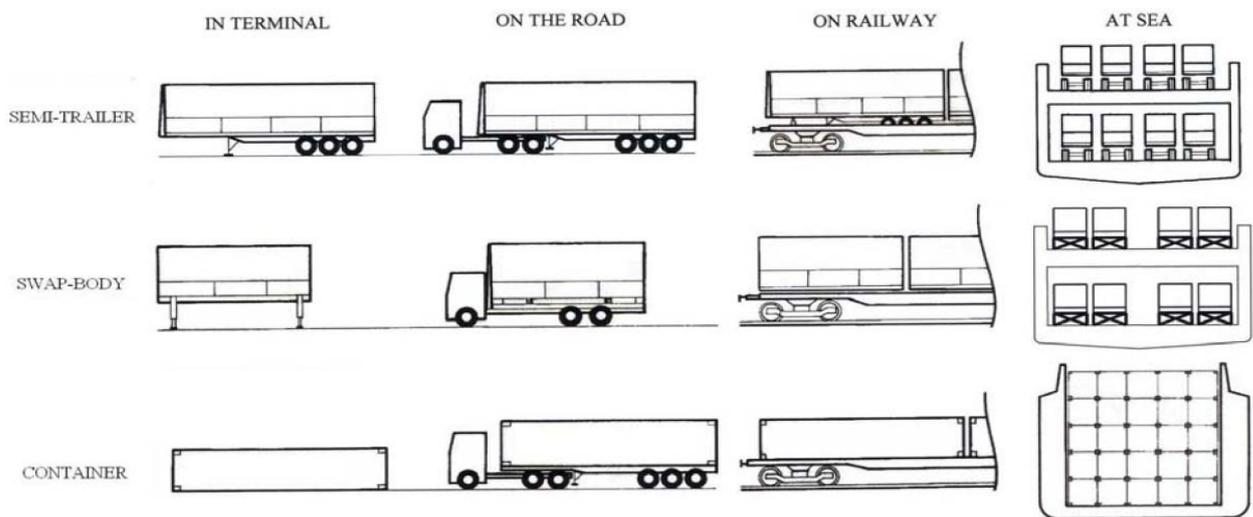
(²²) [Improved performance of european long haulage transport](#) (EXTRA), Haide Backman + Rolf Nordström, Transport Research Institute (TFK), Report 2002:6E.

(²³) Cuando la longitud total de un camión aumenta desde 18,75 hasta 25,25 m, el volumen de carga por camión aumenta en aproximadamente 40 m³. De acuerdo con el Instituto Sueco de Investigación del Transporte, esto es el equivalente a un aumento de la capacidad por camión en un 40 a 60% (37% según las autoridades danesas). Sin embargo, el transporte no se reduce exactamente a la misma proporción ya que el aumento de la capacidad no siempre es plenamente aprovechado: el transporte internacional en camiones puede reducirse entre el 25 y el 35%, dependiendo de las rutas usadas por los transportistas.

Partiendo de la premisa que dos EMS pueden transportar la misma cantidad de mercancías que tres camiones tradicionales (tipo TS23), el transporte con los HCV resulta **globalmente menos agresivo, especialmente si se usan las composiciones tipo TSR33 y CDS**. También se ha encontrado que la agresividad de un camión depende fuertemente de la estructura de la carretera ⁽²⁴⁾.

Incidencia de los HCV sobre la competitividad del transporte ferroviario

Se considera que un aumento en el transporte por ferrocarril, cuyas emisiones son significativamente menores que las emisiones de los camiones, ayudará a detener el efecto invernadero. Desafortunadamente, el que esto sea cierto no es condición suficiente para concluir que el aumento de las dimensiones de los vehículos de carretera reduciría la competitividad del ferrocarril. La elección está más condicionada por **las cualidades intrínsecas del modo** que por una política de incentivos o penalizaciones.



Picture: TFK 1998.2

Schematic view of intermodal use of load carriers, (TFK, 1998:2)

La propuesta para permitir el sistema modular de vehículos de 25,25 m también pretende reducir las emisiones y está diseñada para facilitar el trasbordo de cargas entre camiones y vagones de ferrocarril. Proporciona las condiciones ideales a la economía y a las autoridades para fomentar el uso de las alternativas de transporte más respetuosos con el medio ambiente y para estimular un aumento en el uso del transporte combinado camión-tren-camión para que en cada tramo de un corredor sean considerados todos los modos de transporte y evaluados en base a aspectos medioambientales, operativos, económicos y factores de sostenibilidad.

Países Bajos constituye un caso ilustrativo: desde 1996 (primer informe sobre el posible uso de HCV) han sido examinados, probados y evaluados (mediante 3 fases piloto) todos los aspectos del uso de HCV (seguridad vial, impacto en la infraestructura, tecnología del vehículo, economía empresarial, sostenibilidad, procesos operacionales de negocio, uso operacional en la carretera, efecto sobre los demás usuarios e impacto en el cambio modal) y se han publicado más de 30 informes al respecto.

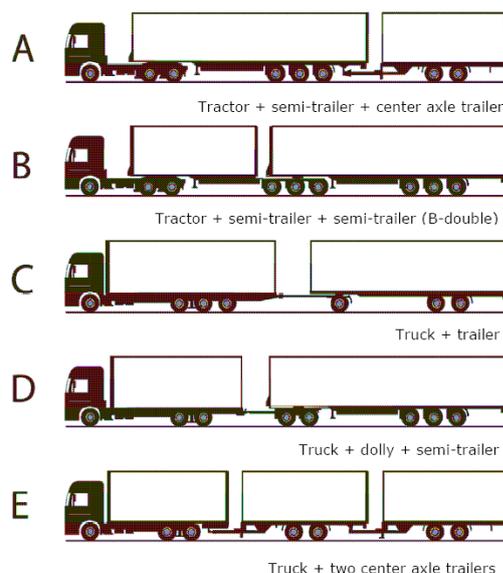
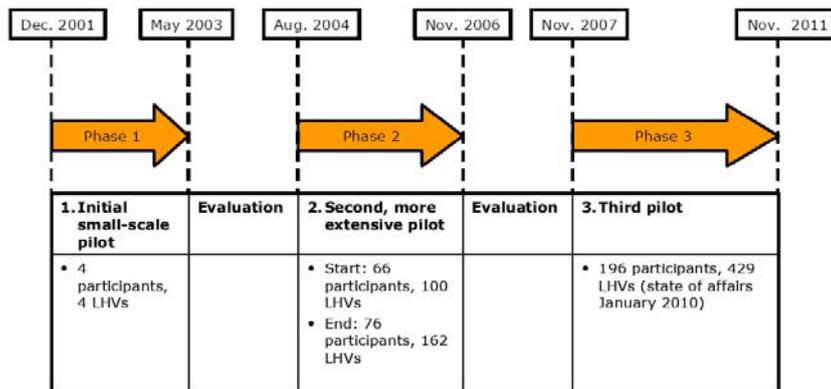
En su último informe, las autoridades holandesas atribuyen el aumento de exenciones concedidas para HCV (194 HCV en 2008, 398 en 2009 y 429 en 2010) a la necesidad de

⁽²⁴⁾ Datos del [Informe de síntesis del grupo de trabajo "Véhicules plus longs et plus lourds"](#), W.Debauche - D.Decock, Centre de recherches routières, Annexe au Bulletin CRR n° 70, Belgian Road Research Centre, 2007.

reducción de costes debido a la recesión económica. Inicialmente los HCV (tipo D: camión con caja móvil y semi-remolque) fueron utilizados casi exclusivamente para el transporte entre las zonas industriales y centros de distribución (mayoristas, centros de distribución, subastas, etc.), pero ahora se

utilizan principalmente para la distribución (especialmente las cadenas de supermercados, grandes almacenes, la industria de la floricultura y las empresas de transporte de contenedores), con un HCV (tipo B) con dos denominados citi-remolques de 10,6 m ⁽²⁵⁾.

Esta **innovación del doble remolque de ciudad de 10,60 m** ayuda a los fabricantes de autocares y remolques a superar la recesión económica y a obtener una ventaja competitiva y permite a la distribución urbana llevar hasta el doble de carga: el conductor puede dejar un remolque en una plataforma de rotura de carga en las afueras, llevar el otro remolque a la ciudad para la carga/descarga y luego regresar para intercambiar el remolque.



El último informe holandés descarta el peligro de trasvase modal, porque los distintos modos (carretera, ferrocarril y navegación interior) operan cada uno dentro de su propio sub-mercado. En Holanda **los HCV se utilizan principalmente en el sector minorista** (24%), transporte de contenedores (22%) y floricultura (14%). El transporte de las mercancías pesadas y de grandes volúmenes a largas distancias se realiza casi exclusivamente por agua y ferrocarril; la distribución de mercancías al alba en distancias cortas, casi siempre, se hace por carretera; por lo tanto, los HCV eliminan camiones regulares de la carretera, pero sus efectos sobre la distribución modal (el reparto del transporte de carga total entre los diferentes modos) son marginales ⁽²⁶⁾.

Incidencia de los HCV sobre las emisiones

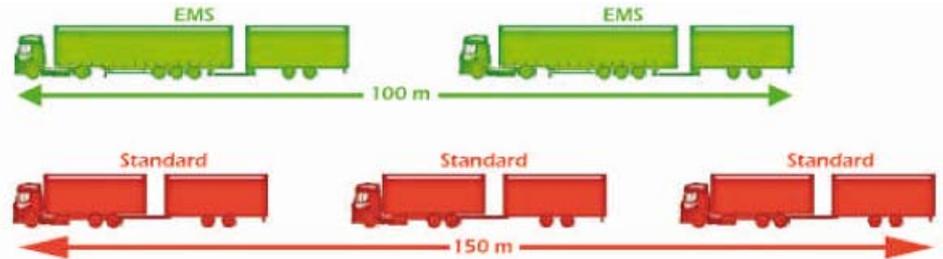
Los HCV mejoran la eficiencia de combustible entre el 13 y el 16%, según las rutas, lo que se corresponde con una **reducción equivalente de emisiones**. En los cálculos se supone pleno aprovechamiento de la longitud y peso adicionales. En realidad, rara vez se utilizan las 60 t a plena capacidad, ya que gran parte de las mercancías transportadas por camión son productos altamente procesados con mucho embalaje protector y un peso relativamente bajo por m³. La reducción de emisiones es, en realidad, mayor para los transportes que aprovechan el aumento de volumen más que el de peso.

Paradójicamente, antes de 1995 la perspectiva de tener que usar camiones más cortos era un argumento adicional de los ambientalistas suecos para que su país no entrara en

⁽²⁵⁾ En Países Bajos se permite que los HCV lleguen a 50 t, en lugar de 60 t.

⁽²⁶⁾ [Longer and Heavier Vehicles in the Netherlands. Facts, figures and experiences in the period 1995-2010](#), Directorate General for Public Works and Water Management (Rijkswaterstaat), 2010.

la UE. Se consideraba que transportar el volumen anual de madera talada en sus bosques hubiera requerido 1.112 camiones adicionales, situación que sólo hubiera resultado favorable para los fabricantes de camiones, pero más costosa para la industria forestal y para el medio ambiente. Los cálculos oficiales suecos mostraron que obligar a los camiones suecos a adherirse a las limitaciones de la UE hubiera significado un incremento global del 16% del tráfico de camiones y un aumento del 21% de óxido nítrico ⁽²⁷⁾.



Como las políticas favorables para el

cambio modal a favor de la vía fluvial y el ferrocarril emprendidas hasta la fecha han mostrado poca eficacia, se ha planteado la posibilidad de que el aumento de la eficiencia del transporte por carretera induzca un cambio modal hacia el transporte por carretera, con el consiguiente perjuicio medioambiental.

La estimación no es fácil y depende tanto de las hipótesis sobre la elasticidad como del precio del transporte. Los experimentos realizados en Países Bajos muestran una reducción del 11% de las emisiones de CO₂ por t-km y del 14% de NO_x. Cabe destacar que Países Bajos tiene una red de canales muy eficiente y que la situación puede ser diferente en otros países europeos.

Incidencia de los HCV sobre la seguridad vial

La **seguridad objetiva** se evalúa teniendo en cuenta diferentes criterios: la carga por eje, el frenado, potencia de aceleración, la estabilidad del vehículo, el ángulo muerto, la legibilidad de los demás usuarios, habilidades y formación del conductor y las condiciones meteorológicas y de la circulación. En la práctica con HCV no se ha observado aumento de efectos negativos en términos de seguridad vial.

La estabilidad dinámica de los vehículos pesados es fundamental para la seguridad. Los vehículos articulados tienen un problema de estabilidad lateral que no existe en los vehículos sin articulación y puede tener como consecuencia efectos como oscilaciones del semirremolque y/o "tijera". Estos efectos adversos se pueden evitar con un buen diseño y, sobre todo, con un buen reparto de la carga ⁽²⁸⁾.

Hay otros factores importantes que pueden hacer **un vehículo largo más estable que otro más corto**: número de articulaciones, tipo de articulación (quinta rueda o 'dolly'), longitud del semirremolque (un remolque largo es más estable que uno corto) y la ubicación de los ejes traseros del semirremolque (con ejes muy atrás, es más estable).

Mientras la estabilidad dinámica incide en **el manejo del vehículo** en circulación en carretera, **la maniobrabilidad** se refiere a maniobras a baja velocidad (situaciones que se dan, por ejemplo, en una rotonda o en un parking, donde tenemos rodadura pura sin deslizamientos y por tanto la resolución es geométrica) y depende casi exclusivamente de la geometría, es decir del largo del camión ⁽²⁹⁾.

⁽²⁷⁾ [Three Short Become Two Long, if the EU Follows the Example Set by Sweden and Finland](#), Kenneth Ramberg, Transport & Infrastructure, Discussion paper, Confederation of Swedish Enterprise, 2004.

⁽²⁸⁾ [Vehicle combinations based on the modular concept. Background and analysis](#), John Aurell - Thomas Wadman, Volvo Trucks, Nordic Road Association, Committee 54: Vehicles and Transports, 2007.

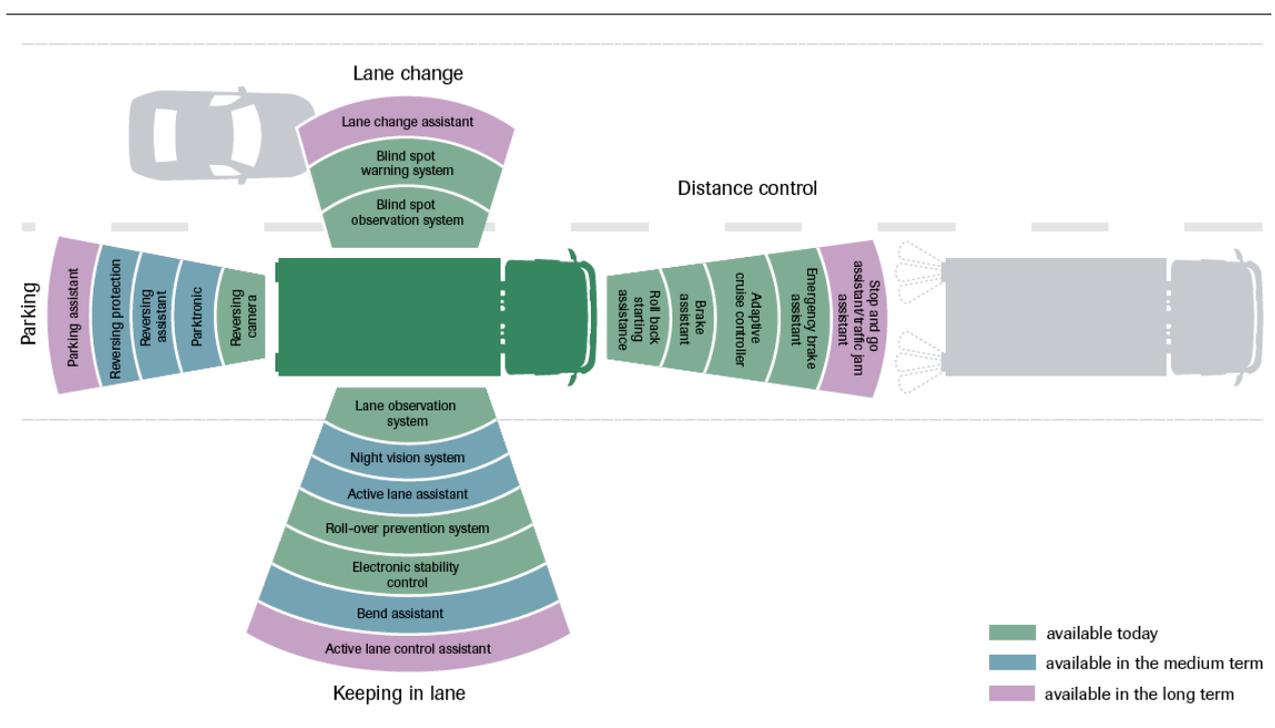
⁽²⁹⁾ [Study of stability measures and legislation of heavy articulated vehicles in different OECD countries](#), Johan Wideberg, Erik Dahlberg, Martin Svensson, Universidad de Sevilla, Scania y KTH, 2006.

Los avances tecnológicos han permitido aumentar la seguridad de los conductores y demás usuarios de la carretera, aunque el crecimiento constante del número de vehículos en las carreteras plantea desafíos cada vez más importante en este sentido.

El **riesgo de accidentes de tráfico** se considera generalmente que aumenta con el número de vehículos en circulación. La reducción del número de vehículos pesados en el tráfico se cree que tiene una influencia positiva en la seguridad vial. Con el número de vehículos aumenta el riesgo de accidentes durante el adelantamiento. Los estudios suecos y finlandeses han demostrado que las diferencias entre los riesgos de accidente al adelantar a un vehículo de 18 frente a otro de 24 m de largo no resultan estadísticamente significativas ⁽³⁰⁾.

El **riesgo de colisión entre HCV y coche** es difícil de cuantificar. Sin embargo, la experiencia muestra que va más ligado al número de camiones en la carretera que con el tamaño de los camiones. Esto significa que el porcentaje de camiones en el seno del tráfico es un factor crítico. Disminuir el número de camiones en el flujo es una manera de reducir los riesgos de colisión.

All-round protection...



Source: Daimler AG

La seguridad del tráfico puede mejorar aún más con la instalación de sistemas de seguridad ya conocidos ⁽³¹⁾:

- Los sistemas electrónicos de frenado (EBS) son especialmente eficaces para el transporte porque el lapso de tiempo antes de activar los frenos de presión es mayor cuanto mayor sea la distancia al eje trasero.
- La obligatoriedad de frenos a disco en todos los ejes, el control inteligente de presión de los neumáticos (TPMS) y el control adaptativo de velocidad (ACC)

⁽³⁰⁾ [European Modular System for road freight transport – experiences and possibilities](#), Ingemar Åkerman +Rikard Jonsson, Transport Research Institute (TFK), Report 2007:2E

⁽³¹⁾ Gráfico de [Commercial vehicles – efficient, flexible, future-proof](#), Verband der Automobilindustrie (VDA), 2010.

disminuyen el riesgo de colisiones por alcance y son más pertinentes cuanto más pesado es el vehículo, mientras que las zonas de deformación en la parte delantera pueden ser fácilmente incorporadas en la directiva 97/27, que regula el equipamiento adicional para ciertos vehículos ⁽³²⁾.

- El Sistema Electrónico de Estabilidad (ESP) es especialmente beneficioso para los vehículos que tienen una tendencia a volcar. Este dispositivo es más relevante para los vehículos con distancias más cortas entre ejes pero, obviamente, reduce el riesgo de accidentes de camiones de dimensiones suecas.

Hay un **aspecto subjetivo de la seguridad**, percibido por el resto de usuarios de la vía. Sin conocer los requisitos adicionales que los HCV deben cumplir para ser admitidos en la carretera, en Holanda se preguntó a los otros conductores qué condicionantes consideraban necesarios para los conductores de los HCV (tener más experiencia de conducción y una formación especial), para las vías en las que se les permite circular (no en los centros urbanos...) y para el propio vehículo (carga bien sujeta, no demasiado pesada y no incluir materiales peligrosas).

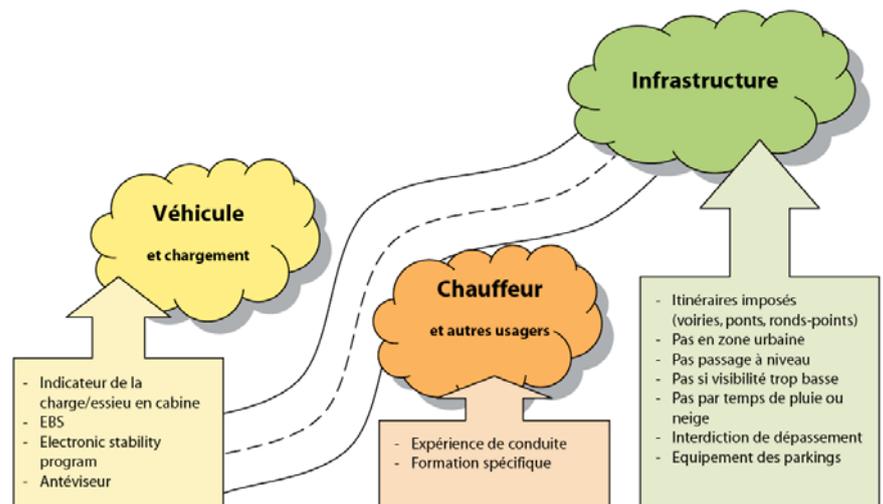
A menudo se mencionaba también el hecho de que los HCV deberían tener prohibido adelantar y no tener una mayor distancia de frenado. Las sugerencias de los automovilistas en gran medida se corresponden con las condiciones para la exención de HCV que son establecidos por la autoridad holandesa (RDW).

Restricciones de operación de los HCV

El EMS se plantea para ser utilizado en rutas específicas, elegidas en función de la infraestructura, de conexión de las principales plataformas logísticas. Poder separar los componentes del EMS permite reintegrarlos fácilmente al tráfico local, recurriendo a camiones y vehículos comerciales estándar para la aproximación final.

A diferencia de los vehículos de transporte excepcional, un HCV es una forma más habitual de transporte. Puede circular sin coche piloto. Sin embargo, con el fin de garantizar la seguridad del tráfico, los HCV deben cumplir con requisitos técnicos adicionales ⁽³³⁾.

Aunque se han realizado muchos estudios sobre el tema, la unanimidad sobre los efectos de los HCV está lejos de ser alcanzada, especialmente en la infraestructura, la seguridad vial, la distribución modal del transporte y el impacto ambiental. Ante esta incertidumbre, las posibles exenciones experimentales deben cumplir estrictas condiciones de seguridad y restricciones de circulación.



⁽³²⁾ Caso de una colisión frontal entre un turismo y un autobús o un camión, el conductor y los pasajeros del coche corren el mayor riesgo de lesiones: para mejorar la protección de éstos se ha desarrollado un **sistema de protección contra empotramiento frontal** (FUPS, 'Front Underrun Protection System') que proporciona protección para los componentes vitales en la parte delantera del coche, tales como la dirección, para minimizar el riesgo de pérdida de control.

⁽³³⁾ El **European Transport Safety Council (ETSC)** ha manifestado la necesidad de abordar varios aspectos relativos a la seguridad en el documento [ETSC position on Longer and Heavier Goods Vehicles on the roads of the European Union](#).

El principio básico, como para la infraestructura, es que **un HCV no debe ser más peligroso que los trenes de carretera convencionales**. Por lo tanto, se aplican los requisitos de los trenes de carretera clásicos y se añaden requisitos adicionales para que puedan proporcionar el mismo nivel de seguridad. La figura adjunta resume esquemáticamente estos requisitos en los tres ámbitos: el del vehículo y la carga, el del conductor y el de las condiciones del tráfico y de uso de la infraestructura ⁽³⁴⁾.

La tabla adjunta describe las **condiciones de operación de los EMS en varios países** que permiten su circulación, ya sea experimentalmente (Países Bajos) o en un marco más general (Suecia). Estas condiciones están relacionadas con los diversos componentes del sistema de transporte: el equipamiento del vehículo, la regulación, las condiciones de circulación, la formación de los conductores, el tipo de carga permitida, etc.

Muestra diferencias significativas: mientras Suecia, que permite estos vehículos desde hace muchos años, parece ser el menos exigente, Países Bajos les impone condiciones muy estrictas en el marco de experimentos realizados durante varios años ⁽³⁵⁾.

La **obtención de exención para HCV en Países Bajos** está sujeta a una serie de requisitos:

- del conductor (tipo de licencia, experiencia, entrenamiento especial...),
- de los vehículos (longitud y peso máximo en carga, carga por eje, combinaciones autorizadas, requisitos técnicos del motor, Sistema Electrónico de Frenado,

	Danemark	Pays-Bas	Norvège	Suède
Dérogation	Pas de dérogation requise	Dispense requise	Pas de dérogation requise	Pas de dérogation requise
Itinéraire EMS	Nombre limité	Nombre important d'itinéraires spécifiques EMS	Nombre limité	Aucune restriction
Autorisation de conduite	Permis de conduire PL normal	Permis de conduire PL normal + certificat EMS	Permis de conduire PL normal	Permis de conduire PL normal
Marquage	A l'arrière, panneau indiquant la longueur	A l'arrière, panneau indiquant la longueur	A l'arrière, panneau indiquant la longueur	Pas d'exigence supplémentaire
Visibilité latérale	Pas d'exigence supplémentaire	Marquage latéral (visibilité nocturne)	Pas d'exigence supplémentaire	Pas d'exigence supplémentaire
Points d'articulation	Maximum 2 points d'articulation	Maximum 2 points d'articulation	Maximum 2 points d'articulation	Maximum 2 points d'articulation
Longueur de chargement maximale	Pas de maximum	21,82 m au-delà de la cabine	Pas de maximum	22,9 m au-delà de la cabine
Longueur de chargement minimale	Pas de minimum	18 m au-delà de la cabine	Pas de minimum	Pas de minimum
Rayon de giration	Pas d'exigence supplémentaire	Rayon externe de 14,5 m et rayon interne de 6,4 m	Pas d'exigence supplémentaire	Rayon externe de 12,5 m et rayon interne de 5,3 m
Visibilité/miroir	Dernière réglementation UE en matière de visibilité	Dernière réglementation UE en matière de visibilité	Dernière réglementation UE en matière de visibilité	Dernière réglementation UE en matière de visibilité
Moteur	Pas d'exigence supplémentaire	Puissance minimale = 5x la charge maximale (par ex. pour un 60 t, il faut 300kW)	Pas moins de 5,15kW (7 CV)/t du poids total de la combinaison (206 kW ECE sont suffisants pour un poids total de 60 t)	Pas d'exigence supplémentaire
Freins	ABS, EBS ou véhicule de maximum 6 ans d'âge	ABS, EBS	ABS sur tous les modules	ABS sur tous les modules
Equipement d'aide à la conduite	Pas d'exigence supplémentaire	Conforme à 97/27/CE ou Equipement type élévateur d'essieu	Conforme à 97/27/CE	Pas d'exigence supplémentaire
Autorisation du véhicule	Le véhicule tracteur et le semi-remorque tracteur ont besoin d'une autorisation pour rouler en combinaison EMS	Le véhicule tracteur et le semi-remorque tracteur ont besoin d'une autorisation pour rouler en combinaison EMS	Pas d'exigence supplémentaire	Pas d'exigence supplémentaire
Type de cargaison	Aucune matière dangereuse excepté pour le camion dolly-semi-remorque	Aucune matière dangereuse Aucune citerne à liquide de plus de 1000 l Aucun chargement suspendu (viande, vêtement)	Aucune matière dangereuse	Aucune matière dangereuse
Conditions météorologiques	Aucune restriction	Interdiction de rouler dans de mauvaises conditions météo (visibilité < 200 m, chaussée glissante)	Aucune restriction	Aucune restriction
Dépassement	Aucune restriction	Interdiction de dépasser, sauf des véhicules dont la vitesse ≤ 45 km/h	Aucune restriction	Aucune restriction

⁽³⁴⁾ Datos y figura tomados de [Les systèmes modulaires européens pour le transport routier des marchandises - Etat de la situation et perspectives de développement en Europe](#), Centre de recherches routières, Annexe au Bulletin CRR n° 87, Belgian Road Research Centre, 2011. Del mismo autor, el artículo sobre seguridad vial [Véhicules plus longs et plus lourds - VLL](#), Centre de recherches routières, Belgian Road Research Centre, 2007.

⁽³⁵⁾ Tabla y datos elaborados por Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Países Bajos, citados en el documento [Les systèmes modulaires européens pour le transport routier des marchandises - Etat de la situation et perspectives de développement en Europe](#), Centre de recherches routières, Annexe au Bulletin CRR n° 87, Belgian Road Research Centre, 2011.

vigilancia de la carga por eje desde el interior de la cabina, normas adicionales de protección lateral, antibloqueo de frenado, espejos de ángulo muerto, normas EURO, equipos de seguridad...),

- de la carga (mercancías peligrosas, carga por eje...),
- de los itinerarios (carreteras autorizadas, coexistencia con otros usuarios de la carretera, zonas urbanas, cruce de ferrocarril, carriles de entrada y salida, puentes y rotondas, estacionamiento en el itinerario...), y
- de la conducción (las condiciones de los adelantamientos, las condiciones meteorológicas: lluvia, niebla helada, nieve, interdistancia de seguridad...).

Los requisitos para el uso de HCV determinan el interés real por parte de los transportistas y, a la vez, son necesarios para corregir posibles impactos de los HCV, incluida la seguridad vial, que hasta ahora no son bien conocidos.

Más que una panacea, se considera que los HCV constituyen una solución muy interesante que ha de formar parte de un **conjunto de estrategias para mejorar la eficiencia** del transporte por carretera. Entre otras, ya se ha experimentado con:

- Formación sobre conducción racional (puede proporcionar reducciones del 18% en el consumo).
- Sistemas informáticos incorporados para evitar los lugares congestionados (un camión atascado en el tráfico consume 1,3 l cada vez que se reinicia, lo que equivale a 60 l cada 100 km).
- La planificación de rutas óptimas, el software de optimización, los intercambios de mercancías y de flujos de transporte por carretera, etc., pueden aumentar el factor de carga y reducir el kilometraje en vacío.
- El uso de energías alternativas: los biocombustibles, gas natural, electricidad, híbridos, etc.
- La mejora de los neumáticos puede representar 1/3 del consumo de un vehículo.

La controversia: argumentos a favor y en contra

Los estados de la UE están obligados a aplicar la Directiva 96/53, que establece las dimensiones y carga máximas admisibles de los vehículos de carretera que operan en ámbito internacional y hay un debate en curso sobre las demandas de los diversos actores para permitir camiones más largos y pesados. Por eso es importante aportar información útil para una discusión seria.

En general, el aumento de volumen parece más importante que el de peso. Algunos subsectores (como el de la logística de vehículos nuevos) abogan por una solución intermedia, donde se eleve la longitud máxima de los camiones hasta 20,75 m en todos los estados miembros (incluyendo en esta cifra la longitud de mercancía que sobresalga por delante o por detrás del camión), con objeto de atajar la gran heterogeneidad de las normas estatales en lo referente a cuanto puede sobresalir la mercancía de los camiones, incrementando la eficiencia y flexibilidad en los envíos tanto por el propio aumento de longitud como por la simplificación de normas.

Diversas instituciones han elaborado estudios para estimar los impactos potenciales. Algunos países han puesto en marcha y evaluado fases experimentales. Pese a que los planteamientos y resultados no son coincidentes, aunque **globalmente resultan positivos, en el marco de unos requisitos de uso y condicionantes adecuados**, el tema ha desencadenado preocupaciones sobre impactos ambientales, de seguridad y de continuidad de la política de la UE en favor del ferrocarril.

Los gobiernos de países como Francia, Alemania, Reino Unido y los países alpinos y de Europa del Este son reacios a modificar la actual Directiva para aumentar los límites de peso y dimensión. Los operadores de las organizaciones representativas de ferrocarril y vías navegables interiores se consideran en riesgo de perder volumen como resultado del cambio y presionan para evitar cualquier perturbación en la situación actual del mercado. Organizaciones ambientales y autoridades encargadas de la infraestructura vial en general se oponen a una modificación sin compensación en otros ámbitos ⁽³⁶⁾.

En contraste, Finlandia y Suecia permiten operar en su territorio los HCV desde hace años. Entre ambos extremos, visto que la continua expansión del transporte de mercancías por carretera requiere soluciones innovadoras, para facilitar el crecimiento y mejorar la sostenibilidad, y que estas soluciones tienen que ser respetuosas con la seguridad y el medio ambiente, otros países tratan de abordar el problema mediante la realización de experimentos estrictamente supervisados y evaluados, buscando nuevas oportunidades para lograr un transporte por carretera más eficiente, sostenible y seguro.

Los principales **argumentos favorables** a un aumento de las dimensiones son:

1. Impacto positivo en la seguridad y liberación de capacidad vial por menor número de vehículos (el sistema modular permite transportar la misma cantidad de carga con sólo dos vehículos en lugar de tres).
2. Reducción del consumo de combustible y de las emisiones (CO₂, NO_x, PM) por tonelada transportada (a pesar de que en los análisis se calcula el consumo de combustible suponiendo plena carga en peso).
3. Reducción del desgaste de la carretera, porque el peso bruto necesario para transportar la misma carga es menor (aunque la carga se distribuye en el mismo número de ejes, se prescinde de una de las tres tractoras, que por lo tanto no contribuye al desgaste).
4. Reducción de los costos totales (financieros) del transporte (visto desde el punto de vista del cargador), un 23% en promedio.
5. Se requieren menos conductores, aunque más formados ⁽³⁷⁾.
6. La flexibilidad del concepto modular permite su introducción con una inversión marginal razonable.

Los principales **argumentos en contra** son:

1. Posible aumento de la cuota modal de la carretera (por la reducción de costes) y consiguiente aumento de emisiones por el trasvase de cargas desde modos menos contaminantes.
2. Posible demanda inducida (por reducción de los costes) y consiguiente aumento de las emisiones y la congestión.
3. Posible incremento de desgaste vial, daños en puentes y túneles, etc.
4. Mayores daños y situaciones de inseguridad (riesgo de accidentes) para otros usuarios de la carretera en numerosas secciones de la infraestructura si se producen accidentes.

Diferentes autores alertan sobre la necesidad de que la autorización de HCV vaya acompañada de **estrategias que condicionen su uso** en los diferentes ámbitos en los que se han manifestado prevenciones ⁽³⁸⁾:

⁽³⁶⁾ [Rapport sur les véhicules de 60-t](#), rédigé par l'Administration des Routes Nationales de la Suède, Conférence Européenne des Directeurs des Routes, 2007.

⁽³⁷⁾ Se considera que el aumento de dimensiones puede compensar el efecto de la Directiva 2002/15/EC relativa a la ordenación del tiempo de trabajo en el sector del transporte por carretera.

⁽³⁸⁾ [Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC](#), TREN/G3/318/2007, European Commission, DG TREN, Griet de Ceuster (Transport & Mobility Leuven), Bernard Jacob (LCPC), Matthieu Bereni (Sétra) et al., 2008.

➤ Elección modal

- Se ha criticado que actualmente el transporte de mercancías por carretera no paga su costo total. Aunque **el argumento del pago incompleto** no es directamente relevante en la discusión sobre las dimensiones, debe tenerse en cuenta en el panorama global del transporte de carga. Lo ideal sería que todos los costos que son resultado de una acción fueran pagados por quien realiza la acción. Pero este razonamiento no sólo debe aplicarse al transporte por carretera, ya que la competencia leal sólo se puede lograr cuando cada modo es responsable de todos los gastos que ocasiona.
- Como se ha hecho en Suecia, si se permiten HCV, se puede introducir un **sistema de impuestos**, tanto para compensar en parte el aumento de la productividad (y compartirla entre los modos de transporte) como para financiar refuerzos de puentes (y de pavimento, si es necesario).
- Como en Holanda, los HCV pueden ser autorizados sólo en rutas concretas, y/o durante ciertos períodos del año/semana/día: la **restricción de rutas** responde a cuestiones de seguridad vial y a la necesidad de evitar una competencia contra el transporte combinado en ferrocarril o en barco, y así evitar cualquier transferencia modal.

➤ Infraestructura

- Algunas combinaciones de 44 t y 5 ejes (cabeza tractora de 2 ejes y semirremolque de 3 ejes) actualmente permitidas, son especialmente dañinas para los pavimentos y deberían ser prohibidos.
- Se deben tomar precauciones respecto al acceso de HCV a ciertas vías o infraestructuras, hay que examinar los puentes y es muy recomendable regular la distancia mínima entre los vehículos y los adelantamientos (especialmente en puentes, para evitar altas cargas en estructuras individuales de apoyo).

➤ Seguridad

- Es necesario limitar a los HCV su velocidad y posibilidad de adelantar ⁽³⁹⁾.
- Los HCV han de ser fácilmente identificables, de día y de noche o en condiciones de baja visibilidad, por marcas claras.
- Se debe exigir un sistema de seguimiento de las cargas por rueda y eje, del peso bruto y del balanceo de la carga dentro de los HCV.
- Los HCV han de incorporar mejoras técnicas (en materia de suspensión, control de estabilidad, eficiencia de frenado, etc.) que superen los estándares actuales de los vehículos pesados.

➤ Inspección

Se ha propuesto hacer cumplir la regulación actual, en lugar de hacerla menos restrictiva. En los estudios se supone el cumplimiento de que los límites legales y reglamentarias. El incumplimiento generalizado implicaría que el resultado de los cálculos de varios de los efectos podrían ser totalmente diferentes (por ejemplo, la sobrecarga causa más daños a la infraestructura, no respetar los límites de tiempo de conducción o la velocidad disminuye la seguridad, etc.). La **inspección, para conseguir el cumplimiento de los límites**, es una cuestión clave para mantener un sistema de transporte de mercancías sólido y creíble. Una propuesta en este sentido es la incorporación del sistema de pesaje en movimiento, que puede ser utilizado en un sistema de control totalmente automatizado en el futuro, como se hace actualmente para control de velocidad.

⁽³⁹⁾ Se debe estudiar la prohibición de adelantar por el carril rápido a todos los camiones y la limitación a los HCV de la velocidad permitida (un vehículo de 60 t a 80 km/h tiene similar energía cinética que otro de 40 t a 100 km/h).

Estudios europeos 2006-2011 sobre HCV (*Higher capacity vehicle*)

Eficiencia del transporte por carretera	Transferencia modal	Medio ambiente	Seguridad	Infraestructuras	Comentarios
Efecto de la implantación del Megatruck de 60 toneladas en España. Balance del incremento de las dimensiones de los vehículos pesados; Ortega – Vassallo – Pérez Martínez; Transyt, 2011. España (Cátedra Amelio Ochoa, Fundación Francisco Corral)					
Mejoraría la productividad y eficiencia del sector: reducción superior al 22% del precio por t-km transportada en HCV. Leve mejora de la productividad de la economía española y de la competitividad de las exportaciones. Necesidad de proyecto piloto para verificar los beneficios sociales esperados		Mejoraría la movilidad de las mercancías por carretera y la movilidad general de las mercancías a nivel nacional. Notable aumento de la eficiencia energética de la movilidad de las mercancías por carretera (reducción de 305,781 t de CO ₂ , 8.057 t de NOx y 254 t de PM10, equivalentes a unos 700 millones de euros anuales).	Los resultados han sido verificados por la realización de unas pruebas con vehículos de 60 t en las pistas de ensayo del INTA.		Estudia los impactos y previsiones de los beneficios del posible incremento de la MMA a 60 t en determinados corredores en España. Sugiere desarrollar un nuevo marco normativo que fije tanto las dimensiones máximas como las condiciones operativas, limitaciones, itinerarios autorizados,... de los HCV.
Longer and Heavier Vehicles in the Netherlands. Facts, figures and experiences in the period 1995-2010. Directorate General for Public Works and Water Management (Rijkswaterstaat), 2010. Países Bajos (Ministry of Transport, Public Works and Water Management)					
Entre 6.000 y 12.000 HCV, sustituirían a 8.000-16.000 trenes de carretera. Se incrementaría el transporte por carretera 0,05-0,1% y se reduciría el volumen de tráfico (veh-km). Reducción de costes de 1,8-3,4% (reducir el número de vehículos compensa el aumento del 6,5% del coste por km del HCV).	Reducción del 1,4-2,7% del transporte de mercancías por ferrocarril.	Reducción del consumo de combustible y emisiones de CO ₂ . Reducción de la congestión entre un 0,7% y 1,4%.	Mejora por el menor número de vehículos-km: menos muertos (factor 13-25) y accidentes graves (factor 4-7).		Análisis de los resultados del segundo proyecto piloto holandés con HCV.
Moving Freight with Better Trucks. Improving safety, productivity and sustainability. Summary document, 2010. Centro Común de Investigación de Transporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el Foro Internacional de Transporte (ITF)					
En tabla adjunta se resumen los 16 mensajes clave resultantes del informe.					
Longer and Heavier Vehicles for freight transport. Christids - Leduc, 2009 UE (Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European Commission)					
El porcentaje global de cuota de HCV se espera que sea del 8,2% (valor medio), dependiendo de las hipótesis relativas a la captación según bandas de distancia y la demanda de mercancías previsto para cada segmento. El factor de ocupación se incrementaría de 21 a 23,9 t en promedio para los viajes de más de 1.500 km, y de 14 a 14,4 t para viajes de menos de 800 Km.	El volumen exacto de la transferencia modal depende de la reacción del mercado en los distintos segmentos geográficos y de producto.	No habría impactos negativos en cuanto a los costes externos, excepto como resultado del cambio de tráfico de otros modos de transporte a la carretera.	Reducción significativa del número de vh-km necesaria para mover el mismo volumen, en todas las combinaciones de tasas de penetración y elasticidades.		Análisis de sensibilidad supuesto que los HCV se permitirían en la UE y con los socios vecinos, sin distinción del tipo de carreteras utilizadas. La aplicación de diferentes sistemas de tarificación, restricciones o prohibiciones por parte de algunos estados o socios comerciales probablemente alterarían los resultados significativamente.
Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC, coordinado por Transport & Mobility Leuven, 2008 UE (TREN/G3/318/2007 - DG TREN, Directorate General for Mobility and Transport, European Commission)					
Toneladas-volumen crece 0,99% (+0,76% en toneladas-km), con elasticidad precio = -0,416. Los HCV asumen el 30% del tráfico de carga pesada. Volumen de tráfico (veh-km) de HCV disminuye un 12,9% (tráfico pesado), dependiendo del país: los más afectados son los países grandes y poco poblados, con agrupaciones separadas de población y actividad económica, como España, Finlandia o Grecia. Coste del transporte por carretera se reduce 15-20%, en promedio. El análisis Coste-Beneficio para el 2020 en la UE-27 resulta positivo.	Se reduce la demanda de transporte en ferrocarril un 3,8%, y 2,9% el fluvial (en ton-volumen).	Los vehículos de 60 t pueden llegar a ganar un 12,45% en eficiencia en términos de combustible consumido por t-km. Las emisiones de CO ₂ se reducirían un 3,58%, las de NO _x un 4,03% y las partículas un 8,39%.	Estudia la estabilidad de diferentes configuraciones al girar en círculo completo, en circuito con curvas continuas y la maniobra de cambio de carril. Los resultados dependen de la configuración y son más favorables las que usan semirremolques.	El impacto depende de los vehículos-km (más bien positivo en este aspecto).	Escenario en que los LVH son autorizados en todas las autopistas de la UE. El expresar los parámetros de demanda de carga en toneladas-volumen y no en toneladas-km dificulta comparar los resultados con otros estudios. No considera el potencial de las previsibles mejoras tecnológicas en los vehículos ni distingue entre los diferentes segmentos del mercado ferroviario (grupos de productos y distancias).
The effects of long and heavy trucks on the transport system - Report on a government assignment. Vierth – Berell – McDaniel – Haraldsson – Hammarström – Reza Yahya – Lindberg – Carlsson – Ögren – Björketun, 2008. Suecia (Swedish National Road and Transport Research Institute(VTI))					
Una gran parte del transporte de mercancías por carretera se lleva a cabo con HCV, la reducción de tamaño llevaría a grandes pérdidas económicas: incremento de costes de transporte y un aumento significativo de costes en la seguridad vial, las emisiones y el ruido. En promedio se necesitaría 1,37 camiones de tamaño máximo de la UE para sustituir a un camión de tamaño máximo de Suecia y el costo del transporte por camión se estima que aumentaría un 24%.	Se considera difícil, al menos en el corto plazo, transferir mercancías de la carretera al ferrocarril, en parte por el alto índice de utilización de la capacidad ferroviaria. Se requeriría aumento de capacidad ferroviaria, pero también mejora de la calidad de servicio y de la fiabilidad.	Claras ventajas de reducir el uso de camiones pequeños.	Nada en las estadísticas de accidentes estudiadas sugiere que usar camiones más cortos y ligeros se traduciría en menos accidentes y menos graves.	Sólo prevé una reducción en el desgaste de carreteras (condicionada a la distribución de carga entre ejes) y un aumento de los ingresos fiscales del Estado.	Encargo del Ministerio de Empresa, Energía y Comunicaciones sueco para analizar las consecuencias económicas del uso doméstico de los HCV y describir la interfaz de competencia entre carretera y ferrocarril. Estudia los efectos sobre los costes de transporte, las emisiones y el ruido, el desgaste de carreteras, tiempo de demora para los conductores y la seguridad vial.
Informe de síntesis del grupo de trabajo “Véhicules plus longs et plus lourds”. W.Debauche - D.Decock, 2007 Bélgica (Centre de recherches routières, Belgian Road Research Centre)					
Ahorro en t-km, pese al mayor consumo de combustible por km.		Ganancia de capacidad de carga y ahorro de combustible de hasta un 33% por t-km. No se observaron cambios en los ruidos producidos por los diferentes tipos de vehículos respecto a los que circulaban por las carreteras belgas.	Impacto total ligeramente positivo, por la reducción de vehículos en la vía, pese a la negativa percepción del conductor no profesional.	Los resultados varían notablemente con la configuración del vehículo. Configuraciones con menor carga por eje son menos agresivas.	Considera diversas configuraciones hasta 44 t de peso y 25,25 m de longitud. Se sugiere la conveniencia de estudiar un impuesto para vehículos de 44-60 t y una nueva licencia europea para este tipo de vehículos.
Vehicle combinations based on the modular concept. Background and analysis. John Aurell and Thomas Wadman, Volvo Trucks, 2007 (Nordic Road Association, Committee 54: Vehicles and Transports)					
		Más del 18% de reducción del consumo de combustible y emisiones nocivas.	Combinaciones modulares tienen más estabilidad dinámica que los trenes de carretera actuales.	Las combinaciones modulares analizadas causan menos daño en el pavimento.	Análisis técnico de las ventajas del concepto modular de HCV (EMS).
Fahrdynamische Analyse innovativer Ntz-Konzepte (EuroCombi). 2007 Alemania (Automotive Industry Association (VDA) – Research Association for Automotive Technology (FAT))					
Convertir en EuroCombi un 23% de los camiones alemanes que circulan reduciría 2,2 billones de vehículos-Km anuales. Los costes de operación se reducirían un 16%.		Un EuroCombi completamente cargado, consume un 15% menos de combustible por tonelada-Km que un camión de 40 Toneladas.	No se detectaron aumentos de riesgo en la seguridad vial.	Menor daño en el pavimento.	Estudio de la Asociación Alemana de la Industria de Automóviles basado en la experiencia alemana.
Longer and heavier lorries (LHLs) and the environment. Position Paper, 2007 (Transport and Environment (T&E))					
Posible reducción del 20-25% de los costes, lo que fomentará una mayor demanda.	Elasticidad cruzada = 1,8 (FFCC.) y posibles efectos de rebote en el transporte de contenedores.	Impactos positivos solamente para HCV con menos de 50 t. Es crucial optimizar la capacidad de carga.	Más adecuada para cargas de gran volumen y bajo peso.	Es necesario adaptarlas	Se trata de un <i>‘position paper’</i> (7 páginas).

Estudios citados en NoMegatruck campaign como “independent research on gigaliners”					
(NoMegatruck campaign es una plataforma de “información” impulsada por organizaciones alemanas relacionadas con la protección del medio ambiente, sindicatos... unidos por su rechazo a los mega-camiones. Los contenidos de la web y su financiación los proporciona Allianz pro Schiene (alianza alemana para la promoción del transporte ferroviario, el medio ambiente y la seguridad, apoyada y financiada por empresas que operan en el sector ferroviario).)					
Eficiencia transporte por carretera	Transferencia modal	Medio ambiente	Seguridad	Infraestructuras	Comentarios
Long-Term Climate Impacts of the Introduction of Mega-Trucks , Fraunhofer ISI, 2008 Alemania (CER, Community of European Railway and Infrastructure Companies)					
Entre 20% y 30% de reducción potencial en los costes. Los HCV pueden captar hasta un 20-30% del volumen de carga (dependiendo del país).	Reducción del 50% del transporte ferroviario de contenedores. Volúmenes de tráfico perdido por el ferrocarril a causa de los HCV: ➢ 3-5% menos mercancías a granel, incluida ind. pesada y química; ➢ 10-15% menos en alimentación; ➢ 20-30% de reducción tráfico continental de contenedores, y ➢ 10-20% de reducción del tráfico marítimo de contenedores.	La introducción de HCV será negativa para el balance climático a medio plazo. Efectos de rebote pueden contrarrestar iniciales ventajas.			El análisis de Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI) se centra en el impacto sobre el transporte combinado. La incertidumbre de los parámetros del modelo hace que los resultados puedan ser muy diversos. El estudio también concluyó que la reducción del peso bruto máximo de 60 toneladas a 50 toneladas no es una alternativa eficiente.
Longer and/or Longer and Heavier Goods Vehicles (LHVs) – a Study of the Likely Effects if Permitted in the UK , TRL (Transport Research Laboratory), 2008, Reino Unido (DTI, Department for Transport)					
1/3 de los viajes con articulados es susceptible de pasar a HCV. Se considera el uso de HCV para “nichos” de mercado específicos. Alrededor del 5-10% de tonelada-kilómetro transportada por articulados podría pasar a HCV (es decir, una migración de alrededor de 11,8 millones de toneladas-km año). Reducción del 18-43% de costes operativos internos por t-km.	Importante de riesgo de cambio del ferrocarril a la carretera. Se trasladaría a los HCV un máximo de 8-18% del total de t-km ferroviarias (especialmente contenedores marítimos). No se espera cambio en transporte marítimo y fluvial.	Menos veh-km Más consumo por veh-km (hasta 71% para HCV de 82 t). 8-28% menos fuel por unidad transportada, según escenario. Posible efecto adverso (según la configuración) por paso a HCV de demanda del FFCC.	Mayor riesgo de seguridad por vehículo (según la configuración del HCV), pero menor riesgo por unidad de mercancía. Con nuevas tecnologías se puede mitigar riesgos.	Posible gran inversión en infraestructuras. Aumento o disminución del desgaste de la carretera según la configuración. Hay que investigar impactos en puentes.	Estudio específico del Reino Unido, que no puede extenderse al resto de la UE. Trata una amplia gama de efectos obtenidos según configuraciones del HCV (longitudes de 16,5, 18,75, 25,25 y 34 m; máximo peso bruto 44-82 t; 6, 8 y 11 ejes), pero se cuestiona que estas combinaciones técnicas puedan considerarse realistas para el resto de Europa.
Verkehrswirtschaftliche Auswirkungen von Innovativen Nutzfahrzeugkonzepten , K+P Transport Consultants, 2007 Alemania (Ministerio federal de transportes)					
	7 Billones de t-km se trasvasarían del ferrocarril a la carretera.	Reducción entre un 1,1% y 7% en las emisiones de CO ₂ .			Focalizado en los impactos de los HCV en el transporte intermodal en Alemania.
Longer and heavier on german roads - Do Megatrucks contribute towards sustainable transport? , 2007 Alemania (UBA (Federal Environment Agency))					
Reducción del 20-25% del Coste por Tonelada transportada.	Hasta un 5% del transporte de mercancías pasa del ferrocarril a la carretera.	La eficiencia energética mejora hasta un 77%, por transportar mayor carga los vehículos, pero las emisiones contaminantes solo se reducirían con el vehículo completamente cargado y las emisiones nocivas se incrementarían debido a una mayor potencia de los motores y al incremento del número de ejes.	Mayor gravedad de los accidentes debido a un mayor peso de los vehículos.	Impacto negativo en los puentes y la capacidad actual de los parking se vería reducida en un 20%.	‘Position paper’ (6 páginas) de la Agencia Federal Alemana del Medioambiente.
Wettbewerbswirkungen der Einführung des Gigaliners auf den Kombinierten Verkehr , TIM Consult, 2006 (International Union of Combined Road-Rail Transport Companies (UIRR) + German company Kombiverkehr)					
Reducción de costes del 20-25%.	Hasta un 55% menos transporte intermodal y 24% más transporte de mercancías por carretera.				‘Position paper’ (19 páginas) auspiciado por entidades vinculadas al ferrocarril, centrado en el transporte intermodal
Effects of Permitting New Vehicle Types on federal trunk road infrastructures , 2006 Alemania (BAST (Federal Highway Research Institute))					
	Gran trasvase modal.		Mayor gravedad en caso de incendio en túnel por el mayor tamaño de los HCV. Mejoras tecnológicas en vehículos y vías pueden compensar la mayor gravedad en accidentes.	A partir de 8 ejes en el vehículo no hay daño esperado en el pavimento. Inversión para reforzar los puentes, rotondas, cruces y aparcamientos.	Estudio del Instituto de investigación de Autopistas de Alemania limitado al impacto en las infraestructuras de los HCV de 60 toneladas.

Las imágenes de esta página y la anterior reproducen un amplio conjunto de estudios sobre HCV. **En Anexo al final del documento se incluyen los enlaces a los documentos correspondientes en Internet.**

La siguiente tabla, a modo de resumen, reproduce los **mensajes clave del grupo de trabajo del International Transport Forum**, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), sobre el aumento de las dimensiones máximas autorizadas ⁽⁴⁰⁾.

⁽⁴⁰⁾ Pueden consultarse diversos estudios comparativos de reciente aparición, como [Safety, Productivity, Infrastructure, Wear, Fuel Use and Emissions. Assessment of the International Truck Fleet. A Comparative Analysis](#), desarrollado en el marco del estudio [Moving Freight with Better Trucks](#) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico / International Transport Forum, 2010.

En la misma línea pero de ámbito nórdico: [The effects of long and heavy trucks on the transport system - Report on a government assignment](#), Inge Vierth, Håkan Berell, John McDaniel, Mattias Haraldsson, Ulf Hammarström, Mohammad-Reza Yahya, Gunnar Lindberg, Arne Carlsson, Mikael Ögren, Urban Björketun, Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI), 2008.

En el documento [European Modular System \(EMS\)](#), también pueden consultarse referencias a otros estudios e informes de evaluación de experiencias sobre el tema.



Moving freight with better trucks - OECD/ITF 2010: Mensajes clave ⁽⁴¹⁾

1. El transporte de mercancías crece y requiere el uso eficaz de todos los modos de transporte. El transporte por carretera, por su flexibilidad y puntualidad, es el más adecuado para gran parte de la demanda. Otras opciones modales pueden ser competitivas en corredores clave de mercancías, pero necesitan el transporte por carretera localmente. La calidad en el servicio, el valor en relación al peso y la densidad de la mercancía a transportar son factores críticos en la elección del modo de transporte.
2. La seguridad y el impacto medioambiental del transporte por carretera requieren la intervención del regulador para obtener resultados óptimos (control de acceso a la red vial y normas de seguridad y emisiones) y asegurar el cumplimiento efectivo de las normas. El reto de los gobiernos es establecer las condiciones marco adecuadas para minimizar los impactos externos del transporte de mercancías permitiéndole ofrecer servicios eficientes y maximizar el bienestar socioeconómico.
3. El incumplimiento se puede corregir mucho mediante legislación que asigne la responsabilidad de respetar las normas a los actores a través de la cadena de suministro (todos los que tienen el control, directo o indirecto, sobre la operación de transporte han de asumir la responsabilidad por una conducta que afecte el cumplimiento y debe demostrar que han tomado "medidas razonables" para lograr el cumplimiento con la legislación de transporte por carretera) y otorgue facultades a los responsables de la inspección para utilizar alternativas a los controles de carretera (incluidos controles de sobrecarga con inspección de archivos financieros y de carga a los cargadores, los receptores y transportistas).
4. El cumplimiento puede mejorar incorporando innovaciones tecnológicas como el seguimiento GPS para el cumplimiento de la ruta, sistemas de pesaje en movimiento para control de carga sin necesidad de detener los vehículos, el uso de la comprobación remota de sistemas de diagnóstico a bordo, etc.
5. Una regulación basada en el desempeño (se definen los objetivos ambientales y de seguridad que se deben alcanzar y se dejan sin especificar los medios para alcanzarlos) permite a la industria innovar para aumentar la productividad y para alcanzar los objetivos de un desarrollo sostenible y de seguridad al mismo tiempo (enfoque adoptado en Canadá y Australia, entre otros, frente a regulación prescriptiva).
6. Muchos HCV tienen características de seguridad intrínseca equivalentes, incluso mejores en algunos aspectos, que los vehículos pesados más comunes. La literatura y los resultados de modelos informáticos sugieren que la estabilidad dinámica tiende a ser superior. Su distribución de carga por eje, en un mayor número de ejes, a menudo aumenta la capacidad de frenado, con una menor distancia de frenado. La selección del conductor, los controles operativos y el mayor equipamiento de seguridad contribuyen significativamente más a la seguridad.
7. La energía de choque implica que la normativa de seguridad debe prestar especial atención a las velocidades de los HCV y a la gestión del estado de alerta e indisposición del conductor. Las barreras de seguridad y pilares de puentes son vulnerables a la energía de los impactos de todas las categorías de vehículos pesados y algunos pilares de puente pueden requerir reforzar su protección con barreras adicionales.
8. Se necesita más investigación en otros aspectos de seguridad, incluyendo el potencial agravamiento, para otros usuarios de la carretera, de las consecuencias de los accidentes con implicación de HCV. El impacto de la longitud del vehículo sobre la seguridad y la congestión aún no se ha cuantificado totalmente.

⁽⁴¹⁾ [Moving Freight with Better Trucks](#). Improving safety, productivity and sustainability. Summary document. International Transport Forum, OECD, 2010. El informe fue desarrollado por un grupo de expertos de 15 países coordinados por el Centro Común de Investigación de Transporte de la OCDE y el ITF, para identificar posibles mejoras de regulación de seguridad y ambiental más efectivas para los camiones, respaldadas por los mejores sistemas de aplicación, e identificar oportunidades para una mayor eficiencia y mayor productividad.

- 9.** Los HCV tienen el potencial de mejorar la eficiencia de combustible y reducir las emisiones. El diseño (la longitud, neumáticos, anchura, altura, las cargas por eje, distancia entre ejes y peso bruto) influye directamente en el consumo de combustible. Algunas configuraciones de HCV pueden ser mejores que los pesados comunes en términos de eficiencia de combustible y emisiones.
- 10.** La mayor capacidad puede llevar a menos vehículos-kilómetros recorridos para una determinada cantidad de carga transportada, según la eficacia de aprovechamiento de la capacidad de carga. La imposición electrónica de sobrecostes por kilometraje ha sido eficaz para incentivar la consolidación de cargas y mejorar la utilización de la capacidad. La modularidad del EMS flexibiliza el uso de remolques para distribución y facilita el intercambio modal.
- 11.** La mayor productividad de los HCV podría favorecer un aumento de la demanda global de transporte de mercancías por carretera y un trasvase de carga desde otros modos, pero en función de las condiciones locales de los productos y los mercados. Esto puede introducir un componente de transporte intermodal en la regulación de los HCV. Facilitar el uso de unidades intermodales (contenedores, cajas móviles, etc.) ayudará a desarrollar los mercados de estos modos. La inversión en infraestructura y mejora de los entornos normativos para el ferrocarril y la navegación son más importante que los cambios en la productividad del transporte por carretera en la determinación de la distribución modal.
- 12.** Los peajes permiten gestionar el uso de la red de transporte más eficientemente, incluso con respecto a la elección del modo de transporte de mercancías cuando otras opciones están disponibles. Las tarifas de acceso a las carreteras, los peajes y la imposición electrónica de sobrecostes por kilometraje asociados al potencial de desgaste, la seguridad y las características ambientales y de productividad de los vehículos proporcionan incentivos para el uso de vehículos de bajo impacto y para mejorar los factores de carga. La tarificación eficiente por uso de todas las infraestructuras de transporte, incluso en relación con los costos ambientales y de seguridad, se considera fundamental para que los modos compitan en igualdad de condiciones.
- 13.** El acceso HCV a la red vial debe basarse en un equilibrio entre los beneficios por el incremento de productividad, los costos de infraestructura y los costos de la seguridad y el medio ambiente. Para limitar su acceso a las partes de la red en las que su uso es compatible con la robustez y la geometría de la infraestructura, se dispone de tecnología. Pero las inversiones para ajustes de infraestructura pueden superar los beneficios de su introducción.
- 14.** Los beneficios de la mayor productividad de los HCV a veces justifican inversiones puntuales para adaptar la red principal de carreteras. En estos casos los beneficios de productividad podría proporcionar recursos para financiar estas inversiones.
- 15.** Se necesita más investigaciones y datos para evaluar adecuadamente el impacto de las operaciones de transporte por carretera, el nivel de seguridad y el desempeño de la industria del transporte.
- 16.** El uso adecuado de los HCV, evaluado por los estándares de cumplimiento, sujeto a restricciones de rutas, mejora de accesos y de cumplimiento de seguridad permite mejoras simultáneas en la seguridad, la sostenibilidad y la productividad de la flota de vehículos pesados. Las medidas de acompañamiento son un medio potencial para evitar el paso del ferrocarril a la carretera en los mercados donde esto pueda ocurrir. La evidencia disponible no indica efectos adversos y sí mejoras significativas de seguridad, sostenibilidad y productividad, en función de la infraestructura geográfica nacional y regional y las condiciones del mercado. También demuestra que una regulación eficaz es esencial para beneficiarse de este potencial.

2. Condicionantes de la circulación

Conceptos básicos de la circulación en carreteras

Para estudiar las características de la circulación, es preciso sintetizar las variables de las que ésta depende en una serie limitada de factores cuantificables y matemáticamente interpretables. Por su interrelación, su facilidad de manejo y su sencilla determinación, se suele trabajar con la intensidad, la composición del tráfico y la velocidad.

Llamamos **intensidad** del tráfico (I) al número de vehículos que atraviesa una sección de la vía en la unidad de tiempo. En cualquier tipo de vía, experimenta variaciones a lo largo del tiempo: sobre una determinada tendencia se superponen unas oscilaciones cíclicas (anuales, semanales o diarias) y otras totalmente aleatorias. Por ejemplo, aumenta en la época estival y en los fines de semana en las zonas turísticas, en horas de inicio y fin de la jornada laboral en las zonas metropolitanas, etc.

El comportamiento del tráfico y las características funcionales de la vía suelen definirse con indicadores basados en la intensidad:

- Intensidad media diaria (IMD = número total de vehículos que atraviesan una determinada sección durante un año, dividido por 365), se emplea fundamentalmente para clasificar los diferentes tipos de vías.
- Intensidad horaria punta (IHP = número de vehículos que transitan por una sección de la vía durante la hora de mayor tráfico), sirve de referencia en el cálculo de la estructura resistente del firme e influye en la ordenación de la zona.
- Intensidad de hora 30 (IH30 = valor de la intensidad sólo superada durante 30 horas al año), se utiliza para el dimensionamiento de las vías y su valor en las carreteras españolas oscila entre un 22% de la IMD en la hora 30 para vías de acceso a zonas turísticas y un 8% para vías metropolitanas radiales ⁽⁴²⁾.

La **densidad** de tráfico (d) es el número de vehículos que hay en un kilómetro de carretera. Es la inversa de la separación entre los vehículos (longitud del vehículo + separación con el siguiente).

Capacidad de la vía

La intensidad está relacionada con la densidad mediante la fórmula $I = v * d$ (conocida como la relación fundamental del tráfico), donde v es la velocidad específica (la que se ha seleccionado para el proyecto de trazado de la carretera, en función de una serie de factores, tales como curvas en planta, peraltes y distancias de visibilidad, de los que depende la seguridad de circulación). Estadísticamente, la velocidad específica puede asociarse con aquella que sólo es superada por algunos vehículos (normalmente el 15%) en un tramo, por lo que está directamente relacionada con la comodidad de conducción.

Representa el caudal (vehículos/hora) que circula por una vía. Con vehículos de 4,5 m de longitud circulando en caravana a 40 Km/h, la intensidad que soportaría la vía sería $I = 40 \text{ Km/h} * (1000 \text{ m/Km}) / (4,5 \text{ m} + 16 \text{ m}) = 1951 \text{ vh/h}$ (distancia de seguridad = $4^2 = 16 \text{ m}$). Si los vehículos van en caravana a 120 Km/h, $I = 120 \text{ Km/h} * (1000 \text{ m/Km}) / (4,5 \text{ m} + 144 \text{ m}) = 808 \text{ vh/h}$ (deben dejar $12^2 = 144 \text{ m}$ de distancia entre ellos). Es decir, **la misma vía permite menos caudal a mayor velocidad.**

⁽⁴²⁾ [Distribución horaria del tráfico en los grandes corredores españoles: comparación con el Manual de Capacidad HCM 2000](#); CIT 2006, Pedro Barea López y Oscar Martínez Alvaro.

Esta es la teoría, donde las distancias de seguridad mantienen una relación creciente con el aumento de la velocidad. Pero, en la realidad, las mayores intensidades se dan en torno a velocidades de 80 a 90 Km/h ⁽⁴³⁾.

La **capacidad** es el número máximo de vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar una sección de una carretera durante un periodo de tiempo dado, suponiendo unas condiciones determinadas de la carretera y del tráfico. De forma más coloquial, la capacidad es **la máxima intensidad de tráfico que admite la vía**, la calzada o el carril en unas condiciones de circulación adecuadas (sin congestión, velocidad aceptable, seguridad, etc.). La densidad para la que se da ese valor máximo de la intensidad (en la que intensidad = capacidad) se conoce como **densidad crítica** (del orden del 30% al 40% de la máxima). Por encima, el tráfico es forzado e inestable.

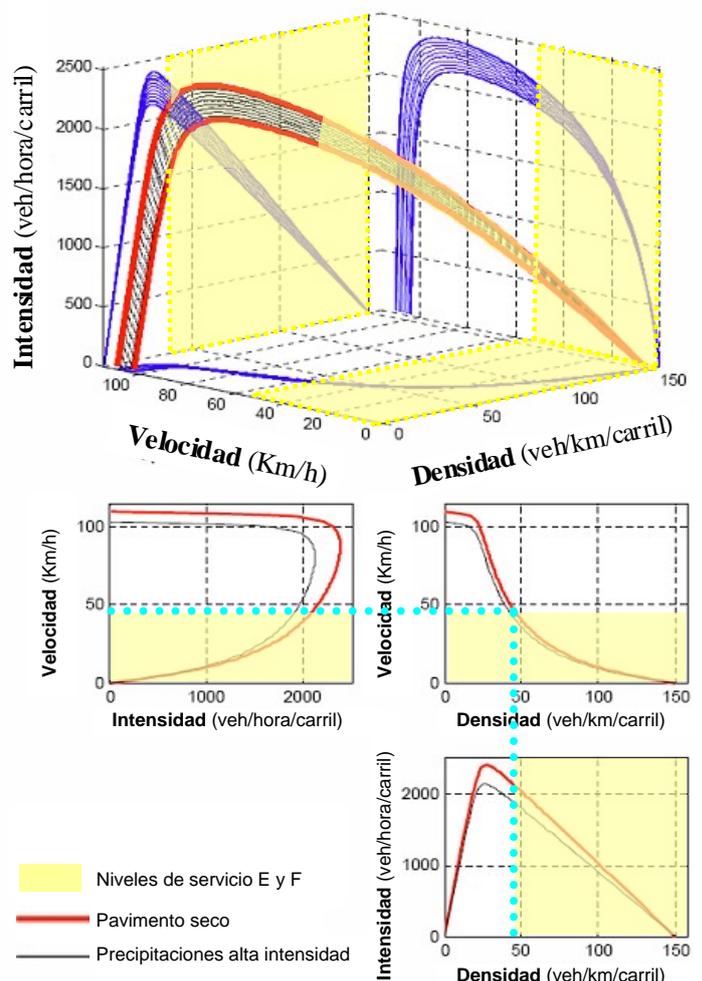
Las relaciones entre I, v y d han sido ampliamente analizadas para determinar la influencia de los distintos parámetros de la vía. Se ha comprobado que la relación v-I presenta un máximo de intensidad (la capacidad de la vía), a partir del cual la circulación se vuelve inestable y paulatinamente más lenta.

La **velocidad media y la densidad también están relacionadas** de modo que a bajas densidades de tráfico la velocidad está condicionada sólo por las limitaciones mecánicas del vehículo y por el trazado de la vía. A medida que aumenta la densidad, la velocidad de circulación va reduciéndose al encontrar cada vehículo más dificultades para avanzar, hasta llegar a velocidad cero, situación de densidad máxima.

Nivel de servicio

Para hacer frente a la demanda, la intensidad ha de ser menor que la capacidad y de la relación entre ambas deriva el **nivel de servicio**, una medida cualitativa de las condiciones de circulación que tiene en cuenta varios factores: velocidad, tiempo de recorrido, seguridad y comodidad.

Cada valor de la intensidad lleva asociado dos valores de densidad correspondientes a **circulación libre** (el menor de ellos) y a **circulación forzada** (el mayor de ellos). El régimen de circulación es totalmente distinto a ambos lados del máximo. Para densidades menores, el funcionamiento de la vía es fluido, estable y permite asimilar eventuales anomalías. Si se supera la densidad crítica, se produce un empeoramiento



⁽⁴³⁾ De forma práctica, para el cálculo de la **distancia de seguridad** en calzadas secas, podemos aplicar la regla del cuadrado, que engloba las distancias por tiempo de percepción y reacción a una velocidad determinada.

drástico de las condiciones de circulación, constantes detenciones, acumulación de vehículos formando colas, etc. Entre ambos extremos hay una gama de diferentes estados de circulación, cada uno correspondiente a un nivel de servicio de la vía.⁽⁴⁴⁾

Para el diseño de vías interurbanas se han definido seis niveles de servicio (A, B...y F), cada uno con unas condiciones de circulación asociadas. Desde libre y fluida (A) hasta forzada (**congestión**), con formación de largas y densas colas y circulación intermitente con paradas y arrancadas sucesivas (F). A cada nivel le corresponde una relación “ideal” entre intensidad y capacidad (según el tipo de terreno, el porcentaje de tramo con prohibición de adelantamiento, etc.), recopiladas en el “Highway Capacity Manual” ⁽⁴⁵⁾.

La intensidad de servicio para un nivel depende de esta relación (que permite calcular cuál será la máxima intensidad que la vía será capaz de soportar en un determinado nivel de servicio) y de factores de corrección por el ancho del carril y del arcén, por la



composición del tráfico y por el reparto entre sentidos. La **intensidad asociada al nivel de servicio E** siempre coincide con la capacidad de la vía (la capacidad de una vía corresponde a la intensidad calculada para el nivel de servicio E).

Capacidad y congestión

La capacidad y el nivel de servicio de una vía son directamente proporcionales al número de carriles existentes para cada sentido de circulación. Por ello, en carreteras con dos o más carriles en cada sentido puede hablarse de **capacidad por carril**, mientras que en vías de calzada única y doble o triple carril se emplean términos referidos a su **capacidad total**. La capacidad por carril aumenta con la anchura del mismo (hasta un límite que ronda los 3,60 m) y con la separación respecto a obstáculos en los laterales (pierde influencia si están situados a más de 1,80 m).

Estudios experimentales adaptados a las características del tráfico en Europa muestran que la **capacidad ideal** es 2.200 vehículos/hora por carril en el caso de vías de 2+2 carriles, de 2.300 vehículos/hora para autopistas de 6 ó más carriles y de 2.800 vehículos/hora (ambos sentidos) para vías de dos carriles.

Además de conocer la cantidad de vehículos que atraviesan una determinada vía, interesa conocer la composición del tráfico, básicamente el reparto entre vehículos

⁽⁴⁴⁾ Gráfico tomado de [Traffic Performance under Weather Events](#), The. Intelligent Transportation System (ITS) Program, U.S Department of Transportation's (U.S. DOT).

⁽⁴⁵⁾ El “[Highway Capacity Manual](#)”, elaborado por el Transportation Research Board (TRB) de la FHWA (Federal Highway Administration) americana se denomina coloquialmente “**Manual de Capacidad**” y es el libro de diseño de carreteras por excelencia en temas básicos de tráfico. Determina la capacidad y los niveles de servicio en condiciones ideales y, posteriormente, se introducen correcciones en función de las discrepancias entre éstas condiciones y las características reales de la carretera estudiada o proyectada. Se entiende por condiciones ideales: carriles con anchura de 3,6 m, arcenes de anchura 1,8 m, sin obstáculos laterales en los márgenes, circulación exclusiva de vehículos de tipo turismo, terreno llano, sin prohibición de adelantamiento y sin de accesos que interrumpan la circulación.

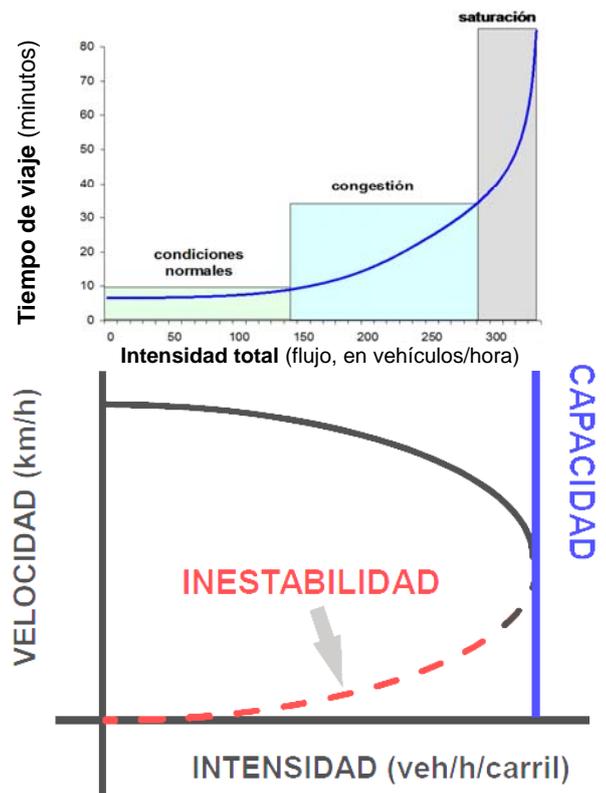
ligeros (turismos, furgonetas y camionetas), vehículos pesados (camiones y autobuses) y vehículos de dos ruedas.

Los vehículos pesados tienen mayores dimensiones y diferente régimen de velocidades, lo que influye en la capacidad y el nivel de servicio de la vía. Para tener en cuenta esto, 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. 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.

La demanda de tráfico varía considerablemente dependiendo de la temporada del año, el día de la semana, e incluso la hora del día. Además, la capacidad también puede cambiar, por el clima, las zonas de trabajo, incidentes de tráfico u otros eventos no repetitivos.

Hasta una cierta intensidad, los vehículos pueden circular a una velocidad relativamente libre, determinada por los límites de velocidad, la frecuencia de las intersecciones, etc. La circulación de un vehículo en una sección de la vía no está condicionada por la de otros y una pequeña perturbación que aumente la densidad de forma puntual no producirá cambios en la calidad de la circulación, tendiendo a volver a la situación inicial.

Cuando la demanda se aproxima o excede la capacidad de la vía, cada vehículo adicional estorba el desplazamiento de los demás y aumenta su tiempo de desplazamiento: comienza **el fenómeno de la congestión**. En la situación el tráfico es inestable y el número de vehículos que atraviesa una sección de carretera lo hace condicionado por los vehículos precedentes y, por tanto, cualquier perturbación afectará negativamente a la calidad de la circulación pudiendo llegar a la detención total del tráfico ⁽⁴⁶⁾.



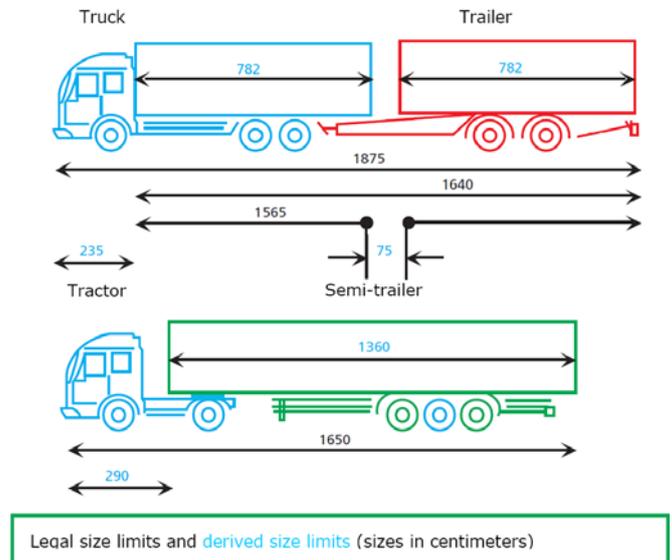
Conociendo la capacidad de la vía, su geometría y la experiencia de un experto, se pueden definir ciertos umbrales de los valores intensidad, ocupación y velocidad para los cuales se determine si el tráfico es fluido (por ejemplo, velocidad media > 70), denso (velocidad media < 69), muy denso (velocidad media < 50). Se puede aumentar la intensidad de una vía obligando a circular a una velocidad determinada, (por debajo del límite establecido) tal que nos sitúe en la parte de la gráfica próxima a la capacidad en condiciones de circulación estable. **A menor velocidad, mayor densidad e intensidad**. Lo que se consigue, es evitar que los vehículos se paren.

⁽⁴⁶⁾ Gráfico tomado de [Evaluación socioeconómica y financiera de proyectos de transporte - Modelos de capacidad de infraestructuras de transporte](#), Gustavo Nombela, CEDEX 2009.

Condicionantes derivados del funcionamiento de los vehículos pesados

Los camiones y autobuses son más grandes, más pesados y menos manejables que los vehículos ligeros y representan una proporción cada vez más grande del tráfico en nuestras carreteras.

Existe una gran disparidad de dimensiones y pesos autorizados entre países. Destaca el máximo de 60 t, para 7 ejes o más, que se permite en Finlandia y Suecia, las 50 t que se permiten en los Países Bajos o las 48 t que permite Dinamarca. Muchos de los criterios geométricos en el diseño de la carretera se basan en las características del vehículo. En la mayoría de casos, las características de los vehículos pesados son las más críticas y condicionan los criterios de diseño y la evaluación de la idoneidad de los criterios escogidos.



Las características geométricas de una carretera más relacionadas con los vehículos pesados son la distancia mínima de visibilidad para el conductor, las subidas y bajadas, los acuerdos verticales, los carriles de aceleración, la distancia de frenado las curvas horizontales (radios de giro, ancho de barrido y oscilación del camión al trazar la curva), el diseño de las intersecciones, las rampas de acceso y las características de la plataforma. Los vehículos pesados imponen seis tipos de factores condicionantes ⁽⁴⁷⁾:

1. La capacidad de un vehículo pesado de mantener la **velocidad en las subidas** depende de la relación entre el peso transportado y la potencia del motor y del grado de inclinación de la pendiente. Si la longitud e inclinación de la subida reducen 16 km/h la velocidad de los camiones, se hace necesario construir un carril lento, por diversos motivos: por seguridad, en atención a la capacidad de la vía (flujo de vehículos), por cuestiones de eficiencia energética, etc.
2. La **capacidad de frenado de los camiones** ha mejorado hasta el punto que las distancias de frenado sobre pavimentos mojados (condiciones críticas en cuanto a seguridad) son similares a las de un coche. Pero los vehículos pesados en bajadas largas y pronunciadas representan un reto de seguridad: los frenos de servicio del vehículo se pueden recalentar y perder la capacidad de detener o frenar el vehículo si se usan excesivamente al descender (por llevar una marcha demasiado larga u otros motivos).

Este riesgo obliga a proyectar señales de peligro, áreas de chequeo de los frenos (situadas en los bordes de las carreteras antes de iniciar la bajada) y rampas de escape para vehículos que se hallen fuera de control (situadas en mitad o en la parte inferior de la bajada).

3. El **diseño de intersecciones** también resulta muy condicionado por los vehículos pesados, que obligan a considerar el número, la frecuencia, y las características de vehículos pesados que las usarán, para definir los radios de giro a derechas, el

⁽⁴⁷⁾ [Policy on Geometric Design of Highways and Streets \(Green Book\)](#), Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2004.

espacio libre en los giros a izquierdas, el tiempo de vaciado o la acumulación de vehículos, porque su reducida aceleración y a su mayor longitud impone a los vehículos pesados mayor dificultad que a los coches para abandonar las zonas de conflicto (puntos donde se cruzan dos o más trayectorias, tales como intersecciones, cruces a nivel de ferrocarril-carretera) o rampas de incorporación.

Existen investigaciones que recelan de la idoneidad del diseño actual para los camiones y que propugnan usar el análisis coste-beneficio para determinar si los criterios actuales proporcionan vías suficientemente seguras y eficientes ⁽⁴⁸⁾.

4. Las dimensiones de un vehículo pesado determinan **su radio de giro y su ancho de barrido**, siendo la distancia entre ejes, la situación de los puntos de enganche y una hipotética longitud saliente de la cargas, las más importantes. Aunque las mejoras tecnológicas permiten que los vehículos pesados actualmente circulen a la velocidad de diseño de la curva con un elevado margen de seguridad ante un posible derrape o vuelco, el diseño y la señalización de las curvas horizontales en tramos de bajada es muy importante para la seguridad, porque los vehículos pesados pueden sufrir vuelcos cuando exceden la velocidad de diseño de la curva.

Por otra parte, en los conjuntos de vehículos (camiones con más de un remolque), el remolque posterior pueden experimentar una aceleración lateral más alta que el primero en maniobras de cambio de carril o al hacer un giro brusco.

5. Los conductores de vehículos pesados se sientan más arriba que la altura del ojo de los conductores de coche (valor de proyecto), lo que añade un plus de visión ante **restricciones verticales de la visibilidad**, muy útil tanto para la seguridad (puede permitir ver las condiciones del tráfico u objetos en la vía más pronto y, por lo tanto, comenzar a frenar antes) como para la conducción eficiente.
6. Las variables sobre las que influye **la disposición de la carga y su volumen** son: la transferencia dinámica de carga a los diferentes ejes, el cambio de altura del centro de giro del camión y su carga (básico en el equilibrio de un cuerpo), la altura del centro de gravedad, el peso, la distribución longitudinal y lateral del peso, o el máximo giro del volante sin que se produzca una pérdida de estabilidad.

Efectos de los vehículos pesados en el tráfico durante la congestión

Los vehículos pesados tienen un efecto significativo en el tráfico debido a sus mayores dimensiones y menor rendimiento, en comparación con un automóvil promedio.

Históricamente, el Highway Capacity Manual (HCM) ha tratado el efecto de vehículos pesados utilizando una equivalencia experimental en vehículos de pasajeros (PCE), lo que reduce una mezcla heterogénea de tamaños, potencias y diseños en un flujo de tráfico homogéneo con un **número equivalente de coches de pasajeros** (PC).

Los factores PCE del HCM se basaron en condiciones de flujo libre y, por tanto, no son aplicables en condiciones de congestión, porque **el efecto de vehículos pesados es significativamente mayor durante la congestión** y la circulación en caravana. En concreto, los ciclos de aceleración y deceleración, una situación normalmente experimentada en congestión o en condiciones de 'stop-and-go', suele imponer una restricción adicional en el rendimiento de los vehículos pesados y en particular sobre la

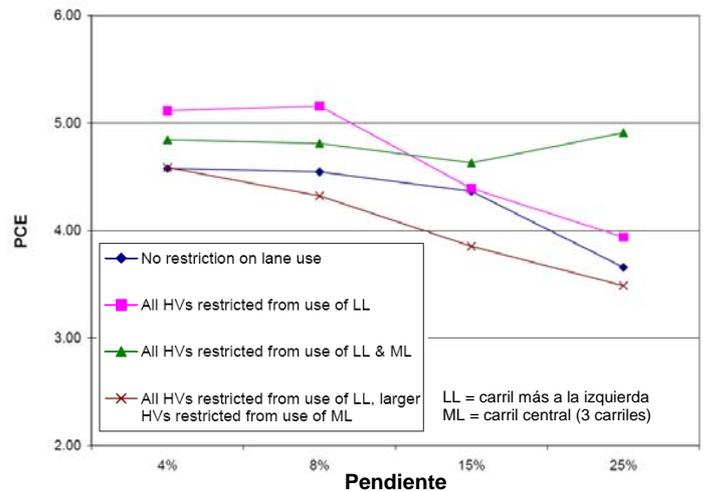
⁽⁴⁸⁾ [Highway / heavy vehicle interaction: A synthesis of safety practice](#), Federal motor carrier safety Administration, 2007.

aceleración del extremo frontal de la cola que se había estado moviendo lentamente. A grandes rasgos ⁽⁴⁹⁾:

- Al igual que en circulación en condiciones de flujo libre, el efecto de los vehículos pesados **aumenta con la inclinación de la pendiente**.

En el régimen de flujo libre en terreno plano, el efecto de vehículos pesados se atribuye principalmente al mayor espacio ocupado por éstos, debido a sus dimensiones e interespacios mayores. En flujo libre en pendientes, el efecto de vehículos pesados se puede atribuir a que las velocidades de cruce son menores que las de los turismos. En congestión, otro factor importante contribuye al efecto de vehículos pesados, tanto en terreno llano como en pendiente: el menor rendimiento de aceleración de los camiones en condiciones de 'stop-and-go'.

- La longitud de la pendiente sólo tiene un pequeño efecto con pendientes suaves, pero **más significativo con pendientes más pronunciadas**.



- En pendientes suaves aumenta el factor de equivalencia con el porcentaje de vehículos pesados, mientras que disminuye en pendientes más pronunciadas.

En terreno plano, al crecer el número de vehículos pesados, aumenta la probabilidad de que los vehículos pesados ocupen los dos carriles en el lugar del cuello de botella, por lo que aumenta la impedancia del tráfico y el factor PCE. Con mayores pendientes, el mayor porcentaje de vehículos pesados incrementa la probabilidad de sucesivas llegadas de vehículos pesados en el lugar de cuello de botella (apelotonamiento) y la equivalencia de estas llegadas sucesivas (pelotones) es menor que la suma de sus efectos individuales sobre el tráfico.

- El efecto de vehículos pesados por la **restricción de uso de carril en autopista multicarril** es mínimo cuando todos los vehículos pesados tienen prohibido el uso del tercer carril (junto a la mediana) y sólo los más pesados tienen prohibido el uso del carril central (camionetas y autobuses lo tienen permitido).

Aunque la situación de los turismos se deteriore ligeramente por compartir el carril, mejora la de los camiones ligeros (que suele ser la mayor parte del “tráfico pesado”) respecto al escenario de restringir todos los vehículos pesados al carril derecho (situación más favorable para los turismos, ya que la mayoría de ellos ocupan los dos carriles sin tener que mezclarse con los vehículos pesados).

- La ubicación del cuello de botella al final de la pendiente aumenta la equivalencia, más que cuando está al principio (efecto más acusado con 2 que con 3 carriles).

⁽⁴⁹⁾ [Examining the effect of heavy vehicles on traffic flow during congestion](#), Ahmed Al-Kaisy & Younghun Jung, Road & Transport Research, 2004.



¿Priorizar la accesibilidad o la movilidad?

En planificación del transporte, la **movilidad** se refiere al potencial de movimiento físico (la capacidad de ir de un lugar a otro) y se mide por el número de viajes, la distancia y la velocidad, bien sea en personas-kilómetro o en toneladas-kilómetro. La **accesibilidad** se entiende como la facilidad de las personas para el acceso físico a los bienes y destinos (por lo tanto, a productos, empleos, servicios y otras actividades), que es el objetivo último de la mayoría de las actividades de transporte, salvo la pequeña porción de viajes para los que moverse es un fin en sí mismo (por ejemplo viajes de recreo).

La accesibilidad es más difícil de medir que la movilidad, porque la condicionan diversos factores, incluida la movilidad por distintos medios, los sustitutos de la movilidad y las condiciones de uso del suelo. Cuando el coste económico marginal de viaje es relativamente bajo (por ejemplo, para los propietarios de automóviles) el tiempo de viaje suele ser el determinante de la accesibilidad. Refleja los costes generalizados (tiempo, dinero, molestias y riesgos) necesarios para alcanzar los bienes y destinos. Las personas a menudo evalúan la accesibilidad en términos de conveniencia, es decir, la facilidad con que pueden llegar a lo que quieren.

Las políticas para aumentar la movilidad (las posibilidades de movimiento) deberían, en general, aumentar la accesibilidad (haciendo así más fácil el llegar a los destinos). Pero es posible tener una buena accesibilidad con movilidad pobre. También es posible tener buena movilidad pero poca accesibilidad. La buena movilidad no es ni una condición suficiente ni necesaria para una buena accesibilidad ⁽⁵⁰⁾.

Las **técnicas y modelos tradicionales de evaluación del transporte** se focalizan en el tráfico, es decir, predicen cómo el transporte y los cambios de uso del suelo pueden afectar al movimiento de vehículos a motor, determinando así la necesidad o no de mejoras viales: el movimiento de vehículos y la velocidad se consideran positivos y la congestión o falta de vías el problema.

Para evitar las externalidades (congestión, polución, ruido, accidentes...), en los últimos años se han aplicado **estrategias de evaluación y gestión basadas en la movilidad** (movimiento eficiente de personas y de mercancías), especialmente en Europa. Esto favorece al transporte público y presta mayor atención a la mejora de la ocupación del vehículo para aumentar la movilidad de las personas (viaje de personas-km) sin aumentar la movilidad de los vehículos (viaje de vh-km),... pero, aún así, sigue tratando el movimiento como un fin en sí mismo.

La **evaluación del transporte en términos de accesibilidad** centra su objetivo en la capacidad de alcanzar las oportunidades (no en el movimiento en sí) e incluye los sustitutos de la movilidad, servicios de entrega, mejoras de los modos alternativos, incentivos para cambiar el comportamiento de los viajes y patrones de uso del suelo más accesible.

La **planificación orientada a la movilidad** se centra en el medio, sin la preocupación directa por los extremos: ¿la gente puede moverse con relativa facilidad? El énfasis tradicional en la construcción de carreteras es coherente con una planificación orientada a la movilidad, en la que el objetivo es satisfacer niveles crecientes de viajes y aumentar las posibilidades de movimiento (el proceso de planificación se inicia con una proyección de futuro de volúmenes de tráfico, seguido por una determinación de la capacidad necesaria para dar cabida a los volúmenes en niveles aceptables de servicio y se centra la atención en el desempeño del sistema). Muchas aplicaciones de los sistemas inteligentes de transporte (ITS) también se pueden clasificar como estrategias para mejorar la movilidad (tratan de mejorar la eficiencia del sistema).

En cambio, la **planificación orientada a la accesibilidad** se centra en los extremos en lugar de los medios y en el viajero más que en el sistema: ¿la gente tiene acceso a las actividades en que necesitan o desean participar? Esta perspectiva amplía las posibilidades (más allá de la construcción de carreteras e ITS), incorporando las estrategias que mejoran la accesibilidad sin necesidad de aumento de los viajes (el uso de políticas de uso del suelo, de tecnologías de telecomunicaciones para proveer la accesibilidad,...).

⁽⁵⁰⁾ [Accesibilidad-vs.Movilidad: mejorar las estrategias para hacer frente a la dependencia del automóvil en los EE.UU.](#), Susan Handy, Department of Environmental Science and Policy, University of California at Davis, 2002.

La necesidad de gestionar la capacidad del sistema de transporte

En la planificación del transporte se está produciendo un cambio fundamental en cómo se define el problema, los tipos de soluciones que pueden ser considerados y cómo éstas son evaluadas ⁽⁵¹⁾.

Durante las últimas décadas, se ha favorecido la creación y ampliación de infraestructuras, porque se consideraba prioritario reducir la congestión, generar empleo a corto plazo en el sector de la construcción, etc. El **enfoque de mejora de la movilidad** (en particular, mediante ampliaciones viales) está profundamente arraigado en la planificación del transporte, pero un creciente cuerpo de evidencia sugiere que esta estrategia no es sostenible ni financieramente ni desde el punto de vista de la movilidad.

Pierden vigencia los análisis orientados a la movilidad (que evalúan el rendimiento del sistema de transporte basado en la cantidad y calidad de los viajes físicos) y dejan paso a los basados en la accesibilidad (que consideran una gama más amplia de impactos y opciones). Las consecuencias de ambos enfoques de planificación son muy diferentes.

	Priorizar la movilidad	Priorizar la accesibilidad
Argumentos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Incrementando el kilometraje per cápita, aumenta el PIB per cápita. ➤ Las políticas que restringen el uso del vehículo privado, perjudican a la economía. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Propone incrementar la eficiencia y el uso racional del vehículo privado. ➤ Hasta un punto óptimo (4.000 millas/habitante-año), la productividad del sistema de transportes aumenta y, con ello, el PIB per cápita. Por encima, se reducen los beneficios marginales y los costes externos aumentan.
Estrategias	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Construir nuevas carreteras y ampliar las existentes. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gestionar la movilidad para incrementar la eficiencia del transporte.
Puntos débiles	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No considera gastos de aparcamiento, de propiedad del vehículo, costes por el tráfico inducido... 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ La industria del vehículo privado tiene mucho peso en la economía y es difícil apoyar medidas en contra.

Numerosos documentos y políticas públicas aún reflejan la hipótesis de que el crecimiento es deseable, lo cual es cierto en determinadas condiciones (hasta que un sistema alcanza su madurez). Actualmente, en las sociedades desarrolladas, los planificadores hacen distinción entre **crecimiento** (cada vez más grande) y **desarrollo** (mejora continua, en el sentido amplio de sostenibilidad y beneficios para la sociedad).

A medida que los políticos reconocen que los fondos disponibles para construcción y mantenimiento de infraestructuras están muy lejos de las necesidades proyectadas, la

⁽⁵¹⁾ La **planificación** se refiere al proceso de decidir qué hacer y cómo hacerlo. La planificación eficaz tiene en cuenta las diversas perspectivas e impactos, evalúa los efectos (costes y beneficios) considerados e identifica y aplica los medios más eficaces para alcanzar los objetivos.

La **evaluación** se refiere al proceso de determinar el impacto de una actuación, actividad, política o programa y su valor final. El **impacto económico** se refiere a los costos y beneficios y también se puede definir en términos más cuantitativos: los problemas y sus contrarios, es decir, los objetivos (por ejemplo, si la congestión se considera un problema, entonces la reducción de la congestión es un objetivo). El **análisis económico del impacto** se centra en los cambios medibles en el flujo monetario de los hogares y las empresas, incluidos los gastos y los efectos en la productividad. En cambio, el **análisis de costo-beneficio** incluye tanto la valoración monetaria como no monetaria, sea por impactos sociales, ambientales o de calidad de vida.

La **evaluación del transporte** se refiere a diversos métodos para predecir cómo una decisión o actividad en particular (mejoras viales, gestión de tráfico, gestión de demanda, cambios de usos del suelo...) afectará a la accesibilidad y el valor que tendrán los resultados para la sociedad. La forma de evaluar el transporte puede afectar a cómo se evalúa la accesibilidad y la gama de soluciones que se considera para afrontar los problemas de transporte.

atención se centra más en el uso conjunto de **estrategias de mejora de la accesibilidad** y de limitación de la movilidad.

El nuevo modelo de planificación del transporte que se va generalizando se caracteriza por aceptar que la capacidad del sistema de transporte se determine políticamente. Las decisiones políticas, por tanto, no son neutras y condicionan el contexto en que se realiza la elección del modo de transporte. Por ejemplo, el punto de partida para proyectar una nueva carretera no es la previsión de demanda sino la elección política del nivel de tráfico para el que se proyecta.

Esta actualización del modelo de planificación del transporte refleja la necesidad cada vez más acuciante de alcanzar un sistema de transportes sostenible. La crítica al modelo de movilidad imperante se fundamenta en tres consideraciones complementarias:

- Planificar en base a **previsiones de demanda** para construir infraestructuras (prever y proveer) supone negar los efectos de las políticas de transporte en la elección del modo. Desde el punto de vista económico, este criterio obliga a planificar en función de la demanda punta y a invertir más recursos en construir y en mantener que en gestionar las infraestructuras ⁽⁵²⁾.
- El **desarrollo económico del país (PIB)** aumenta con el kilometraje (Km/habitante-año), sólo hasta alcanzar cierto punto óptimo (aproximadamente unas 4.000 millas/habitante-año, con una varianza muy elevada dependiendo de la región), donde la productividad se estanca y los beneficios económicos marginales se reducen. Superada esta cifra, se considera que se deben aplicar estrategias de gestión del transporte para conseguir una mayor eficiencia del sistema de transporte a base de favorecer los trayectos con un valor elevado (emergencia, transporte colectivo, vehículos pesados o servicios), porque los trayectos con un menor valor (evitables) reducen la productividad al incrementar los costes marginales.
- La creciente concienciación sobre el **incremento de las externalidades** del transporte: principalmente la congestión, la contaminación y los accidentes. Pese a que no hay consenso sobre el alcance de los efectos del transporte en el cambio climático y la manera óptima de contrarrestarlos, y aunque los niveles de accidentalidad se han reducido significativamente, su impacto social es creciente.

La demanda adopta diferentes estrategias, según opciones disponibles

Durante las últimas décadas se ha pensado que la solución indiscutible para reducir la congestión consistía en **ampliar la capacidad** (nuevos carriles, nuevas vías...). Pero el estudio empírico de lo observado en las principales áreas metropolitanas pone de evidencia que la ampliación de la capacidad vial no ha demostrado ser la solución en ningún caso, porque la construcción de nuevas vías induce (nuevos desplazamientos) y genera (procedente de redistribución) un tráfico adicional, que es responsable del rápido agotamiento (50 a 100% +-pasados 3 años) de la nueva capacidad ofertada ⁽⁵³⁾.

Esto implica que los proyectos de mejora o ampliación de la red vial deberían fundamentarse en estudios de movilidad que valoren la magnitud de la afectación de las

⁽⁵²⁾ Crece el consenso entre los agentes involucrados en el desarrollo de políticas de transporte sobre la necesidad de superar la planificación de las actuaciones basada casi exclusivamente en la teoría económica, porque, aunque ésta ilumina bastante, no necesariamente proyecta la luz sobre las claves del problema.

⁽⁵³⁾ [FHWA Urban Congestion Reports](#), Texas Transportation Institute, Urban Mobility Information, 2010.

mejoras en la demanda, considerando que ésta se comporta de forma variable según la oferta proyectada (en lugar de suponer una demanda fija donde el tráfico futuro sea una extrapolación del existente en la actualidad, aplicando simplemente una tasa de incremento tendencial).

Si bien este criterio es cada vez más ampliamente aceptado, se presentan reticencias para aceptar que también puede esperarse que una **redistribución de la capacidad** de la red provoque una supresión de tráfico, debido a que las personas adquieren diferentes estrategias de desplazamiento dependiendo de la oferta existente, habiéndose observado experimentalmente que una mayor oferta vial provoca la aparición de nuevo tráfico (inducción) y que una reducción de capacidad conlleva una inhibición ⁽⁵⁴⁾.

En realidad, en entornos de elevada demanda de movilidad el grado de utilización de la infraestructura en hora punta siempre tiende a la congestión, independientemente del nivel de oferta vial, porque existe una gran demanda latente que pasa a ser presente ante una ampliación de la capacidad vial. Por lo tanto, la congestión representa **un punto de equilibrio al cual tiende la red vial** (sobre todo en entornos metropolitanos) y la gestión de la movilidad ha de conseguir modular los grados de congestión para que su afectación sea inversamente proporcional al valor de los viajes y las alternativas disponibles ⁽⁵⁵⁾.

Por otra parte, diferentes 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 ⁽⁵⁶⁾.

Estrategias de gestión de la congestión

Las estrategias de gestión de la congestión incluyen desde las medidas de gestión del tráfico a escala regional hasta la gestión de carriles cuando no es posible proporcionar un nivel aceptable de servicio a todos los usuarios de la vía.

La evolución de los criterios de diseño geométrico y las nuevas tecnologías han ayudado a perfeccionar las estrategias de gestión de la movilidad. A medida que la limitación de recursos es más apremiante, se tiende a afrontar las necesidades de movilidad combinando expansiones limitadas de la capacidad y estrategias de operación flexible, que tratan de gestionar la demanda de viajes y mejorar el tráfico y la seguridad.

Una de las formas tradicionales de afrontar la congestión ha sido añadiendo capacidad mediante carriles gestionados. Los **carriles gestionados** son la evolución de los tradicionales carriles de uso general, con la diferencia de la gestión continuada del carril durante la vida útil de la infraestructura. Es una forma proactiva de gestionar la congestión creciente en un marco de recursos limitados, pero no obliga expresamente a la ampliación de capacidad.

La mayor eficacia de las estrategias de gestión de carril se produce cuando forman parte de un plan de gestión global de la congestión que incluya una variedad de otros mecanismos y estrategias (gestión de accesos a vías rápidas, gestión de incidencias,

⁽⁵⁴⁾ [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.

⁽⁵⁵⁾ [Decálogo para re-enfocar las políticas de movilidad](#), Màrius Navazo, Ciudades para un Futuro más Sostenible, 2008.

⁽⁵⁶⁾ [Reevaluating the role of public transit for improving urban transportation](#), Todd Litman, Victoria Transport Policy Institute, 2011.

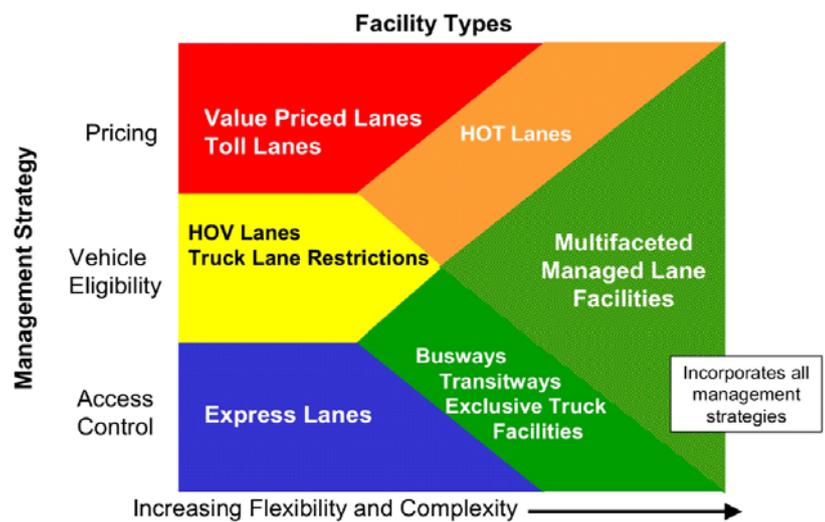
gestión de la demanda de tráfico y otros planes complementarios y sinérgicos con los objetivos generales de la movilidad). En general, tratan de optimizar el flujo por:

- Regulación de la demanda,
- La separación de los flujos de tráfico para reducir la turbulencia y
- La utilización de la capacidad disponible y no aprovechada.

En el nivel más básico, la problemática que aborda la gestión de carriles es similar a la de la gestión de la movilidad: gestionar la excesiva demanda en una dirección en período punta, que da lugar a la congestión, los problemas de seguridad y las emisiones del tráfico, que degradan la calidad del aire. Ambas plantean soluciones para mejorar el flujo de tráfico en las instalaciones existentes.

La gestión de carriles (*'managed lanes'*) adquiere relieve como un enfoque que combina estos elementos para hacer un uso más eficaz y eficiente de una infraestructura viaria y ofrecer una alternativa a la congestión que resulte social, financiera y económicamente aceptable. Combina una variedad de estrategias operativas y las ajusta activamente para mejorar la eficiencia de vial en ciertos corredores y adecuarla a los objetivos de la sociedad.

El gráfico adjunto resume los **tipos de estrategias de gestión de carril**: a la izquierda las estrategias operativas simples (restricción de acceso, control de acceso y tarificación) y de la derecha las más complicadas, que combinan más de una de estas estrategias. Las aplicaciones del extremo derecho del diagrama son los que incorporan o mezcla de varias estrategias de gestión de carril. Esto incluye los carriles HOV, carriles de tarifa variable (incluyendo los carriles HOT), carriles de uso exclusivo o especial (por ejemplo, carriles rápidos, sólo bus o carriles para sólo para camiones), etc. ⁽⁵⁷⁾.



Tipos de estrategias de gestión de carriles especiales.

Las estrategias de gestión de los carriles se pueden dividir en 3 grupos: restricción de uso, control de accesos y tarificación.

La **restricción** se basa fundamentalmente en permitir circular (por un carril o vía) sólo a ciertos tipos de vehículos o, por el contrario, en impedir la circulación a determinados vehículos (buses, camiones, turismos, etc.). La restricción también puede responder a la ocupación de los vehículos (+2, +3... ocupantes por vehículo), para dar prioridad a la movilidad de las personas en corredores congestionados. El carril que funcione así puede variar la elección del grupo de vehículos a lo largo del día, por ejemplo permitiendo el paso de vehículos de pasajeros en horas punta y el de camiones el resto del día.

El **control de accesos** consiste en permitir el uso a todo tipo de vehículos pero concentrar los puntos de acceso y salida de la vía, para minimizar los efectos de los

⁽⁵⁷⁾ Gráfico y datos de [Experiences with managed lanes in the USA](#), Charlotte Region HOV/HOT/Managed Lanes Analysis, Technical Memorandum Task 1.1, 2007. Para un panorama general sobre el tema en EE.UU., se puede consultar página web [Managed lanes](#), Federal Highway Administration - United States Department of Transportation, 2011.

trenzados y las turbulencias en el flujo. Las vías rápidas y el *'ramp metering'* (contadores para limitar el volumen que accede a una vía rápida, para controlar el flujo y reducir turbulencias) responden a esta estrategia.

La **tarificación** se puede aplicar de forma tradicional (peajes fijos) o en función del nivel de congestión de la vía, variando el precio durante distintas franjas de tiempo para regular la demanda (cobrar más en hora punta y menos cuando hay baja densidad).

Gestión de carriles especializados

Los **carriles especializados** combinan diversas estrategias de gestión de la capacidad para mejorar la eficacia y la eficiencia del uso de las vías. Su definición varía en función de la fuente, pero coinciden en que constituyen una vía dentro de otra vía, donde los carriles especializados están separados físicamente de los carriles de uso general y la infraestructura presenta una gran flexibilidad operacional, para poder gestionarla de forma activa a fin de responder a necesidades fluctuantes.

Los carriles especializados se basan en las estrategias de restricción de uso y de control de acceso para lograr los objetivos operativos. Su uso está restringido a vehículos que cumplen unos requisitos, sea por el tipo de vehículo y/o por la ocupación del mismo. De este modo, se proporciona un carril exclusivo a ciertas clasificaciones de vehículos: los autobuses, los camiones grandes, etc.

Los carriles de uso exclusivo para **vehículos de alta ocupación** (VAO/HOV, iniciales de *'High-Occupancy Vehicle'*) ofrecen prioridad (especialmente en horas punta) a ciertos tipos de vehículos (generalmente buses, minibuses, coche compartido, etc.), para incentivar el incremento de la ocupación de los vehículos. Consiguen aumentar la movilidad de personas, mejorar el tráfico y ofrecer una opción atractiva para la movilidad de los viajeros en el corredor.

En particular, los **carriles sólo bus** se utilizan desde hace medio siglo, generalmente ubicados en grandes arterias metropolitanas con carriles separados. Habitualmente, el bus comparte carril con otros vehículos de alta ocupación (+2, +3, etc.), ya que los buses no suelen ocupar toda la capacidad disponible. Pueden ser un componente de un *'Bus rapid transit'* (BRT) y, como resultado, las expresiones carril bus y BRT a menudo se usan indistintamente. Sin embargo, hay diferencias entre carril dedicado en exclusiva al uso de buses y un BRT, el cual incluye varias mejoras operativas y características de diseño, para proporcionar alta calidad de servicio para viajes rápidos en bus. El tipo de servicio suele ser sustancialmente diferente, con reducido número de paradas en ruta o con servicios directos punto a punto.

El objetivo de los carriles bus es proporcionar tiempos de viaje más cortos y fiables e incrementar la eficiencia (al evitar los retrasos por la congestión de los carriles de uso general, un mismo vehículo y conductor pueden realizar más viajes en hora punta). El uso de un carril especial exclusivo para autobuses, o vehículos con “alta ocupación”, permite ahorrar tiempo de viaje, en comparación con los vehículos circulando en los carriles de uso general, y constituye un incentivo para los usuarios del transporte colectivo.



Carril de alta ocupación (VAO/HOV)

Los **carriles para camiones** operan en gran parte de la misma manera que el carril sólo bus, pero el objetivo es diferente: se trata de separar el tráfico de camiones y el transporte de pasajeros para mejorar el flujo y proporcionar un mayor nivel de seguridad, al reducir los posibles conflictos entre los grandes camiones y otros vehículos.

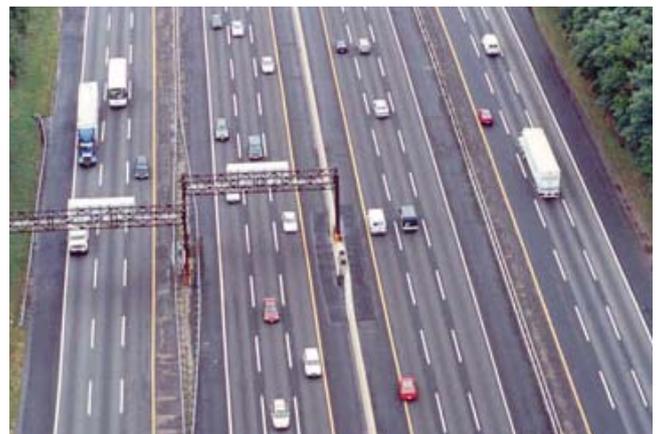
La separación de los camiones pesados puede ser factible en áreas donde el volumen de camiones exceda el 30% del tráfico, los volúmenes en horas punta superen los 1.800 vh/h/carril y volúmenes de no pico superen los 1.200 vh/h/carril. Las diversas formas de carriles para camiones tratan de mejorar el tráfico (en general, tráfico mixto), la seguridad y facilitar el flujo de mercancías. Pueden establecerse diferentes categorías: restricciones de carril, separación de calzadas (por ejemplo, doble-doble), vías dedicadas, carriles de intercambio y carriles lentos ⁽⁵⁸⁾.

Las **restricciones de carril**, por lo general, prohíben la circulación de camiones por el carril de la izquierda (normalmente, para aplicar estas restricciones son necesarios tres carriles, por lo menos). Este tipo de restricción a los camiones se ha aplicado tanto para facilitar a los vehículos ligeros oportunidades de adelantamiento como para proporcionar un desgaste más uniforme del pavimento. También tiene aplicación en zonas de obras, para mantener los camiones lejos de los operarios y de los carriles más estrechos.

Las **calzadas de peaje exclusivas para camiones** son menos frecuentes. Permiten aplicar el principio de incentivar la movilidad de mayor valor añadido (sea en número de personas o en valor de las mercancías desplazadas). Pero requieren doble carril, para que unos camiones puedan adelantar a otros más lentos. Se considera que sólo están justificadas para volúmenes superiores a 800 camiones/hora (400 por carril y dos carriles por sentido) con origen y destino comunes.

La regulación de acceso es una herramienta más de la gestión de carriles para gestionar el flujo de tráfico: limitar el acceso permite minimizar el impacto perjudicial causado por los trenzados de los vehículos que entran y salen con frecuencia. A menudo constituye un componente de un conjunto más amplio de estrategias de gestión de carriles.

Frecuentemente se usa el término "**carriles rápidos**" para referirse a carriles de uso restringido, accesos limitados y tarificación para proporcionar un mayor nivel de servicio. Pueden operar de forma bidireccional o como vías doble-doble. Generalmente se basan en el diseño de accesos, donde se mide la demanda: en algunos casos se gestiona activamente para garantizar un mejor flujo, en otros se da preferencia a vehículos VAO.



Restricción en autopista doble-doble (6carriles)

Efectos de la restricción de uso de carriles a vehículos pesados

En el tráfico mixto coexisten diversos tipos de vehículos con diferentes características de funcionamiento, incluyendo turismos, autobuses y camiones, etc. Para reducir el impacto de los camiones en el tráfico y en la seguridad vial en autopistas se aplican dos tipos de

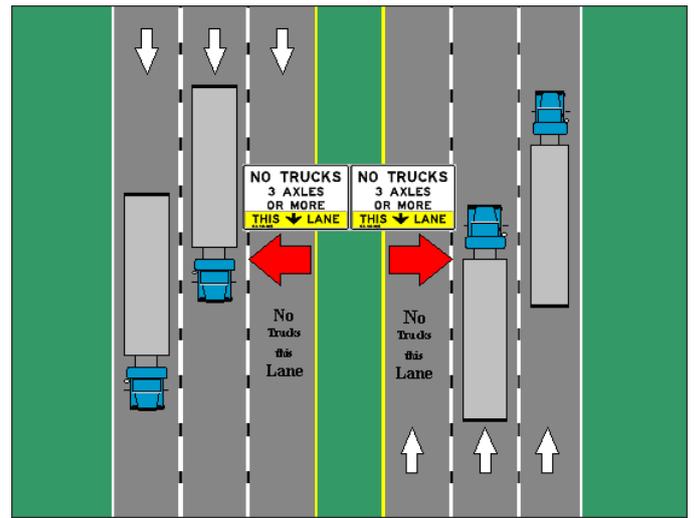
⁽⁵⁸⁾ El flujo en un carril gestionado con acceso restringido está condicionado por el vehículo más lento, en general los vehículos pesados: eliminarlos permite conseguir flujos de 1.700 a 1.900 vh/h/c (homogeneizando la tipología de vehículos se evita fricción en el flujo y las limitaciones causadas por el vehículo más lento en movimiento).

políticas: la prohibición de uso a los camiones (en uno o varios carriles, en algunas vías o rutas, en determinados períodos o durante todo el día, o la designación de las rutas excluidas a camiones) y la reducción de los límites de velocidad de camiones o el uso de límites de velocidad diferenciales ⁽⁵⁹⁾.

Muchas estrategias de gestión vial en relación con los vehículos pesados (la separación de calzadas para camiones, las vías dedicadas, los carriles lentos, etc.) implican grandes inversiones y largos periodos de ejecución. Las restricciones de uso de carril se consideran una forma de la gestión vial de bajo coste y corto plazo, que busca la mayor eficiencia, tanto en la gestión de flujos de mercancías y personas como de su seguridad.

Como el comportamiento de los cuello de botella depende de la distribución espacial de los cambios de carril y de la diferencia en las velocidades en los carriles, medidas de gestión del tráfico como la prohibición de cambio de carril pueden aumentar la capacidad ⁽⁶⁰⁾.

Conforme con la constatación de que la uniformidad de la velocidad promueve la seguridad y la eficiencia vial, la restricción de la circulación de camiones a los dos carriles más a la derecha (en vías con más de 2 carriles) se considera que disminuye los accidentes relacionados con camiones, los cambios de carril y las maniobras de cruce. En cambio, tiene poco efecto sobre la densidad de vehículos, nivel de servicio, velocidad media y tiempo promedio de viaje en terreno plano ⁽⁶¹⁾.



Los **cambios de carril** perturban temporalmente las características del flujo de tráfico circundante: se produce un fenómeno de relajaciones consistente en que el vehículo que cambia o su seguidor acepta menor distancia de separación y poco a poco recupera un espacio mayor. Esta perturbación es más importante cuando cambian de carril vehículos pesados, debido a sus características físicas y operativas: mayor longitud, tamaño y peso, menor capacidad de aceleración y limitaciones en su capacidad de maniobra ⁽⁶²⁾.

Los **efectos de las restricciones de carril** pueden variar con las diferentes condiciones geométricas y de tráfico. Los resultados de los análisis sugieren que la restricción puede ser útil con más de 1.300 vh/h/carril (nivel de servicio C) y los camiones constituyen más del 10% del tráfico. En autopista de tres carriles, restringir los dos carriles de la izquierda a los camiones aumenta la capacidad total del corredor y constituye la mejor opción para mejorar la congestión y el tiempo de viaje ⁽⁶³⁾.

⁽⁵⁹⁾ [Effect of Truck Lane Restriction and Differential Speed Limit on Traffic Characteristics of Four-Lane Rural Freeways](#), Yan Qi, Department of Civil and Environmental Engineering Louisiana State University, 2009.

⁽⁶⁰⁾ [Lane-changing in traffic streams](#), Jorge A. Laval & Carlos F. Daganzo, Elsevier, 2005.

⁽⁶¹⁾ [Use of lane restrictions involving trucks](#), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) Strategic Highway Safety Plan, Highway Safety Manual (HSM), 2004.

[Trucker perceptions and opinions of lane restriction and differential speed limit policies on freeways](#), Brian Wolshon and Ciprian Alecsandru, Transportation Research Board 88th Annual Meeting, 2009.

⁽⁶²⁾ [Passing rates to measure relaxation and impact of lane-changing in congestion](#), Aurélien Duret, Soyoung Ahn & Christine Buisson, Université de Lyon, 2010.

[Modelling the heavy vehicle drivers' lane changing decision under heavy traffic conditions](#), Sara Moridpour, Geoff Rose & Majid Sarvi, Department of Civil Engineering, Monash University, Melbourne, Australia, 2009.

⁽⁶³⁾ [Impacts of Left Lane Truck Restriction on Urban Freeways](#), Choon-Heon Yang & Amelia C. Regan, 2007 2nd National Urban Freight Conference & 2008 TRB meeting.

La revisión de casos con restricción de velocidad, carril, hora o ruta muestra que no habría ganancia (ni para camiones ni para coches) en los tiempos de viaje o la reducción de los retrasos por suprimir la política de restricción uso del carril izquierdo a camiones. Pero, el número de cambios de carril aumentaría (y con ello, la probabilidad de accidentes) si todos los carriles se abrieron a los camiones, porque cambio inadecuado de carril resulta ser una de las causas principales que contribuyen a los accidentes ⁽⁶⁴⁾.

La velocidad es una causa potencial para todo tipo de conflictos y las velocidades medias en ambos carriles (restringidos y no restringidos) disminuyen con el aumento de los porcentajes de camiones, pero la tendencia es mucho más pronunciada en los carriles sin restricciones que en los carriles restringidos. Por otra parte, las velocidades medias en ambos carriles restringidos y sin restricciones aumentan con el aumento del límite de velocidad, mientras que disminuye la densidad, al mismo tiempo ⁽⁶⁵⁾.

Los costes de la congestión

La **congestión no recurrente** es debida a interrupciones temporales que inutilizan el uso de parte de las vías, tales como los accidentes y averías (25%), zonas de trabajo (10%), condiciones meteorológicas adversas (15%), planificación de eventos especiales, etc. Los viajeros y transportistas son especialmente sensibles a las perturbaciones imprevistas respecto a la ajustada programación de las actividades personales y de distribución de los procedimientos de fabricación. Requiere gestionar con eficacia las incidencias imprevistas del tráfico, los trabajos y eventos programados, etc. ⁽⁶⁶⁾.

La **congestión recurrente** ocurre en los períodos punta, porque el número de vehículos tratando de utilizar la vía es superior a la capacidad disponible. La gestión eficaz de la demanda en los períodos punta implica convencer a los viajeros para que realicen su viaje en un momento de menos congestión, en un modo diferente, en una ruta menos congestionada, o proporcionar accesibilidad sin recurrir a la movilidad (por ejemplo, mediante el teletrabajo). Requiere nuevos enfoques para gestionar la movilidad y desarrollar tecnologías para gestionar el tráfico, la demanda y la oferta ⁽⁶⁷⁾.

La congestión implica que cada nuevo vehículo experimenta su propia demora, pero simultáneamente aumenta la demora de todos los demás que ya están circulando. En consecuencia, el usuario individual percibe solo parte de la congestión que causa, recayendo el resto en los demás vehículos que forman parte del flujo de ese momento. En el lenguaje especializado se dice que los usuarios perciben los costos medios privados, pero no los **costos marginales sociales**.

Los usuarios tampoco tienen una clara noción de los **costos medios privados**, de cuanto les cuesta realizar un viaje adicional, en términos de mantenimiento, desgaste de neumáticos, etc. Pero sí perciben los costos cargados por el gobierno (impuestos, tasas, etc., que son simples transferencias del automovilista al Estado), lo cual distorsiona su forma de tomar decisiones.

El hecho que el coste de la congestión no sea percibido plenamente por los usuarios que contribuyen a generarla lleva a que la demanda sea superior a la que resultaría

⁽⁶⁴⁾ [Quantify the Effects of Raising the Minimum Speed on Rural Freeways and the Effects of Restricting the Truck Lanes Only in the Daytime](#) - Volume 2: Safety and Operational Evaluation of Truck Lane Restriction on Interstate 75, Traffic Operations Office State of Florida Department of Transportation, 2004.

⁽⁶⁵⁾ [Identifying the Impact of Truck -Lane Restriction Strategies on Traffic Flow and Safety Using Simulation](#), Qun Liu & Nicholas J. Garber, [Center for Transportation Studies, University of Virginia](#), 2007.

⁽⁶⁶⁾ [Reducing Non-Recurring Congestion](#), Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 2011.

⁽⁶⁷⁾ [Reducing Recurring Congestion](#), Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 2011.

socialmente óptima y a que las decisiones sobre ruta, modo, origen, destino y hora de los viajes se tomen en función de una percepción frecuentemente parcial de los costos propios, en lugar de tomarlas sobre la base de los costos sociales. El resultado lógico es una sobreexplotación de la vialidad existente, al menos en determinadas zonas y horas.

Algunos vehículos generan más congestión que otros. La ingeniería de tráfico asigna a cada tipo de vehículo una equivalencia en vehículos de pasajeros denominada pcu (*'passenger car unit'*). Un automóvil tiene una equivalencia de 1 pcu y los demás vehículos una equivalencia que corresponde a su influencia perturbadora sobre el flujo, o el espacio vial que efectivamente ocupan, en comparación con la de un automóvil.

Normalmente, se considera que un autobús tiene una equivalencia aproximada de 3 pcu, aunque el factor pcu varía según se trate de una aproximación a una intersección o de un tramo vial entre intersecciones. Como el objetivo del transporte es mover personas y mercancías, interesa subrayar que la congestión se reduce si los autobuses transportan más de 3 veces el promedio de ocupantes por automóvil. Por ejemplo, si el autobús lleva 18 pasajeros y los automóviles transportan 1,2 persona en promedio, cada ocupante del automóvil produce $18/(3 \times 1,2) = 5$ veces la congestión atribuible a cada pasajero del bus.

¿Quién paga los costos de la congestión?

Los efectos perjudiciales de la congestión recaen sobre todos los ciudadanos, en términos de deterioro de su calidad de vida en distintos aspectos (mayor contaminación acústica y atmosférica, impacto negativo sobre la salud mental, etc.). Para los sujetos del transporte, los efectos de la congestión pueden cuantificarse desglosando su costo en dos componentes fundamentales: el tiempo personal y los costos operacionales de los vehículos, especialmente el combustible. Ambos se ven aumentan con la congestión.

Los propios usuarios de la vía congestionada soportan las consecuencias de la congestión que ellos mismos han originado (mayores tiempos de desplazamiento y costes de operación). Pero recaen especialmente sobre los usuarios del transporte colectivo que comparten la vía: por un lado sufren un retraso en el que su contribución individual es menor que la de los pasajeros de los vehículos privados (según la ocupación) y por otro la congestión incrementa los costes del transporte, de pasajeros y de mercancías (debido a las demoras, para proveer la misma capacidad de transporte se requieren más vehículos, con sus respectivos conductores, lo que implica mayor coste unitario).

El principio de equidad requiere cuantificar la diferencias entre el coste social por congestión generado por un pasajero adicional del transporte individual respecto al coste de un pasajero adicional del transporte público en cada situación concreta del tráfico. Esto permitiría atribuir una tasa por pasajero/km equivalente al coste social que cada cual genera. En la práctica (por dificultades operativas, condicionantes políticos, etc.) se acepta como óptimo (*'second best'*) subvencionar las tarifas del transporte público, para compensar el hecho de que los costes sociales por pasajero/km sean bastante inferiores que para el transporte individual ⁽⁶⁸⁾.

Un subterfugio frecuentemente aplicado para eludir el principio de igualdad y de equidad social es aplicar un valor del tiempo inferior para usuarios del transporte público ⁽⁶⁹⁾.

⁽⁶⁸⁾ [Medición de la diferencia en cuanto a costes sociales por congestión entre el transporte individual y el transporte público urbano, con una aplicación al área urbana de Barcelona](#), Suplemento revista investigaciones económicas, 1989.

⁽⁶⁹⁾ [La congestión del tránsito urbano: causas y consecuencias económicas y sociales](#). Thomson, Ian; Bull, Alberto. Revista de la CEPAL, 76 (abril 2002).

Costes y regulación de la demanda de transporte

En economía, la demanda se refiere a la relación entre precio y consumo. Se trata de una función. En la planificación del transporte, **la demanda**, por lo general representa un valor a precio cero (salvo carreteras de peaje...). Esto equivale a una profecía autocumplida: se aumenta la capacidad para satisfacer una demanda sin precio y la demanda crece para llenar la nueva infraestructura.

Los costes de transporte afectan a las decisiones en materia de consumo, como también afectan los costes de la mano de obra o de la energía. Hay poco incentivo para racionar el uso de un bien sin precio (en realidad, se paga indirectamente a través de impuestos): como resultado, la congestión es inevitable y aumentan los costes totales.

Pagar estos costes directamente, en lugar de indirectamente, tiende a ser más eficiente y justo, en general, porque refleja mejor los principios del mercado. Al permitir a los clientes a **dar prioridad según el valor de sus viajes**, en función de su disposición a pagar, aumenta la eficiencia económica. Tomando en cuenta todos los costes, los consumidores tienen un incentivo para elegir la opción socialmente eficiente.

Si se reduce el volumen de tráfico a un nivel óptimo, se pueden minimizar los retrasos de la congestión y aumentar la productividad global. Para determinar el óptimo (la cantidad y tipo de viajes que ofrece los mayores beneficios globales para la sociedad) se han de valorar los impactos marginales (los costes y beneficios de una unidad adicional de consumo), reconociendo que los beneficios adicionales proporcionados por un bien tienden a disminuir con el aumento del consumo.

Aunque la infravaloración a corto plazo pueda parecer beneficiosa, transformar los costes externos en transferencias, en lugar de contabilizarlos en los costes, reduce la eficiencia económica global, porque **los costes externos no se eliminan**: aumentan los impuestos (para pagar por los servicios de transporte, las infraestructuras...), aumentan las lesiones y enfermedades (por los accidentes y la contaminación), aumentan los precios de los bienes comerciales (por los subsidios de estacionamiento), etc. Lo que parece cierto ahorro económico es en realidad una transferencia económica, con costes a cargo de otras partes de la economía.

Del mismo modo, se pierde eficiencia si los clientes no pueden acceder (por barreras de mercado o restricciones reglamentarias) a un trayecto o a un servicio de transporte de mayor calidad para el que están dispuestos a pagar un sobreprecio porque cubre todos los gastos adicionales.

La **eficiencia del mercado** se basa en su capacidad para permitir que los clientes elijan el conjunto de bienes que mejor reflejen sus necesidades y preferencias. Sin embargo, no todos los productos se comercializan en mercados eficientes. Muchos bienes y servicios de transporte son prestados por los gobiernos. El diseño, las características y los precios de estos servicios públicos puede tener repercusiones importantes sobre las decisiones de los clientes ⁽⁷⁰⁾.

⁽⁷⁰⁾ Por ejemplo, quienes viajan en las zonas con impuestos a los combustibles, tarifas de estacionamiento y peajes más altos tienden a conducir significativamente menos que quienes viajan en las zonas con menos tasas sobre el uso del automóvil. A este respecto puede consultarse el documento [Are Vehicle Travel Reduction Targets Justified? - Evaluating Mobility Management Policy Objectives Such As Targets To Reduce VMT And Increase Use Of Alternative Modes](#), Todd Litman, Victoria Transport Policy Institute, 2010.

Eficiencia y equidad de los mercados de transporte

El término "**eficiente**" se utiliza con frecuencia en el sentido de aumentar las velocidades del tráfico. Esto supone aceptar que si los vehículos circularan más rápido aumentaría la eficiencia general, cosa que no es necesariamente cierta: las altas velocidades pueden reducir la capacidad de tráfico total, aumentan el consumo de recursos y los costes externos... y se reduce la eficiencia global del sistema.

La mayoría de expertos coinciden en que una política de transportes que persiga mejorar las opciones del cliente, la eficiencia de los precios, una mayor competencia y la neutralidad entre alternativas llevaría a unos mercados de transporte mucho más eficientes y equitativos. Hay menos consenso en cómo corregir las actuales **distorsiones respecto a los principios del mercado** ⁽⁷¹⁾.

Unos, los más liberales (Pozdena...), sólo tienen en cuenta los problemas de congestión y contaminación (y eventuales tarifas por la congestión y el carbono); sostienen que no están justificadas las tasas "excesivas" sobre el combustible o los desincentivos a la conducción. Otros consideran que hay más ineficiencias del sistema de transporte a valorar: el subcoste por uso de carreteras y aparcamiento públicos, daños por accidentes y por contaminación, falta de opciones de movilidad adecuada para los no conductores....



Principios de mercado	Distorsiones
<p>Diversidad de opciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Los clientes han de tener una variedad de opciones viables de transporte y de ubicación, para que puedan elegir la combinación que mejor se adapte a sus necesidades y preferencias. ➤ También ha de estar disponible la información precisa y adecuada sobre las opciones disponibles. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A menudo, hay pocas alternativas viables al uso del vehículo privado, porque el transporte público es inadecuado... ➤ Hay muchas más opciones para comprar un vehículo de motor o de servicios de automoción que para viajar sin vehículo privado y las alternativas que existen no siempre están suficientemente integradas.
<p>Competencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La competencia entre los operadores estimula la innovación y la eficiencia. ➤ Se acepta que la competencia en la fabricación de vehículos, en la producción y distribución de combustible y en transporte aéreo aumentan la eficiencia y la calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Muchas infraestructuras y servicios de transporte público son monopolios con poca competencia ni incentivo para la innovación. ➤ Se reconoce poco la importancia de la competencia entre los modos, de la integración de las interfases modales...
<p>Precios basados en los costes reales</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Los precios que se pagan por un bien han de reflejar todos los costes marginales de suministro de ese bien, a menos que haya una justificación específica para subvencionarlo. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El transporte en general, y la conducción en particular, está significativamente subvalorado, porque muchos costes son fijos o externos.
<p>Políticas públicas neutrales</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Las políticas públicas (leyes, impuestos, subsidios y políticas de inversión) deben ser neutrales ante alternativas y usuarios comparables. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Las políticas fiscales, reglamentos y la planificación tienden a favorecer el vehículo privado frente a las alternativas de gestión de la demanda, pero penalizan el transporte de mercancías por carretera frente al FF.CC.

⁽⁷¹⁾ [Market Principles.- TDM Impacts on Market Efficiency and Equity](#), TDM Encyclopedia, Victoria Transport Policy Institute, 2010.

La creación de mercados más eficientes puede ser difícil, porque muchas de estas distorsiones están bien establecidos en la economía, se consideran "normales" y son invisibles para la mayoría (como el aparcamiento gratuito y las carreteras sin precio) y los esfuerzos para la fijación de precios basada en los costes y la neutralidad en la planificación son criticados como injustos y punitivos para la movilidad (básicamente para el vehículo privado).

Aplicar una **tarificación eficiente** y otras reformas del mercado resulta impopular, porque los costes son directos y concentrados, mientras que los beneficios tienden a ser indirectos y difusos. Aumentar la fiscalidad a los usuarios (peajes, impuestos de combustible o tarifas de aparcamiento más altos...) es considerado regresivo. Como resultado, hay mayor presión para controlar las subidas en el precio del combustible y los peajes que para aumentar los precios a niveles económicamente eficientes.

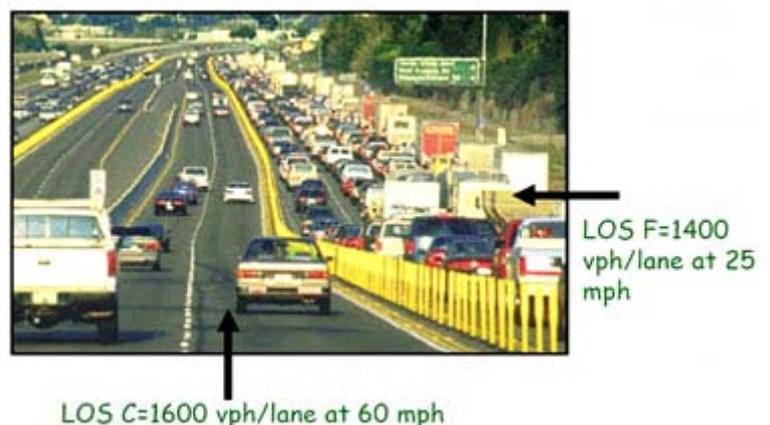
Sin embargo, el impacto de estas medidas dependerá de las alternativas de transporte y de cómo los ingresos se utilicen (incluidos descuentos en efectivo). Esto sugiere que las reformas de mercado requieren tanto transparencia y pedagogía previa sobre los beneficios que pueden derivarse de una mayor eficiencia económica como las condiciones políticas adecuadas y el apoyo popular para soluciones innovadoras.

Gestión de la capacidad mediante tarifas

La gestión de carriles persigue asegurar la fiabilidad del tiempo de viaje. Para ello, **el carril no puede llegar a su máxima capacidad** (situación en la que el flujo se vuelve inestable y la velocidad y el nivel de servicio pueden deteriorarse súbitamente). Este valor varía y se ve afectado por la combinación de tipos de vehículos, la geometría vial, las condiciones meteorológicas, etc. Una cifra orientativa del máximo flujo es 1.600 vh/h/carril (vh/h/c) para un tráfico compuesto principalmente por vehículos de pasajeros, algunos autobuses, pero sin camiones pesados (esto corresponde generalmente a las condiciones no inferiores al nivel de servicio C).

Se acepta que el umbral de la demanda inicial de un carril de alta ocupación debería superar los 600 vh/h (unas 1.200 personas/hora, frente a las 2.200 que pueden circular en un carril de uso general). Por ello, aunque su objetivo es aumentar la movilidad de personas, más que de vehículos, mediante la reserva de capacidad a los vehículos más ocupados, su mejor nivel de servicio puede ser percibido desde el resto de carriles como

"infrautilización" del carril, lo que obliga a considerar posibles dificultades en el mantenimiento del apoyo público y político.



Una respuesta común ha sido permitir que el resto del tráfico pueda acceder a estos carriles pagando una tarifa. Pero esto representa un reto pedagógico, de transparencia y operacional, para dar cuenta de los resultados de la gestión de la capacidad y para conseguir el mayor flujo sin que se degraden las condiciones de servicio.

Junto a las estrategias de gestión dinámica analizadas (las restricción de uso según tipo u ocupación del vehículo y la concentración del acceso/salida en unos pocos puntos controlados), la **tarificación** (el uso de un precio de acceso como estrategia operativa) ha demostrado su utilidad para regular la demanda vial, más en la medida que la tecnología ha permitido gestionar la capacidad mediante peajes variables, etc.

La aplicación del llamado **peaje de alta ocupación** (PAO/HOT, iniciales de '*High-Occupancy/Toll Lanes*') permite que los vehículos que no cumplan con el requisito de ocupación mínima puedan beneficiarse de la capacidad disponible no utilizada en el carril VAO (ya sea como resultado de la infrautilización o por ampliación física del VAO o por elevar las normas de ocupación), pagando un peaje para el acceso a dicho(s) carril(es). Esto proporciona a los conductores la opción de pagar por la fiabilidad y ahorro de tiempo de viaje o de continuar viajando por los carriles de uso general.

La tecnología es un componente de esta estrategia: permite que la tarificación sea un complemento para afinar las estrategias de gestión basadas en la restricción de uso y de control de acceso (que por sí solas no siempre garantizan la asignación más eficiente de la capacidad de los carriles gestionados frente a cambios en la demanda a través del tiempo) al hacer posible recaudar sin los retrasos, costes y espacio asociados con el peaje manual.

El precio puede ser fijado en un plan regular de peajes, puede cambiar según la hora del día o el día de la semana o puede cambiar dinámicamente en respuesta al nivel de congestión, para intentar distribuir con mayor eficacia el tráfico. Existen:

- peajes dinámicos (*'value pricing'*), que varían en función de las condiciones del tráfico en tiempo real en las instalaciones,
- peajes según la hora del día (*'variable pricing'*), de acuerdo a un horario fijo que a menudo refleja la demanda por la hora del día y el día de la semana,
- peaje abierto, constante por trayecto o por kilómetros, y
- tarifa plana, cuando se paga una tarifa fija para uso ilimitado de las instalaciones por un tiempo determinado, que puede ser implementada mediante un adhesivo (*'vignette'*) en el vehículo.

Las dos primeras estrategias de precios se refieren a menudo como la **tarifa de congestión**, pero también son usuales las expresiones "fijación de precios según valor" y "precios variables": cobrando más a los usuarios en los periodos más congestionados, se utiliza el poder del mercado para forzar cambios de la demanda de viajes en horas punta a otros modos de transporte o a periodos del día menos congestionados.

Las opciones de tarifa plana y el peaje abierto no proporcionan el mismo nivel de flexibilidad en la gestión, pero son más fáciles de implementar, puede satisfacer otras necesidades y han servido como paso previo a la adopción de la tarifa de congestión en algunos casos.

Aunque el principal objetivo de la tarificación sea el de garantizar un funcionamiento eficiente, otro aspecto relevante es su potencial de generar ingresos adicionales, para aplicarlos a sufragar los costos operativos y a la posible recuperación del capital, que de lo contrario debería abordarse usando las fuentes de ingresos existentes. Además, puede resultar útil para fomentar el uso de transporte colectivo al ofrecer tarifas gratuitas o con descuento para estos modos.

Gestión de la capacidad mediante corredores

Frecuentemente la gestión de la capacidad afecta a la red vial de una extensa área geográfica. Esto obliga a ir más allá de la gestión dinámica de un carril y se extiende a todos los de un corredor o corredores. El cuadro adjunto resume las estrategias de gestión focalizadas en carriles y las extendidas a corredores.

Gestión de la capacidad	
Mediante carriles	Mediante corredores
Restricción de uso <ul style="list-style-type: none"> ➤ Carriles VAO/HOV ➤ Carriles sólo bus ➤ Carriles para camiones 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Límites de velocidad variables y alerta de retenciones ➤ Carriles dinámicos <ul style="list-style-type: none"> ○ carriles a contra flujo ○ carriles reversibles ○ uso de los arcones ○ asignación dinámica de carriles de puentes y túneles ➤ 'Metering'
Control de accesos <ul style="list-style-type: none"> ➤ Carriles rápidos ➤ 'Ramp metering' 	
Tarificación <ul style="list-style-type: none"> ➤ Carriles PAO/HOT ➤ Carriles rápidos de peaje 	

Los **límites variables de velocidad** y los avisos de retención tienen la intención de administrar el flujo de tráfico para mejorar la seguridad y aliviar la congestión, ajustando gradualmente el límite de velocidad como reacción a las condiciones del tráfico, las condiciones climáticas, las actividades de construcción o mantenimiento y otros factores. Se basan en la detección del volumen y la velocidad del tráfico, la información meteorológica y del estado del firme de la vía para determinar la velocidad más adecuada para optimizar el flujo de tráfico.

El número y la direccionalidad de los carriles de una vía, y sus arcones, pueden ser administrados dinámicamente (**carriles dinámicos**), para responder a la variabilidad del tráfico. Los ejemplos más comunes incluyen: carriles a contra flujo, carriles reversibles, uso a tiempo parcial de los arcones como carriles y asignación dinámica de los carriles en puentes y túneles.

Un **carril a contra flujo** suele ser un carril de autopista del sentido fuera de punta (normalmente junto a la mediana) que se asigna para uso de vehículos viajando a contradirección. Fuera de hora punta desaparecen las separaciones que delimitan este carril y la vía recupera su configuración original. Esto permite ganar otro carril en momentos puntuales con un coste bajo o moderado.

Los **carriles reversibles** son carriles exclusivos en el centro de una vía que sirven para ser usados en uno u otro sentido en función del reparto de volúmenes entre sentidos, cuando existe un marcado desequilibrio en hora punta entre ambos (por ejemplo, entre los viajes de entrada por la mañana y los viajes de salida por la tarde).

El '*metering*' se refiere al uso de las señales de tráfico para controlar el flujo de vehículos. Esta estrategia se suele utilizar para gestionar el flujo de vehículos que llegan a los accesos a una vía, pero también puede utilizarse para gestionar el tráfico en las líneas principales.

Sistemas inteligentes de transporte

A medida que se congestionan más las vías, aumentan las exigencias que plantean tanto la comunidad como la industria de contar con soluciones rentables y sustentables para mejorar el funcionamiento de la infraestructura vial. Los **Sistemas Inteligentes de Transporte ('Intelligent Transportation Systems', ITS)**, definidos como tecnologías de la información y comunicación aplicadas a vehículos y vías, están adquiriendo mayor

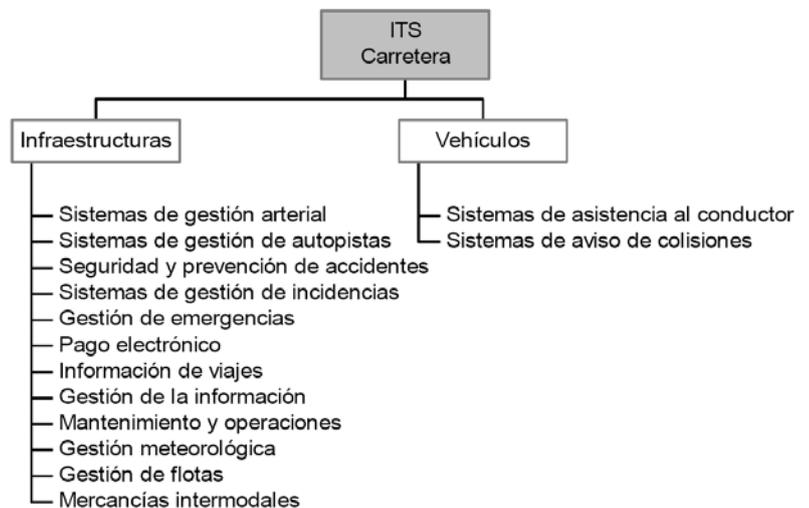
importancia al ayudar a abordar estos desafíos de rápida aparición, ya sean de seguridad, ambientales o económicos.

Actualmente son numerosas las pequeñas **aplicaciones ITS**, como el control electrónico de estabilidad, frenos antideslizantes, sistemas de advertencia temprana de colisiones y control de crucero adaptable, que se abren paso a una mayor proporción de vehículos, tanto los vehículos de pasajeros como de mercancías. Algunas se centran en el vehículo y otras en la infraestructura. Se pueden clasificar en tres grupos, atendiendo al aspecto que mejoran ⁽⁷²⁾:

1. Gestión de infraestructuras y tráfico (*'Advanced Transportation Management Systems'*, ATMS): tecnologías orientadas a incrementar la eficiencia de la movilidad del tráfico.
2. Sistemas avanzados para el control de los vehículos (*'Advanced Vehicle Control Systems'*, AVCS: herramientas que permiten la conducción y guiado del vehículo de forma automática.
3. Sistemas avanzados de información al viajero (*'Advanced Traveler Information Systems'*, ATIS): adquisición de información, análisis y emisión de respuesta al conductor para ayudarle en su desplazamiento.

Las exigencias de funcionamiento de la infraestructura de transporte, en especial de las vías, están en aumento y la escasez de terrenos disponibles en los centros urbanos está impulsando soluciones de ingeniería cada vez más complejas y novedosas, como túneles y estructuras elevadas para proporcionar capacidad adicional y mejorada. Esta mayor inversión en capacidad tiene que funcionar eficientemente para brindar el retorno requerido a la economía y a la sociedad más amplia, así como los retornos en el caso de activos o concesiones del sector privado.

Los ITS actuales proporcionan los medios para controlar con eficacia **la demanda de acceso vial** a través de una variedad de mecanismos que incluyen el uso de peajes y el cobro de una suma por el uso de carreteras en horas punta y por las emisiones, que pueden variar con la hora del día, los niveles de congestión y la longitud del viaje. Mediante el uso de los ITS, se pueden controlar carriles e incluso zonas enteras para usos especiales; además, se puede dar prioridad a vehículos tales como autobuses y automóviles que transportan múltiples ocupantes y a vehículos con un bajo nivel de emisiones.



La aplicación clásica de gestión de la demanda de viajeros son los carriles VAO, que usan paneles de información variable para difundir los requisitos para permitir el acceso a los carriles reservados a aquellos vehículos que cumplan una serie de requisitos (que pueden variar en cada lugar y momento), en lo que a ocupación se refiere.

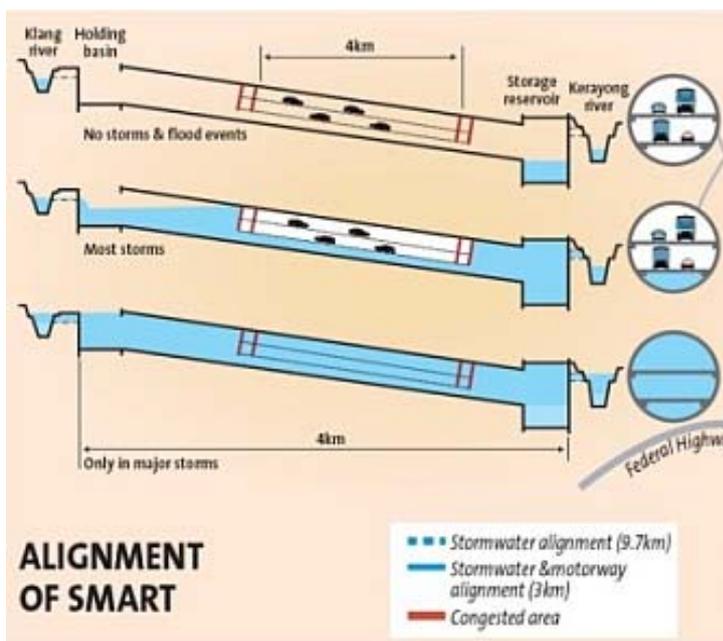
La gestión de carriles reversibles consiste en regular, de una forma inteligente, carriles que no tienen un sentido de marcha definido. A través de equipos situados en la vía y

⁽⁷²⁾ [Libro verde de los sistemas inteligentes de transporte terrestre](#), Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2003.

gracias a un control electrónico del acceso, desde el centro de control se puede avisar a los conductores del sentido de la marcha (en algún caso se ha llegado a gestionar de manera reversible una autopista completa).

El cobro electrónico de peajes, una de las aplicaciones estrella de los ITS, y a la que probablemente se le está dedicando más tiempo de estudio, permite que la transacción económica se realice de forma casi instantánea, sin que los vehículos tengan que detenerse o disminuir su velocidad, evitando así las demoras asociadas al cobro tradicional por medio de casetas de peaje. Esto facilita implementar políticas para regular la congestión. Esto anula el costo de instalar y mantener cabinas de peaje manual y, además, ofrece ahorros adicionales al reducir la congestión, así como el consumo de combustible y la emisión asociados con la desaceleración y posterior aceleración de los vehículos.

Desde **la perspectiva de la oferta**, los ITS aplicados a la gestión del tráfico consiguen aumentar la capacidad vial, mediante distintos tipos de sensores que proporcionan los datos de tráfico y meteorológicos de la vía. Aplicaciones como el '*ramp Metering*' regulan la entrada mediante semáforos a las vías de alta capacidad, evitando la congestión derivada de las ondas de choque en los tramos de trenzado del tronco principal (se trata de que la circulación oscile siempre en torno a un valor óptimo).



El túnel de usos múltiples "*Stormwater Management and Road Tunnel*" (**SMART Tunnel**) en Kuala Lumpur, Malasia, con 9,7 km, es un ejemplo de ITS aplicadas al control de accesos. Corresponsabiliza a las autoridades de Carreteras y de Riego y Drenaje de Malasia para dar respuesta a las inundaciones repentinas en Kuala Lumpur y a la congestión a lo largo de Jalan Sungai Besi y el paso elevado Loke Tejo en Pudu durante las horas pico.

Una variación de esta aplicación consiste en modificar los límites de velocidad en los periodos de mayor intensidad de tráfico, reduciéndola de una "forma inteligente" para aumentar la capacidad de la vía. Con una misma arquitectura tecnológica, compuesta por una serie de estaciones de toma de datos, una red de comunicaciones y un centro de control donde se procesan estadísticamente los datos, se lleva a cabo el control de emisiones y se generan alarmas y decisiones (por ejemplo, reducir la velocidad) al sobrepasar determinados umbrales, considerados inaceptables.

Se dispone de evidencias que demuestran que se ha reducido tanto el número como la gravedad de los accidentes en las carreteras controladas mediante ITS. Algunos de los sistemas comúnmente adoptados incluyen advertencias a los vehículos que se aproximan a curvas y rampas a velocidad excesiva, sistemas de advertencia para cruces ferroviarios y peatones, con soluciones que van desde marcas viales electrónicas dinámicas, basadas en sensores, hasta sofisticados sistemas de detección y calibración de vehículos.

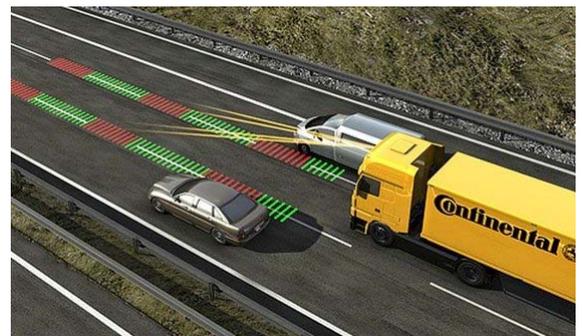
La telemática también permite actuar de una manera decisiva en **la prevención de accidentes**: el vehículo se convierte en un “sistema inteligente”, capaz de prever posibles riesgos y tomar las medidas necesarias para evitarlos. La vigilancia automática de infracciones también ha tenido mucho éxito en el área de seguridad vial, al permitir una mayor eficiencia de la vigilancia policial para controlar a los infractores de las leyes de tráfico. Las dos principales aplicaciones son para el control de exceso de velocidad y el control de vehículos cruzando una intersección durante la luz roja del semáforo.

Otras aplicaciones son los sistemas de aviso y protección lateral o los de advertencia de colisión delantera (como una opción para reducir los choques traseros causados por los conductores que siguen al vehículo muy de cerca, utiliza una tecnología tipo “levante de cabeza” para producir señales visuales en el parabrisas que alertan al conductor cuando la distancia de frenado disminuye más allá de un mínimo legal seguro).

La Unión Europea trata de unificar y modificar las más de 50 Directivas vigentes en materia de seguridad de vehículos. Dos de los principales cambios afectan al transporte pesado de mercancías y pasajeros: el sistema de aviso de cambio involuntario de carril y el **sistema automático de frenada de emergencia**.

El primero está enfocado a la seguridad de los transportistas y sus pasajeros. El **avisador de cambio involuntario de carril** detecta el abandono del carril (ya sea por una distracción puntual o por un breve microsueño del conductor) y puede avisar de manera acústica, visual o incluso mediante la vibración del volante o el asiento.

El segundo sistema, que es en esencia un dispositivo similar a los ‘*City Safety*’, consiste en un radar delantero que mide las distancias con el vehículo al que el camión o autobús precede y las velocidades relativas entre ambos vehículos, para calcular si se va a producir un choque inminente, situación en la que aplica toda la potencia de frenado para detener el vehículo o reducir su velocidad en gran medida para mitigar los daños.



Este sistema trata de proteger a los vehículos ligeros: una colisión por alcance a 30 km/h no supone un daño grave para el camión o su conductor, pero el coche contra el que ha impactado puede quedar muy severamente dañado y sus ocupantes pueden correr serio peligro. Desde 2013, todos los camiones y autobuses nuevos deberán equiparlo de serie por imposición legal.

Nissan ha desarrollado un sistema de “Control de Crucero Adaptable” que es capaz de usar el sistema de navegación satelital del vehículo para detectar curvas en la vía y realizar automáticamente las maniobras requeridas sin la intervención del conductor a fin de asegurar que el automóvil responde de manera segura y predecible. Por ejemplo,

si el sistema detecta una curva en la vía, es capaz de desacelerar el vehículo a medida que entra en la curva, determinar y mantener una velocidad segura durante todo el viraje y acelerar al término de éste para remedar el comportamiento normal de un conductor, todo ello sin ninguna participación del conductor.

En los estados de Oregón y Colorado, en Estados Unidos, por ejemplo, las advertencias visuales electrónicas de geometría vial peligrosa y velocidades de descenso en pendientes han reducido el vuelco de camiones un 13%. En Reino Unido, se ha demostrado que las carreteras controladas M42 y M25 y los sistemas de Gestión Activa del Tráfico (Active Traffic Management) han reducido los accidentes y lesiones un 15%.

En Japón, Nissan también desarrolló un "Sistema de Prevención de Salida de la Pista" en respuesta al alarmante número de accidentes causados por los vehículos que se salían de la vía (las estadísticas de EE. UU. muestran que más del 40% de todas las muertes en accidentes del tráfico son consecuencia de choques por salidas de la vía): usando una cámara y otros sensores (velocidad, virajes fuera de curso, ángulos, etc.) para detectar los cambios de rumbo, se puede graduar la intensidad del frenado en el lado necesario, en lugar de usar la dirección, para devolver al vehículo automáticamente a su pista.

Por otra parte, conociendo **el estado de la infraestructura** se puede conseguir un aumento de su vida útil. El que la vía se encuentre en todo momento en perfecto estado se traduce en mayor seguridad. La aplicación más conocida en este ámbito son los sistemas de pesaje dinámico, que constan sensores de peso, detectores de presencia y elementos para registrar, almacenar y procesar las señales emitidas por los sensores.

Influencia del flujo mixto de vehículos sobre la seguridad de circulación

Los accidentes fatales con algún vehículo pesado involucrado se han reducido en los últimos años (en EE.UU., entre 1994 y 2008, las muertes se redujeron un 17,8%, mientras el número de accidentes se ha mantenido constante, debido a que el kilometraje en las carreteras estadounidenses se ha incrementado un 27%, reduciendo el índice de accidentabilidad por milla recorrida, aunque el número de accidentes se ha mantenido los valores absolutos). Esta reducción es debida principalmente al menor número de muertes en choques vehículo ligero/vehículo pesado ⁽⁷³⁾.

Se ha constatado que en un accidente en el que esté implicado un camión hay el triple de posibilidades de que se produzcan víctimas mortales. Por ello, las autoridades realizan campañas especiales de vigilancia y control de los camiones de más de 3,5 t para supervisar especialmente las condiciones técnicas y elementos de seguridad del vehículo, el peso y acondicionamiento de la carga, el estado de los neumáticos, el adecuado funcionamiento del alumbrado, etc. ⁽⁷⁴⁾.

Pese a todo, durante 2010 se produjeron en España (en vías urbanas y carreteras) 3.313 accidentes de tráfico (2.940 en carretera) en los que estaba implicado al menos un vehículo de más de 3,5 t. Fallecieron 70 personas ocupantes de camión y 263 que viajaban en otros vehículos ⁽⁷⁵⁾.

A finales de 2006, un estudio de la Fundación CIDAUT que analizaba en profundidad los 62 accidentes ocurridos en la provincia de Valladolid entre 2003 a 2006 con un vehículo

⁽⁷³⁾ [Fatality Analysis Reporting System](#), y [Traffic Safety Facts](#), National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA).

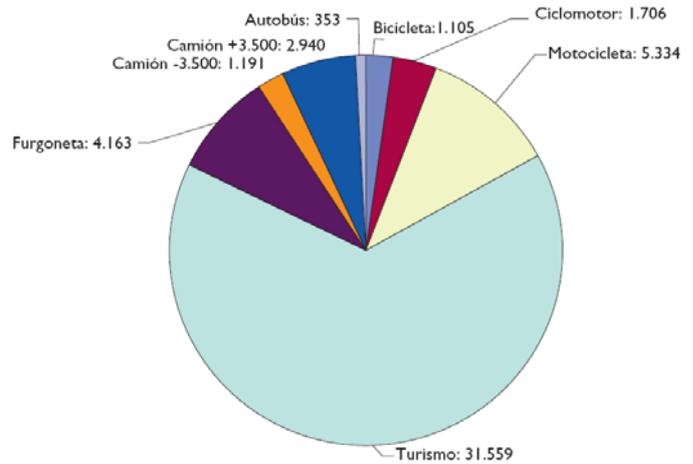
⁽⁷⁴⁾ [Análisis de la accidentalidad de camiones de peso máximo autorizado superior a 3,5 toneladas](#), A. Molinero, Fundación CIDAUT, 2008

⁽⁷⁵⁾ [Las principales cifras de la siniestralidad vial](#), Dirección General de Tráfico, Ministerio del Interior (muertes a 30 días).

pesado implicado, reveló que el factor humano estaba detrás de la gran mayoría de accidentes donde hubo implicado un vehículo pesado, aunque también pueda coexistir más de un factor ⁽⁷⁶⁾.

Las distracciones al volante fueron la causa, o una de las causas, del 44% de los accidentes estudiados (de las cuales, el 45% provinieron del conductor del camión). Por otro lado, en el 68% de los accidentes estudiados alguno de los vehículos implicados estaba cometiendo una infracción, siendo las más comunes el exceso de velocidad, el caso omiso a las señales de preferencia de paso, el no mantener la distancia de seguridad, el adelantamiento incorrecto o la invasión del carril ajeno.

Distribución de los accidentes en función del tipo de vehículo implicado (Carretera)

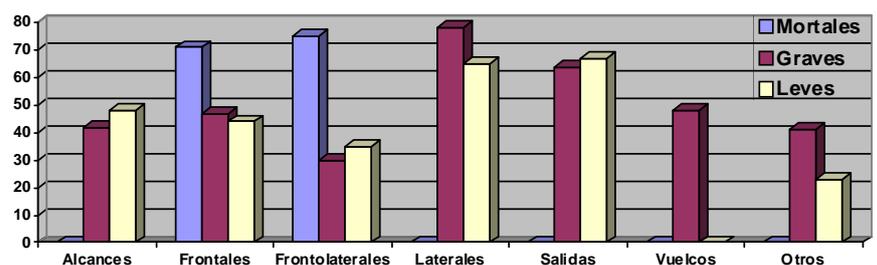


Probablemente la aportación más interesante del citado estudio es la depuración de los elementos causantes de cada tipología de accidente:

- Todos los **accidentes frontales** analizados se produjeron por invasión del carril ajeno, siendo un turismo el culpable del accidente en el 80% de los casos (el 60% de estos accidentes se produjo en curva, a menudo sin visibilidad).
- En los **accidentes frontolaterales** analizados el camión implicado deseaba girar a la izquierda para cambiar de dirección o estaba cruzando una intersección a nivel debidamente señalada, siendo pues el turismo implicado el que colisionaba frontalmente contra el lateral del camión (la experiencia en este tipo de accidentes muestra que cuando los accidentes se dan fuera de intersección el camión tiene la culpa en un 25% de las veces, mientras que cuando se dan en intersección la tiene en un 40% de las veces).
- Los **accidentes laterales** de la muestra se produjeron en adelantamientos de un turismo a un camión (en la mayoría de casos porque el conductor del turismo no estimó correctamente las distancias al volver a su carril original).
- En las **colisiones por alcance** se constató que con mayor frecuencia fue un turismo el que colisionó con la parte trasera del camión tras realizar un adelantamiento y no poder frenar a tiempo.
- En las **salidas de la calzada** en tramos rectos la distracción y la somnolencia o fatiga fueron las causantes (en cambio, en las salidas de la calzada con alineación curva, el causante a menudo fue el exceso de velocidad, de la misma forma que en los accidentes por vuelco de los camiones).

Una vez depurados los elementos causantes de cada tipología de accidente, se procedió a separar los Mediante las reconstrucciones realizadas por el equipo de investigación a través del

Velocidades medias de impacto (km/h) de los camiones accidentados



⁽⁷⁶⁾ [Investigaciones en profundidad de accidentes de camiones de gran tonelaje](#), Fundación CIDAUT, 2006

análisis de las huellas, los vestigios y las deformaciones de los vehículos implicados, se obtuvieron las velocidades medias a las que habían impactado los vehículos pesados. Como se puede ver en el gráfico adjunto, generalmente **la gravedad de las lesiones** crece con el aumento de la velocidad a la que impacta el camión pero también se observan excepciones:

- En los accidentes frontolaterales y en las salidas de vía que conformaban la muestra, la velocidad media de impacto de los accidentes leves era mayor que la de los accidentes graves (esto puede deberse a las diferencias en el nivel de seguridad pasiva de los turismos que sufrieron esta tipología de accidente).
- En los accidentes por alcance el vehículo pesado es el receptor del impacto, por lo que cuanto más lento circula el vehículo pesado, mayores son el diferencial de velocidades con el turismo y los daños.
- En el caso de los accidentes frontolaterales, la velocidad de impacto que aparece en el gráfico es la del turismo.

En cuanto a la accidentabilidad de los vehículos pesados, la velocidad excesiva estaba detrás de gran parte de los accidentes por pérdida de control del vehículo, ya fuera por alcance o por salida de la vía, deslizamiento, vuelco, o la combinación de ambos ⁽⁷⁷⁾.

Además, la velocidad mostró una relación directa con la gravedad de los accidentes (en un choque con varios vehículos implicados, la velocidad del vehículo pesado es generalmente la variable que determina si habrá muertes).

Por estos motivos, el artículo 48 de la Ley de Seguridad Vial establece que los camiones deben circular a menor velocidad que los turismos (aspecto que se controla mediante el tacógrafo, obligatorio en vehículos pesados): 90 km/h en autopista, 80 km/h en carreteras convencionales con arcén de 1,5 m o más, 70 km/h en el resto de vías fuera de poblado y 40 km/h en zonas urbanas y travesías.

La relación entre el número de accidentes y el flujo de tráfico no es regular (no es constante). Estudiar la relación entre la frecuencia de los accidentes y el flujo no es fácil. Los modelos de predicción a menudo utilizan las observaciones de lugares similares con diferente volumen promedio de tráfico diario con el fin de estimar la relación entre la frecuencia, la tasa de accidentes y el flujo de tráfico.

Sin embargo, siempre hay incertidumbre sobre los factores específicos del lugar y de los vehículos y los conductores implicados, que no se consideran, pero que pueden influir en el resultado. Las diferentes tipologías de vehículos que coexisten en el flujo también complican el análisis: los vehículos en la carretera no son muy homogéneos con respecto al peso, la velocidad, la experiencia y formación, el equipamiento tecnológico del vehículo, etc., lo que puede afectar a la seguridad vial de manera diferente ⁽⁷⁸⁾.

En general, la tasa de accidentes de un solo vehículo disminuye con el aumento del número de vehículos, mientras que la tasa de accidentes multivehículo es constante o creciente. Algunos análisis consideran que el incremento del número de camiones puede aumentar la atención de los conductores, lo que reduciría la velocidad media, que a su vez disminuye el número de accidentes ⁽⁷⁹⁾.

⁽⁷⁷⁾ Más datos en [Study of heavy truck accidents with focus on manoeuvres causing loss of control](#), Kharrazi, Sogol, Thomson, Robert, Chalmers University of Technology, 2008.

⁽⁷⁸⁾ [The Light Vehicle - Heavy Vehicle Interaction Problem](#), Federal Motor Carrier Safety Administration, 2003.

⁽⁷⁹⁾ [Estimating the relationship between accident frequency and homogenous and non-homogenous traffic flow](#), L Hiselius, Lund Institute of Technology, Suecia, 2003.

Aunque sólo en la tercera parte de los accidentes con vehículos pesados implicados se puede atribuir la culpa al vehículo pesado, a modo de estereotipo, se considera que los vehículos pesados son lesivos para la seguridad del tráfico ⁽⁸⁰⁾.

Sin embargo, para abordar más objetivamente la relación entre accidentalidad y porcentaje de vehículos pesados, se deben considerar otros aspectos. Por un lado, el fuerte crecimiento del transporte de mercancías por carretera en los últimos años ⁽⁸¹⁾.

Por otro lado, el uso de datos históricos de accidentes (a menudo, datos estadísticos de más de 10 años) para extrapolar conclusiones que orientan decisiones de futuro se debería ponderar con:

- La evolución en el diseño y la mecánica de los vehículos, junto con la probable reducción en el tamaño de los coches como respuesta a las preocupaciones del uso eficiente de la energía y de las emisiones (que implicará que los choques entre éstos y los camiones serán más graves de lo que han sido históricamente).
- El incremento de las exigencias en la formación de los conductores profesionales (existe consenso en que se alcanza mayor seguridad activa con la mayor experiencia, prudencia y formación del conductor, que junto con la aplicación de las nuevas tecnologías en los vehículos de transporte de mercancías pueden evitar un gran número de accidentes).
- La evolución de las actitudes de los usuarios de la vía y de la preocupación social por las externalidades del transporte por carretera.

Con objeto de arrojar luz sobre la accidentabilidad de los vehículos pesados, a menudo presa por tópicos y medias verdades, cuatro investigadores españoles crearon y validaron una metodología que permite analizar la influencia que tiene el porcentaje de vehículos pesados en circulación sobre la accidentabilidad, para cada tipología de carretera: autopistas, autovías, vías rápidas sin mediana y carreteras convencionales.

Los autores afirman que ⁽⁸²⁾:

- la variación de la IMD total de la vía tiene más influencia sobre la accidentabilidad en autopistas y autovías que en carreteras convencionales y vías rápidas sin mediana;
- la variación de la IMDp (cantidad de vehículos pesados al día), en cambio, tiene más influencia sobre la accidentabilidad en carreteras convencionales y en vías rápidas sin mediana que en autopistas y autovías;
- un aumento del tráfico de vehículos pesados produce un aumento de la siniestralidad en autopistas, autovías y vías rápidas sin mediana, y una reducción de la siniestralidad en las carreteras convencionales (atribuible, según los autores, a la reducción de los accidentes por salidas de la vía, tanto de pesados como de ligeros, pues esta tipología de accidente se asocia con las velocidades excesivas

⁽⁸⁰⁾ [Does Separating Trucks from Other Traffic Improve Overall Safety?](#), Dominique Lord, Dan Middleton, Jeffrey Whitacre, Center for Transportation Safety, 2005.

⁽⁸¹⁾ [Evolución de los indicadores económicos y sociales del transporte por carretera](#), Dirección General de Transporte terrestre, Ministerio de Fomento, 2009.

⁽⁸²⁾ [The influence of heavy goods vehicle traffic on accidents on different types of spanish interurban roads](#), B. Arenas, F. Aparicio, C. González y A. Gómez, 2008.

3. Condicionantes de la carretera

Conceptos básicos de la carretera

Una carretera es una obra lineal con tres dimensiones: la planta y el perfil longitudinal del eje definen una línea alabeada sobre la que se apoya la sección transversal.

La **planta** y el **perfil longitudinal** se definen en función de la velocidad a la que se desea que circulen los vehículos en condiciones de comodidad, seguridad y coste aceptables. Fijadas las características geométricas de la vía (radio mínimo, pendiente máxima, vehículo de diseño, sección transversal, etc.), uno de los factores que más influye en el diseño es la topografía: la ruta que mejor satisfaga las especificaciones técnicas dependerá de la orografía, de la naturaleza de los suelos, etc. Nos interesa esta influencia en relación con los vehículos pesados.

Se distingue tres tipos de terrenos: plano, ondulado y montañoso. El terreno plano permite obtener trazados, horizontal y vertical, de modo que los vehículos pesados circulen a una velocidad aproximadamente igual a la de los vehículos ligeros. Las distancias de visibilidad que dependen tanto de las restricciones horizontales como las verticales, son generalmente largas o puede obtenerse, sin dificultades constructivas o sin excesivos costos.

El factor determinante en terrenos ondulados, y más en los montañosos, es el de la pendiente longitudinal. En terreno ondulado (oscilaciones suaves y amplias con pendientes altas ocasionalmente) los trazados horizontal y vertical ocasionan que los vehículos pesados reduzcan sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos ligeros. En terreno montañoso (abruptos cambios de altura del terreno con respecto a la carretera) el diseño geométrico obliga a que los vehículos pesados circulen a una velocidad sostenida en rampa durante distancias considerables o a intervalos frecuentes. El trazado horizontal presenta restricciones para la visibilidad y el nivel de servicio puede ser muy bajo si el porcentaje de vehículos pesados es alto.

La **sección transversal** está constituida por la calzada, los arcenes, las bermas, las cunetas y los taludes. La zona de la carretera destinada al uso de vehículos se llama **plataforma** y está integrada por la calzada y los arcenes. La **calzada** se compone de un cierto número de carriles de anchura suficiente para permitir la circulación de una sola fila de vehículos. Se suelen materializar mediante marcas viales en el pavimento y permite la distinción entre carreteras de dos carriles y carreteras con calzadas separadas para cada sentido de circulación.

¿Que factores condicionan las dimensiones de la sección transversal?

El **carril** es el elemento básico empleado en los estudios de tráfico para determinar la capacidad de una carretera. El número de carriles se fija en función de la intensidad y composición del tráfico previsible en la hora de proyecto del año horizonte (generalmente, se proyecta a 20 años vista, después de la entrada en servicio de la vía, y la intensidad de la hora de proyecto se fija de modo que sólo sea superada entre 30 y 150 horas al año), del nivel de servicio deseado y, en su caso, de los estudios económicos pertinentes.

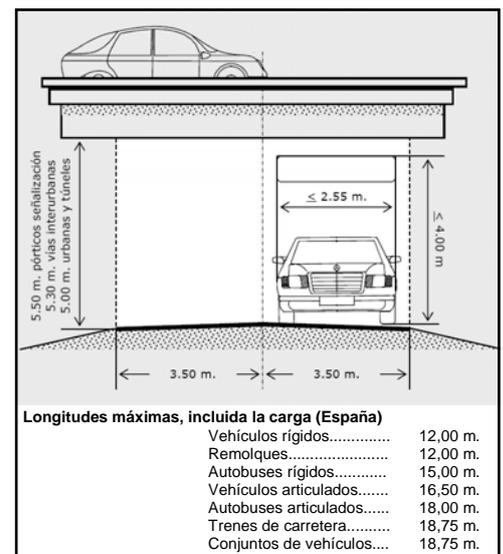
La anchura de cada carril es otro factor a tener en cuenta: influye en la sensación de seguridad del conductor, lo que condiciona la velocidad de circulación (cuanto más alta

sea la velocidad de proyecto de una vía, mayor deberá de ser la anchura de sus carriles, ya que el vehículo es más propenso a realizar oscilaciones laterales).

La seguridad vial depende de muchos factores objetivos, pero depende también de una serie de factores subjetivos que van desde el estado anímico del conductor (por ej.: somnoliento, ebrio, drogado, etc.), hasta consideraciones inmediatas relativas a la percepción del peligro con independencia del estado anímico. En este sentido, la sensación de velocidad, consecuentemente de riesgo, aumenta en una relación inversa a la percepción de una visual ancha; dicho de otro modo, no son previsibles velocidades elevadas con carriles estrechos, dado que aumenta la sensación de incertidumbre, mientras los anchos disminuyen la percepción de riesgo respecto a lo que puedan hacer los demás.

La **anchura máxima admisible** para cualquier tipo de vehículo es de 2,55 m y la máxima **altura es de 4 m** (para ambos, incluida la carga). Estas dimensiones máximas condicionan el ancho mínimo de los carriles, la altura libre existente en las estructuras bajo las que pasa la vía y otras características geométricas.

Aunque algunas autopistas tienen carriles de 3,75 m de ancho, la Instrucción española de carreteras de 2000 define un ancho de 3,50 m por carril para todas las velocidades (sólo excepcionalmente admite carriles estrechos de 3 m, en carreteras de montaña) y fija un gálibo mínimo de 5,50 m bajo pórticos y banderolas de señalización, 5,30 m. en carreteras interurbanas y de 5,00 m. en vías urbanas y túneles ⁽⁸³⁾.



La tercera dimensión de un vehículo, su **longitud**. Una mayor longitud comporta generalmente un mayor radio de giro y condiciona otros dos factores de proyecto de la vía: la **distancia de adelantamiento** (a mayor longitud, más espacio empleará en efectuar adelantamientos, u otro vehículo en adelantarlo) y el **sobrancho** (anchura adicional con que se dota a una curva para facilitar el giro de los vehículos, proporcional al cuadrado de la longitud de los vehículos e inversamente proporcional al radio de la curva).

CLASE DE CARRETERA	Velocidad de Proyecto (km/h)	Carriles (m)	Arcén (m)		Bermas (m)		Nivel de servicio en la hora de proyecto del año horizonte
			exterior	interior	mínimo	máximo	
De calzadas separadas	120	3,5 ⁽¹⁾	2,5	1,0 - 1,5 ⁽²⁾	0,75	1,5	C
	100	3,5	2,5	1,0 - 1,5 ⁽²⁾	0,75	1,5	D
	80	3,5	2,5	1,0	0,75	1,5	D
De calzada única	Vías rápidas	100	3,5	2,5	0,75	1,5	C
		80	3,5	2,5	0,75	1,5	D
	Carreteras convencionales	100	3,5	1,5 - 2,5	0,75	1,5	D
		80	3,5	1,5	0,75	1,5	D
		60	3,5	1,0 - 1,5	0,75	1,5	E
		40	3,5	0,5	-	-	E
		40	3,5	0,5	-	-	E
		40	3,0	0,5	-	-	E

⁽¹⁾ 3,75 m según Norma complementaria de la 3.1 IC de trazado de autopistas de 1976, vigente hasta 2000.
⁽²⁾ El valor 1,5 se exigirá para medianas en las que, de forma continuada, la barrera esta adosada al arcén.

Dimensiones sección transversal según Norma española 3.1-IC-Trazado (2000)

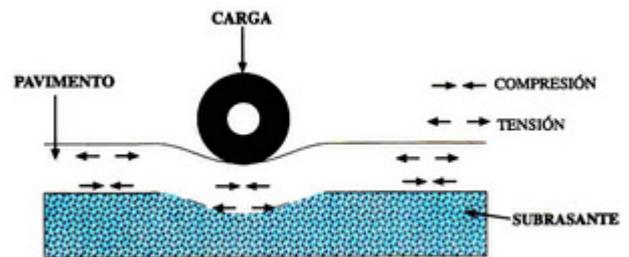
¿Cómo incide el peso de los vehículos en el firme?

El diseño del firme está condicionado por el porcentaje de vehículos con más carga por eje y por la cuantía máxima de dicha carga durante el periodo de proyecto adoptado. La **repetición de la carga/descarga** en una sección del firme **produce efectos**

⁸³⁾ Gráfico y datos tomados de [Manual de Carreteras](#), cap. 3, Luis Bañón Blázquez y José Beviá García, Universidad de Alicante, 2000.

acumulativos cuya consecuencia se conoce como **fatiga** del firme, decisiva para determinar la vida útil de la vía. Además, se tienen consideración las máximas presiones de contacto, las velocidades de circulación de los vehículos pesados, los esfuerzos tangenciales en curvas y zonas de frenado o aceleración, etc.

El **pavimento** (parte superior del firme, que debe resistir los esfuerzos producidos por la circulación, proporcionando a ésta una superficie de rodadura cómoda y segura) tiene como principal función la de soportar las cargas de los vehículos, transmitidas a éste por sus respectivos neumáticos. La magnitud y distribución del peso del vehículo así como de la carga que transporta determina, junto con las características mecánicas de los neumáticos, la forma de transmisión de la totalidad de las cargas. Para una misma carga, distintas presiones de inflado suponen un reparto diferente de las tensiones a lo largo de la superficie de contacto. Una mayor carga por eje acarreará un aumento del espesor de pavimento afectado por la misma, mientras que una mayor presión de inflado conllevará un aumento de las tensiones transmitidas al firme.



Las **leyes de fatiga** son expresiones matemáticas con las que se determina el número N de aplicaciones de carga-tipo (Q_0) que puede soportar el firme antes de llegar a la rotura. Los experimentos realizados en la década de los 50, llamados AASHO Road Test, demostraron que la agresividad de una carga por eje respecto de una carga de referencia depende de la potencia n, que oscila entre 3,8 en pavimentos asfálticos y 4,4 en pavimentos rígidos, y se conoce como "Ley de la Cuarta Potencia" ⁽⁸⁴⁾. El número N_i equivalente de aplicaciones de otra carga Q_i para producir el mismo efecto destructivo que la carga-tipo Q_0 viene determinado por la expresión $N = N_i (Q_i / Q_0)^n$.

Como el peso de un automóvil puede rondar la tonelada por eje, la afección del eje de 10 t del camión sería aproximadamente $10^{3,8} = 6.000$ veces mayor que la del automóvil. Por esta razón en el diseño de firmes se utiliza como dato de entrada la intensidad media diaria de los vehículos pesados que se prevé en el año de puesta en servicio (estimada a partir de los aforos existentes y de los datos disponibles para prever su evolución, especialmente del tráfico inducido y el generado después de la puesta en servicio).

El peso máximo por eje varía de un país a otro. En España, un eje simple puede soportar legalmente (con diferentes matices poco relevantes para el tema que nos ocupa) hasta 11,5 t, un eje tándem 20 t y un eje tridem 24 t. Así, para que un vehículo pueda transportar 44 t (Directiva 1996/53/CE, para trayectos internacionales), será necesaria una configuración de una cabeza tractora (dotada de un eje delantero de rueda simple que soporte hasta 6 t y un eje trasero tipo tándem con ruedas gemelas que soporte hasta 18 t) y un semi-remolque provisto de un eje tridem con ruedas gemelas que soporte hasta 20 t ⁽⁸⁵⁾.

⁽⁸⁴⁾ AASHTO, [American Association of State Highway and Transportation](http://www.aashto.org), es una entidad de normalización, que publica especificaciones, protocolos de pruebas y directrices que se utilizan en el diseño y construcción de carreteras en Estados Unidos y otros muchos países. En el AASHO Road Test se adoptó como carga de referencia por eje simple con sistema de rueda doble una de 80kN y se supuso que ella producía en el pavimento un daño unitario. El método más utilizado para estimar el tráfico con fines de diseño de pavimentos consiste en convertir las repeticiones esperadas del tráfico real en un número de aplicaciones del eje de referencia normalizado (80kN) que produciría el mismo deterioro en el pavimento.

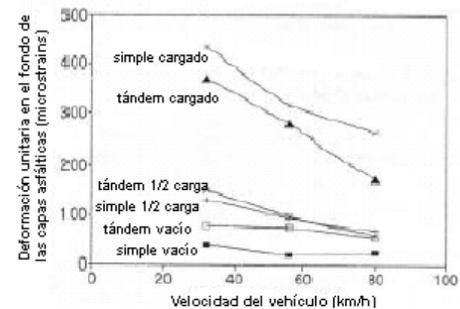
⁽⁸⁵⁾ [Peso máximo por eje en España](#), estipulado en el Boletín Oficial del Estado, 1997.

¿Cómo incide la aplicación de las cargas en el pavimento?

El daño o efecto acumulado de la circulación de vehículos sobre un firme depende del número de aplicaciones de carga que reciba, del peso de los ejes y su separación, de las condiciones meteorológicas (lluvia, expansión térmica, etc.) y del terreno. También depende de la velocidad de circulación (del tiempo de permanencia de la carga sobre el mismo lugar. Estudios más recientes indican que el valor del deterioro potencial del pavimento ocasionado por un tráfico mixto, también depende de la metodología de análisis empleada ⁽⁸⁶⁾.

Los pavimentos se proyectan para que resistan determinado número de cargas durante su vida útil. Como las distintas cargas actuantes producen diferentes tensiones y deformaciones sobre un pavimento, la intensidad de vehículos pesados se transforma a un **número equivalente de ejes de carga-tipo** que producirá el mismo daño que toda la composición del tráfico. En España, desde los años setenta, se viene aplicando una metodología de cálculo que contempla ejes equivalentes de 13 t (en EE.UU. se usa un eje equivalente de 8,2 t).

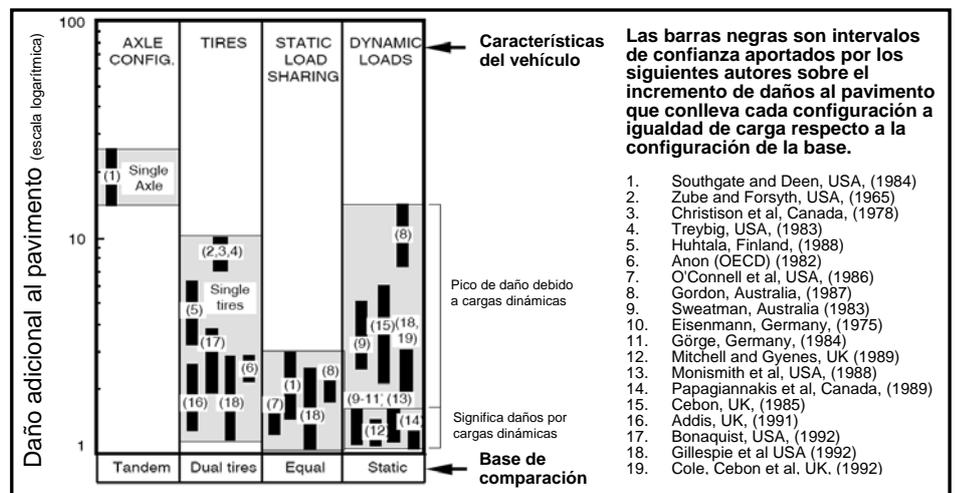
EFFECTO DE LA VELOCIDAD SOBRE LAS DEFORMACIONES EN UN PAVIMENTO ASFÁLTICO PARA DIVERSAS MAGNITUDES DE CARGAS POR EJE



Los tipos de ejes reconocidos en España son el simple (eje único), eje tándem (dos ejes sucesivos separados menos de 2 m.) y eje tridem (grupo de tres ejes sucesivos y equidistantes, separados entre sí menos de 2 m). A su vez, cada eje puede llevar en sus extremos solamente una rueda (rueda simple) o dos ruedas (eje de ruedas gemelas).

En cuanto a la **separación entre ejes**, se ha comprobado que el daño o efecto total sobre el firme que provocan los diferentes ejes de un vehículo compuesto por varios ejes dependerá de la distancia entre ellos. Si la separación entre ejes sucesivos es mayor que 2 m, se considera que afectan al firme de manera independiente (el daño total provocado al firme es suma de los daños parciales de cada eje que compone el vehículo). Cuando la separación es menor que 2 m, el daño es menor que el que producirían dos ejes independientes.

Ciertas características de los vehículos ocasionan **daños adicionales** al pavimento. Diferentes estudios han comparado el incremento de daños de eje simple respecto a eje doble, de la rueda simple respecto a ruedas gemelas, del reparto de las cargas y de las cargas dinámicas respecto a las estáticas.



⁽⁸⁶⁾ [Estudio de la distribución espacial del daño a pavimentos causado por vehículos pesados](#), Instituto Mexicano del Transporte, 2002.

Estas son algunas conclusiones que se pueden extraer ⁽⁸⁷⁾:

- Un eje simple puede llegar a dañar entre 14 y 25 veces más el firme que un eje tándem, a igualdad de peso soportado.
- Un semieje de rueda simple puede dañar el firme hasta 10 veces más que uno de rueda doble, aunque las investigaciones más recientes lo rebajan hasta 3,5 veces.
- Una mala distribución de cargas puede multiplicar los daños al firme por 3.
- El daño medio adicional que ocasionan las cargas dinámicas se cifra en el 70%, pudiendo llegar según otros autores a más del 500% para tráficos muy intensos.

A su vez, un estado deficiente del pavimento puede suponer **incrementos de los costes de mantenimiento de los vehículos** del 129% (así como una disminución de la vida de los neumáticos del 10%) en el caso de los vehículos pesados; mientras que para los vehículos ligeros puede suponer incrementos de los costes de mantenimiento del 185 % (y del 66% en los neumáticos).

Velocidad y capacidad

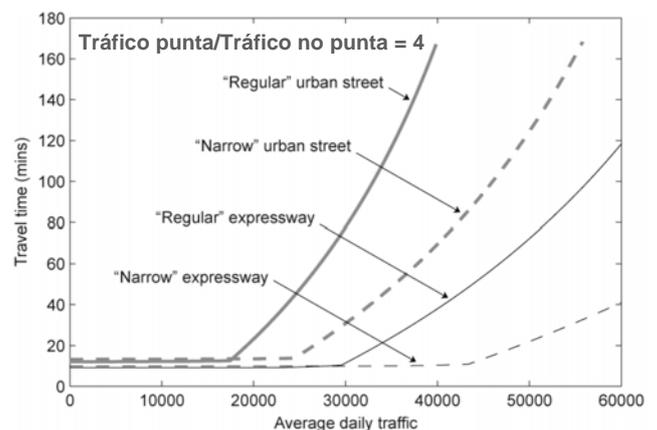
Mientras nuestro entorno evoluciona en todos los sentidos, se siguen aplicando los estándares de diseño que EE.UU. desarrolló en la década de 1950 para las vías interurbanas. Se basan en dos supuestos. Primero, que las autopistas deben ser diseñadas para **viajar con seguridad a altas velocidades**. Segundo, que deben **ser capaces de llevar tráfico mixto, incluyendo camiones de gran tamaño**.

Ambos supuestos han sido revisados desde diferentes enfoques. Se han analizado diferentes diseños como fuente de incrementos de capacidad más asequibles y con menores impactos que la ampliación proporcional de las vías (comparando capacidad de la vía con carriles estrechos y menor velocidad frente a carriles y arcenes tradicionales y alta velocidad).

Si las vías metropolitanas están congestionadas durante parte del día, sólo una pequeña fracción de su tráfico diario podrá circular a alta velocidad. Como la **velocidad de diseño condiciona el ancho de carriles y arcenes**, velocidades de diseño más bajas permiten carriles más estrechos (por ejemplo, una calzada de 12 m de ancho permite 2 carriles de 3,75 m y 4,5 m para arcenes, o bien 3 carriles de 3 m y 3 m para arcenes).

Una configuración "estrecha" tiene una menor velocidad de diseño, pero más capacidad durante las horas punta. Se ha comprobado que es muy beneficioso reducir el ancho de los carriles de una vía metropolitana cuando su capacidad es insuficiente, incluso si sólo es superada ligeramente durante las horas punta, mientras que mantener mayores velocidades fuera de horas punta mediante carriles y arcenes anchos proporciona beneficios muy modestos.

La ventaja de los **carriles más estrechos** se acentúa cuando la relación entre el tráfico en horas punta y tráfico el resto de horas es muy grande. Mientras esta ventaja depende de las demoras por congestión, los beneficios de carriles



⁽⁸⁷⁾ Interaction Between Heavy Vehicles and Roads, [L. Ray Buckendale](#), Society of Automotive Engineers, U.S., 1993.

anchos dependen de la diferencia en las velocidades de flujo libre, que aumentan muy lentamente a medida que disminuye el tráfico ⁽⁸⁸⁾.

La **reducción de la velocidad de diseño** permite aumentar la capacidad de las vías existentes sin la necesidad de ampliar la ocupación de terrenos. Cuantificar, en cada caso, las situaciones en que fuera de horas punta el volumen de tráfico justifica ampliar la capacidad manteniendo altas velocidades (aunque la velocidad en hora punta esté limitada por la congestión), ponderando su incidencia en la accidentalidad y otros impactos, permite contemplar diferentes opciones para mejorar la capacidad de las vías afectadas por congestión.

El efecto ambiental de sustitución de la capacidad

Al eliminar vehículos pesados (VP), por trasladarlos a carriles específicos o a nuevas vías, se libera capacidad proporcional a la equivalencia entre VP y vehículos ligeros. Como orden de magnitud, eliminar n VP de una carretera permitiría aumentar la capacidad equivalente de vehículos ligeros entre 2 y 6 veces el valor de n (según se trate de terreno llano u ondulado). Es decir, eliminar n autobuses o n camiones en terreno llano deja sitio para $2n$ coches, n camiones pueden dejar sitio a $6n$ coches en terreno ondulado... ¿Qué representa esta sustitución en términos de emisiones de CO₂?

Podemos aceptar que el valor medio de las emisiones en los turismos actuales es de 167gCO₂-eq/Km ⁽⁸⁹⁾. Por otro lado, considerando un factor de carga medio de 7,2 a 7,3 toneladas/vehículo (Encuesta Permanente del Transporte de Mercancías por Carretera, 2008) y que en 2007 en España se emitieron 138 g CO₂-eq/tonelada-Km ⁽⁹⁰⁾, se obtiene una emisión media por vehículo pesado de 1.000 g CO₂-eq/Km.

Es decir, como orden de magnitud medio, cada VP emite el CO₂ equivalente a 6 vehículos ligeros ($1.000 / 167 = 6$). Según esto, las políticas dirigidas a reducir camiones en las carreteras no están principalmente basadas en justificaciones ambientales. Por el contrario, los análisis de los efectos de la tarificación por usos de infraestructuras muestran que ésta se debería aplicar tanto a los vehículos pesados por carretera como a los ligeros y a todos los modos de transporte, considerando la tarifa implícita que actualmente aporten los distintos modos de transporte a través de fiscalidad específica, tasas por uso de infraestructuras y subvenciones ⁽⁹¹⁾.

Balance entre capacidad, seguridad, coste e impacto ambiental

En este contexto, surgen dos preguntas: ¿las vías metropolitanas se deben rediseñar para menores velocidades?, y ¿deberían ser rediseñadas para separar vehículos ligeros y pesados?

⁽⁸⁸⁾ Datos y gráfico procedentes de [Tradeoffs among Free-flow Speed, Capacity, Cost, and Environmental Footprint in Highway Design](#), Chen Feng Ng & Kenneth A. Small, Journal of Economic Literature, 2008.

⁽⁸⁹⁾ Resultado obtenido, a partir las emisiones que producen cada uno de los modelos que hay en el mercado británico, por [The Green Guide to Car CO₂ Emissions](#), una herramienta de investigación sobre la vida del motor cuyo objetivo es proporcionar información libre e imparcial sobre el automovilismo en el Reino Unido.

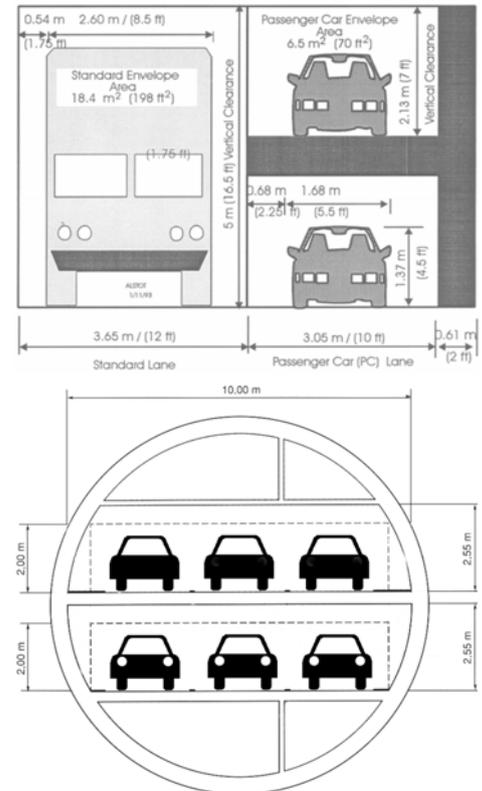
⁽⁹⁰⁾ [La reducción de los costes externos en el transporte terrestre de mercancías](#), TRANSYT (Centro multidisciplinar de investigación que integra a profesores e investigadores de varios departamentos de la UPM, especialistas en Planificación y Economía del Transporte), 2010. Para calcular este dato parten de la premisa que el combustible mayoritariamente empleado es el gasóleo y multiplican la cantidad de combustible usada por vehículos por la intensidad del gasóleo (69,23 toneladas de CO₂ equivalente por cada terajulio de combustible empleado).

⁽⁹¹⁾ [Balance económico: fiscal, social y medioambiental del sector transporte de mercancías en España](#), Pedro José Pérez-Martínez, José Manuel Vassallo y Pablo Vilafañe, elaborado por Transyt para la Cátedra Amelio Ochoa, 2008.

Una de las opciones ensayadas en algunos entornos en los que las autopistas existentes están congestionadas la mayor parte del día, es una carretera o carriles reservados para camiones. Además de permitir carriles más estrechos, las **vías diseñadas sólo para vehículos ligeros** necesitan menores requisitos en cuanto al gálibo. Estas características abren importantes posibilidades para aumentar la capacidad a un coste menor que con los enfoques convencionales ⁽⁹²⁾.

Otra solución es el aumento de cargas permitidas ('megatrucks'). La razón fundamental para apoyar estas soluciones es el aumento de la productividad, ya que se transporta más mercancía por unidad de combustible y coste del conductor. Permite el uso de plataformas con dos contenedores, duplicando la capacidad de carga de cada viaje.

El análisis de resultados ha llegado a la conclusión de que los mayores aumentos se producen al recorrer unas distancias relativamente largas (vías interurbanas). Los cargadores obtienen unos fletes menores para sus vehículos y los transportistas ahorran tiempo. Para los operadores de la carretera, el hecho de situar los camiones pesados en carriles especializados supone un considerable ahorro en costes de operación y mantenimiento. Pero, la instalación de carriles exclusivos para camiones debe ser analizada en un itinerario concreto en base a los productos que con mayor probabilidad se transportarán (por ejemplo, entre polos logísticos, cercanos o no).



Un punto clave en la separación de carriles para vehículos ligeros y vehículos pesados es **la seguridad** (se producen más accidentes en las carreteras con tráfico mixto que en las carreteras con acceso limitado a los automóviles). Como alrededor de la tercera parte de los choques son, aparentemente, culpa de los camiones, la separación de estos dos tipos de tráfico parece tener un enorme potencial para reducir el número de muertes y de heridos causados por los choques entre coches y camiones.

El ancho de carriles y arcenes también se ha asociado tradicionalmente con menor probabilidad de accidentes de tráfico (más espacio ante eventuales distracciones en la conducción, para maniobrar en caso de obstáculos imprevistos, para poder hacer paradas de emergencia, etc.). Sin embargo, considerando sólo vías metropolitanas de cuatro carriles o más, los estudios de los efectos de la seguridad de las vías más anchas no conducen a ninguna conclusión consistente, en parte porque hay muchas características de la vía estrechamente relacionadas con las de diseño pero no cuantificadas que pueden influir en un intento de aislar los efectos de las características de diseño.

Las evidencias teóricas y empíricas que unen diseño de la carretera a la seguridad son ambiguas, aunque apuntan a que un mayor ancho de los carriles y arcenes puede aumentar la seguridad. Pero esto dependerá de factores que varían de caso a caso, sobre todo las velocidades y actitudes de los conductores. Esto sugiere una estrategia de acompañamiento, con límites de velocidad y/u otras medidas para desalentar el exceso

⁽⁹²⁾ [When should we provide separate auto and truck roadways?](#), Joint Transport Research Centre, Discussion Paper No. 2009-24, Robert W. POOLE, Jr. Robin LINDSEY, Reason Foundation, 2009.

de velocidad, en estas vías. Se considera que la combinación de medidas de gestión tiene un mayor impacto en la seguridad que el diseño de la vía por sí mismo. Por otra parte, la reducción de la velocidad tiene más probabilidades de ser aceptada cuando el diseño de la vía es modesto, porque los conductores perciben una justificación de manera más intuitiva.

Otro factor relacionado con los accidentes entre coches y camiones es la clara correlación entre el peso/tamaño del vehículo y la gravedad de los choques, tal y como demuestran las estadísticas de muertos y heridos. Dada la más que probable reducción en el tamaño de los coches como respuesta a las preocupaciones del uso eficiente de la energía y de la emisión de gases de efecto invernadero, los choques entre éstos y los camiones pesados serán mucho más graves de lo que han sido históricamente.

Por otra parte, la viabilidad de que los autobuses operen en carriles estrechos se ha demostrado en repetidas ocasiones desde la década de 1980, a través de la tecnología "autobús guiado por el bordillo", de la que se conocen numerosos sistemas en operación y varios en etapas de planificación ⁽⁹³⁾.

Esta problemática nos proporciona una razón para considerar los modelos de carreteras con instalaciones dedicadas exclusivamente a los vehículos ligeros. Sin embargo, como el transporte por carretera está en constante evolución, **la utilidad de los carriles exclusivos** puede fortalecerse o debilitarse. Por otra parte, las continuas mejoras en la seguridad del vehículo pueden reducir el número de accidentes y la fatalidad de los mismos y, a largo plazo, las carreteras automatizadas pueden aumentar significativamente la capacidad y reducir la congestión y los accidentes ⁽⁹⁴⁾.

La previsibilidad del tiempo de viaje es clave para el transporte

La generalización de los requisitos de calidad, la producción ajustada, la cooperación inter-empresarial... han promovido que las organizaciones más competitivas adopten diversas estrategias preventivas destinadas a garantizar la calidad y la fiabilidad de sus proveedores, entre ellos los de transporte.

Con esto se busca que los suministros tengan los atributos especificados y que lleguen en el momento acordado, siendo inaceptable cualquier tipo de retraso. En consecuencia, criterios como el precio no son suficientemente informativos cuando la organización analiza con qué proveedor quiere establecer relaciones cooperativas y duraderas y resultarán mejor posicionados los proveedores que ofrecen mayor seguridad sobre la calidad y la fiabilidad futura de sus servicios, en particular los de transporte.

Análogamente, las investigaciones muestran que la reticencia de los viajeros a cambiar el transporte privado por el público se debe principalmente a que no se percibe que el público permita garantizar la misma fiabilidad que el privado, pese a que las decisiones políticas siguen asumiendo que, al conocer los factores negativos del modo actual, los individuos se replantearán su elección modal y el atractivo de otros modos.

Aunque la fiabilidad es unánimemente considerada como un atributo central de la calidad de los sistemas de transporte, no hay una definición consensuada y esto tiene importantes implicaciones. En este documento la **fiabilidad** se asocia con la

⁽⁹³⁾ [Sistemas de transporte en plataformas reservadas](#), Comisión de Transportes, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2008.

⁽⁹⁴⁾ [Dedicated Lanes, Tolls and ITS technology](#), Joint Transport Research Centre, Discussion Paper No. 2009-25, Robin Lindsey, University of Alberta, 2009.

previsibilidad del tiempo de viaje y se define como la capacidad del sistema de transporte para proporcionar el nivel esperado de calidad de servicio, en base al cual los usuarios han localizado y organizado sus actividades.

La demanda de fiabilidad responde a los diferentes usos del transporte (transporte de mercancías más o menos perecederas, importancia del *'just in time'* en los sistemas de producción, impacto de la interrupción de los negocios y actividades individuales en caso de fallo del transporte...). Es difícil de evaluar porque se basa en las expectativas de calidad del transporte, que están vinculadas a actividades y usuarios específicos y a su experiencia en el uso del transporte.

Los individuos y las empresas afrontan el deterioro de la fiabilidad de varias maneras: los viajeros asignan mayor margen de seguridad al tiempo del viaje (salir antes) para garantizar la llegada a tiempo, los transportistas y operadores logísticos adaptan la forma en que operan (aumentan los *'stocks'* de mercancías, desplazan las entregas a la tarde o noche, utilizan depósitos regionales...).

Minimizar el impacto de los retrasos en el coste y en la calidad de las operaciones logísticas se ha convertido en una habilidad básica para el transporte y la logística y la razón para incrementar y mejorar los sistemas de gestión de tráfico, las TIC en los vehículos, el software de gestión de flotas, rutas y cargas, etc.

Pero cada una de estas opciones tiene un coste asociado (consumo de tiempo potencialmente más productivo, costes de almacenamiento y de financiación de existencias, pérdida de oportunidades, reducción de actividades...). Los costes de una interrupción o retraso del transporte dependen de la capacidad de los usuarios para volver a organizar sus actividades y pueden superar los de la congestión.

La **distinción entre la fiabilidad y la congestión** es importante debido a las diferentes implicaciones políticas. La congestión aumenta la probabilidad de falta de fiabilidad porque, al aumentar el volumen de tráfico, los retrasos debidos a perturbaciones leves tienden a aumentar más que proporcionalmente. Las acciones correctivas dirigidas a la congestión puede mejorar la fiabilidad y, asimismo, las acciones que mejoran la fiabilidad puede reducir la congestión (por ejemplo, reducir la congestión en las conexiones terrestres del puerto con su área de influencia también puede mejorar la fiabilidad de la cadena logística completa).

Aunque hay una compleja interacción entre los retrasos relacionados con la congestión y otras fuentes de falta de fiabilidad, sólo una cuarta parte de los responsables logísticos considera la congestión del tráfico como la principal fuente de falta de fiabilidad y se ha cuantificado en un 23% su participación en el tiempo de retraso total en el transporte de mercancías por carretera ⁽⁹⁵⁾.

⁽⁹⁵⁾ [Reliability of Road Transport from the Perspective of Logistics Managers and Freight Operators](#), es un informe preparado en 2008 por Logistics Research Centre Heriot-Watt University Edinburgh para el centro de investigación conjunta de la OCDE y el International Transport Forum. Actualiza y amplía la investigación original realizada en el Reino Unido en 1998 sobre los efectos de la congestión del tráfico en la eficiencia y el rendimiento de la logística. Aprovechando los datos empíricos sobre las desviaciones de horario en los diferentes tipos de cadena de suministro, calcula la importancia relativa de la congestión del tráfico como fuente de falta de fiabilidad y sugiere, por ejemplo, que aproximadamente una cuarta parte de los desplazamientos de mercancías por carretera están sujetos a retraso y que aproximadamente una tercera parte de estos retrasos se deben a la congestión del tráfico. Otros factores, tales como averías, problemas de personal o de planificación de la producción pueden ocurrir con mayor frecuencia y causan más retrasos. Cuando se tiene en cuenta la duración media de los distintos tipos de retraso, se encuentra que **la congestión es responsable de aproximadamente el 23% del tiempo de retraso total en el transporte de mercancías por carretera**. No se han encontrado datos comparables para otros países.



La falta de fiabilidad significa retrasos imprevistos y puede tener su origen en las infraestructuras de transporte o en las interconexiones entre las mismas.

Las infraestructuras están expuestas a múltiples contingencias que afectan a su fiabilidad: la congestión y los riesgos relacionados con la oferta (fallos técnicos, riesgos o acontecimientos sociales, fenómenos naturales, accidentes industriales, riesgos relacionados con el terrorismo, falta de previsión o fallos en el mantenimiento, mala gestión de la infraestructura...).

Estos riesgos pueden crear fallos en el servicio cuyo impacto final a los usuarios oscila entre unos pocos minutos de demora por restitución de la normalidad, hasta varios días, semanas o meses. Frente a ellos, hay cuatro tipos de actuaciones para optimizar la fiabilidad de los sistemas de transporte ⁽⁹⁶⁾.

- **El aumento de la capacidad de la infraestructura**, mediante capacidad física adicional o mejorando la gestión de la ya existente. Es sólo una de las opciones, requiere la adaptabilidad de la infraestructura y debe aplicarse antes de que los riesgos se materialicen. Aumentar la capacidad es costoso, necesita tiempo y suele ser políticamente difícil. El establecimiento de normas adecuadas y mejor la robustez de la infraestructura (por ejemplo, la durabilidad de los materiales) también influyen en la fiabilidad.
- Una **mejor gestión de la capacidad existente** puede facilitar la fiabilidad, así como la mala gestión la puede reducir. La fiabilidad de las infraestructuras mejora mediante la gestión eficaz de los incidentes y la adecuada planificación y la publicidad de las tareas de mantenimiento. No poder concretar cuándo se presentará una incidencia no exime de prever qué planes de contingencia se deberían activar ante la posibilidad de incidencias en el servicio.

Los planes de contingencia contemplan previsiones de actuación ante la posibilidad o riesgo de que suceda una situación no habitual o un problema específico de forma imprevista. En cambio, una situación de emergencia o de crisis se diferencia por su mayor grado de excepcionalidad, complejidad o intensidad emocional asociada.

- Los **mecanismos de tarificación** para lograr un mercado para la fiabilidad. Los avances en las TIC han facilitado la expansión de los sistemas de tarificación y las técnicas que se puede utilizar para manejar la demanda en las redes de transporte. La mayoría de estas técnicas están dirigidas a la recuperación de costes y de gestión de la congestión y en muy pocos casos se han aplicado para mejorar la fiabilidad, mediante precios dinámicos de acceso a la red para asegurar un tiempo de viaje previsible.

Como otras externalidades del transporte, los costes por la falta de fiabilidad ofrecida a los usuarios no tienen un adecuado reflejo en los precios y, en presencia de otras externalidades (como el medio ambiente, la congestión, la seguridad vial), la fijación de cargas referidas a fiabilidad puede disminuir la oferta en determinados modos, lo que complicaría la consecución de otros objetivos.

- En lugar de mejorar la fiabilidad, algunas políticas inciden en las expectativas del nivel de fiabilidad mediante la **información de la previsibilidad**, de las perturbaciones que provocan retrasos. Pueden ser clasificadas como previsibles, por ser recurrentes (las horas pico de congestión entre semana), o no previsibles (los retrasos causados por los accidentes, las inclemencias del tiempo, manifestaciones, etc.).

Cuanto más previsible (el tiempo de viaje a lo largo de una carretera congestionada puede ser bastante previsible), más fácil será para los usuarios contrarrestar sus efectos (afrontar los retrasos mediante esperas, holguras de tiempo, etc.). Pero es más difícil y costoso incorporar retrasos aleatorios (impredecibles) del tiempo de viaje planificado o previsto.

⁽⁹⁶⁾ [Improving Reliability on Surface Transport Networks](#), Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico / International Transport Forum, 2009.

En los siguientes apartados se exponen posibles estrategias para mejorar el flujo de mercancías por carretera y reducir su impacto tanto sobre otros flujos de transporte como sobre las infraestructuras. Se abarcan distintos conceptos como el uso segregado o separado de ciertos carriles para la circulación preferente de mercancías o pasajeros, el proyecto europeo "green corridors", etc.

Carriles exclusivos para camiones

El **concepto de carril exclusivo (especializado) para camiones** parte de la idea de segregar los distintos flujos de una vía, para evitar interferencias entre éstos, y que así se comporten de una forma más homogénea. El concepto de carril de uso general en las autopistas modernas ha predominado en todos los países miembros de la OCDE, especialmente en aquellas vías con acceso limitado, como autopistas interurbanas y vías rápidas urbanas con o sin peaje. A continuación se expone la cuestión, bajo ciertas circunstancias, de la rentabilidad del uso de carriles diferenciados para transporte ligero y para transporte pesado ⁽⁹⁷⁾.

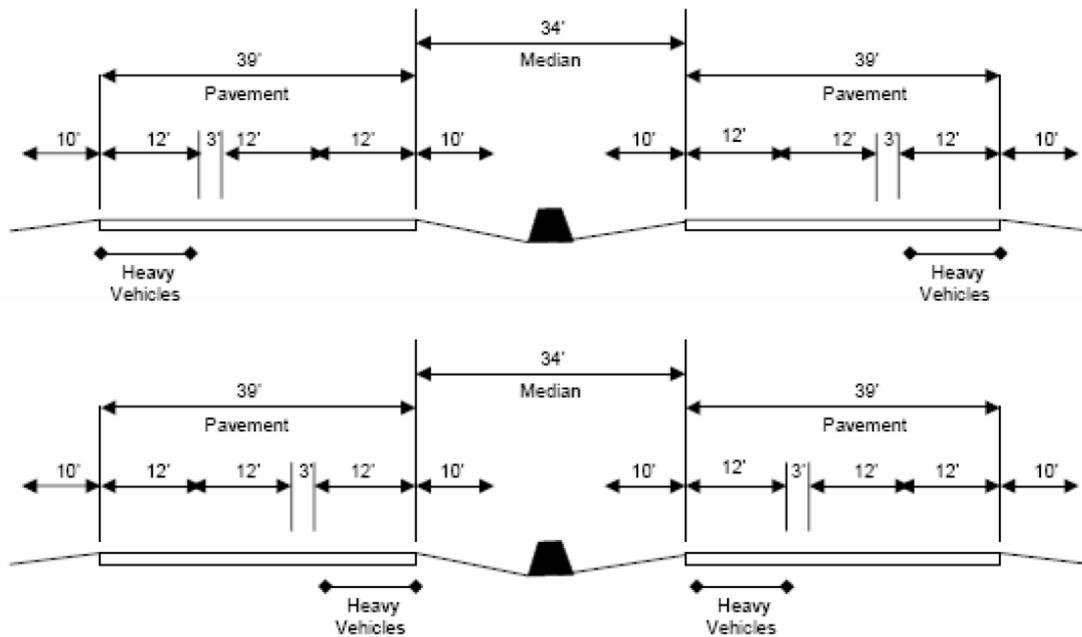


Hoel y Peek analizaron los pros y los contras de restringir el uso de camiones a carriles concretos. En EE.UU., muchos estados han prohibido la circulación de camiones por el carril izquierdo, mejorando así la circulación del resto de vehículos. Este método puede producir conflictos cuando los coches quieren cambiar de carril para dejar la autopista o cuando quieren incorporarse a la vía y, por lo tanto, encontrar un hueco entre los camiones en el carril de incorporación ⁽⁹⁸⁾.

Hay casos en los que se ha restringido a los camiones en el carril derecho. Esto causa que más camiones cambien de carril para dejar la vía y mayores diferencias de velocidad entre vehículos, lo que incrementa las posibilidades de accidentes. De hecho, prohibir la circulación de camiones en algunos carriles reduce su movilidad, aumentando el peligro para los vehículos más pequeños, y no está probada su efectividad para regular los flujos de vehículos pesados.

⁽⁹⁷⁾ International Transport Forum, [Discussion Paper](#) No. 2009-24 y 2009-25.

⁽⁹⁸⁾ [Dedicated truck lanes as a solution to capacity and safety issues on interstate highway corridors](#), N. Burke, 2004.



El incremento de los carriles exclusivos para camiones en las autopistas de EE.UU. y el aumento de las muertes relacionadas con camiones en la última década han motivado a los gobiernos y a las agencias a investigar la posibilidad de construir carriles exclusivos para camiones en las autopistas interestatales. El Reason Public Policy Institute concluyó que los carriles dedicados para camiones se deberían disponer en el interior de las autopistas ya existentes y se separarían de los carriles de tráfico de coches mediante barreras de hormigón. Estas actuaciones se realizarían en las rutas con una alta densidad de transporte de mercancías de larga distancia ⁽⁹⁹⁾.

Tipos de carriles exclusivos para camiones

El Instituto de Transportes de Texas ha realizado un “estado del arte” de las ‘*Managed Lanes*’ donde se describen un conjunto de umbrales de viabilidad específicos para los requisitos de construcción de carriles reservados a camiones ⁽¹⁰⁰⁾.

El estudio encontró que los carriles reservados para camiones son más rentables cuando se construyen con barrera de separación en la mediana existente. Los carriles segregados para camiones separados por barrera alcanzan la viabilidad óptima cuando el los camiones supera el 30% del tráfico total de la vía, el volumen en hora punta supera los 1.800 vh/c/h y circulan más de 1.200 vh/c/h en los periodos de menor actividad.

En el documento *Corridors for Toll Truckways: Suggested Locations for Pilot Projects*, Robert W. Poole, Jr., y Peter Samuel sugieren unos parámetros similares: media diaria de vehículos superior a 40.000 en cada dirección, con un 20% de camiones ⁽¹⁰¹⁾.

En los carriles reservados para camiones se separan los vehículos pesados del flujo de tráfico existente, para disminuir los conflictos con vehículos ligeros, reducir la congestión y maximizar la eficiencia del transporte de mercancías. Bajo esta perspectiva, las

⁽⁹⁹⁾ La [Reason Foundation](#), fundada por el ingeniero del MIT Robert Poole, se dedica al análisis de políticas públicas desde la óptica más liberal, es reconocida por sus aportaciones en el campo del transporte y cuenta con apoyos relevantes como el Nobel de economía Milton Friedman o el periódico The Wall Street Journal.

⁽¹⁰⁰⁾ El [Texas Transportation Institute](#) es miembro de la Texas A & M University System (uno de los sistemas de educación superior más complejos de los EE.UU., compuesto por 9 universidades, 8 agencias gubernamentales y varias instituciones de Ciencias de la Salud) analiza soluciones a los problemas y desafíos que atañen a todos los modos de transporte.

⁽¹⁰¹⁾ Documento del [Reason Public Policy Institute](#) publicado en febrero de 2004.

autopistas interestatales donde se construyan carriles exclusivos para camiones pueden habilitar la circulación de 'megatrucks' para reducir las emisiones y los costos de flete por unidad de carga transportada.

Existen 4 ámbitos en que se considera adecuado este tipo de intervención:

- o el acceso a los puertos y a las instalaciones multimodales,
- o las autovías metropolitanas,
- o los recorridos de los transportes de larga distancia, y
- o las vías de acceso a las principales instalaciones de transporte de mercancías.

Hay 3 grandes grupos de carriles que son los que más se usan o se analizan cuando se habla de carriles exclusivos para camiones:

- Dos carriles adicionales en cada dirección sólo para camiones. Estos carriles se separan de los ya existentes (reservados ahora para tráfico ligero) mediante barreras de hormigón.
- Un carril adicional en cada dirección de uso exclusivo para camiones, un carril para emergencias y un carril adicional para adelantar cada cierta distancia. Cuando sea posible, el carril adicional se situará en la mediana separado del carril en la otra dirección mediante una barrera de hormigón. Otra barrera de hormigón separa el carril para camiones de los ya existentes para tráfico ligero.
- Carril adicional para un total de 3 carriles por sentido. El carril derecho se restringe para circulación de camiones, el carril izquierdo a los otros tipos de vehículos y el carril central puede ser usado por ambos grupos.

Los diseños más extensos minimizan las interacciones entre los camiones y el resto de vehículos construyendo carriles especiales de entrada y salida de la vía, más separados entre sí de lo que lo están las entradas y salidas convencionales.

Beneficios para los camiones

Los beneficios potenciales para el transporte, derivados de los carriles exclusivos para camiones son básicamente cuatro:

- Existe un **menor riesgo de accidente entre camiones y coches**. En 2001, el *National Highway Traffic Safety Administration's Fatality Analysis Reporting System* relata que en el 71% de los accidentes en los que se ven involucrados un camión y otro vehículo la causa es "uno o varios errores u otros factores" relacionados con el comportamiento del conductor del vehículo y ninguno del camionero ⁽¹⁰²⁾.

Separar los camiones que realizan largas rutas de transporte de mercancías de los otros vehículos ofrece una mayor seguridad en la carretera. En los últimos años se ha realizado un importante número de estudios sobre la seguridad y la fluidez de las autovías. Los trabajos recientes muestran que la densidad de vehículos y los ratios de volumen/capacidad son de gran influencia en la seguridad vial. Algunos

⁽¹⁰²⁾ La [National Highway Traffic Safety Administration \(NHTSA\)](#) es la entidad americana de lucha contra los accidentes de tráfico y sus costes correspondientes.

argumentan que a mayor variación en la distribución de velocidades, mayor riesgo de colisión, pero no todos los estudios coinciden en este aspecto ⁽¹⁰³⁾.

Los resultados del estudio *Safety Trucks Roadways* indican que las vías exclusivas para camiones serían más seguras que las de tráfico mixto, coincidiendo así con otros resultados del mismo estudio donde se sugiere que la retirada de camiones de las vías mixtas y la construcción de vías exclusivas para camiones mejorarían las operaciones, traduciéndose así en mejoras en seguridad vial y en el flujo.

- Los camiones operarán de forma **más eficiente** gracias a la mayor homogeneidad y al menor volumen de tráfico que circulará por los carriles exclusivos. La reducción de los frenazos, los acelerones y los adelantamientos reducen los costes operacionales por kilómetro. Los camiones juegan cada vez más un papel importante en la economía y los carriles exclusivos para camiones ofrecen un aumento de la eficiencia y fiabilidad, mejorando así la economía global del sector.

Usando software de simulación, Rakha et al. (2005) concluyen que los carriles reservados para camiones mejoran el rendimiento en lo referente a las velocidades, el consumo de combustible y las emisiones.

- La **capacidad añadida** ayuda a aliviar la congestión reduciendo el tiempo de viaje y la incertidumbre de la hora de llegada a destino. El transporte de mercancías por carretera preciso y fiable es esencial para una economía basada en actividades que mantienen los inventarios bajos y usan la entrega *'just-in-time'* para mantener los costes bajos y la capacidad de respuesta para con los clientes.

Los resultados del análisis de funcionamiento indican que la capacidad de las vías para camiones oscila entre 1.025 vh/h/c (camiones por hora y carril) y 1.475 vh/h/c, en función del nivel de vía, el espaciado entre entradas y salidas, y el porcentaje de entradas y salidas de camiones de la vía. Además, para el promedio anual de tráfico de camiones diario (50 mil camiones por día en terreno plano según el AADTT (Average Annual Daily Truck Traffic, US Department of Transportation, Federal Highway Administration) y 10% de los camiones que entran y salen de la vía, los resultados de las simulaciones indican que las vías exclusivas para camiones con dos carriles no experimentan niveles de servicio inferiores al nivel C ⁽¹⁰⁴⁾.

- El argumento para habilitar el **uso de los 'megatrucks' (HCV)** se refuerza, pues estos no tendrían que operar por las mismas vías que los vehículos ligeros. Diversos estudios de los distintos Departamentos de Transportes de USA se oponen al uso masivo de HCV en las autopistas existentes, pero si éstos

⁽¹⁰³⁾ [Relationships among Urban Freeway Accidents, Traffic Flow, Weather, and Lighting Conditions](#), Golob, T.F., and W.W. Recker, Journal of Transportation Engineering, Vol. 129, No. 4, 2003, pág. 342-353.

[A Method for Relating Type of Crash to Traffic Flow Characteristics on Urban Freeways](#), Golob, T.F. and W.W. Recker, Transportation Research, Part A: Policy and Practice, Vol. 38, No. 1, 2004, pág. 53-80.

Modeling Crash-Flow-Density and Crash-Flow-V/C Ratio for Rural and Urban Freeway Segments, Lord, D., A. Manar, and A. Vizioli, accepted for publication in Accident Analysis & Prevention, 2004.

[Factors Affecting Speed Variance and its Influence on Accidents](#), Garber, N.J. and R. Gadiraju, Transportation Research Record 1213, 1989, pág. 64-71.

[Incorporating Crash Risk in Selecting Congestion-Mitigation Strategies: Hampton Roads Area \(Virginia\) Case Study](#), Garber, N.J. and S. Subramanyan, Transportation Research Record 1746, 2001, pág. 1-5.

[Accident Reduction Factors and Causal Inference in Traffic Safety Studies](#), Davis, G.A., Accident Analysis & Prevention, Vol. 32, No. 1, 2000, pág. 95-109.

⁽¹⁰⁴⁾ [Safety and operational aspects of exclusive truck facilities](#), Texas Transport Institute, 2005.

Según el Libro Verde de AASHTO, 1995 HCM (Special Report 209), TRB, Washington, **nivel de servicio C significa** “zona en flujo estable, pero la mayoría de conductores están restringidos en la libertad de elegir sus propias velocidades”.

estuvieran restringidos a carriles exclusivos para camiones varias de las razones para esta oposición dejarían de serlo.

Beneficios para los vehículos de pasajeros

En general, los vehículos de pasajeros se pueden beneficiar de los carriles exclusivos para camiones de 4 formas distintas:

- **Aumenta la seguridad.** Según el *Federal Motor Carrier Safety Administration's Large Truck Crash Facts 2003* publicado en febrero de 2005, en el 83% de todos los accidentes con camiones involucrados, las víctimas mortales eran pasajeros o conductores de los vehículos que no son camiones. La gran diferencia de tamaño y volumen supone generalmente para los vehículos ligeros una situación de desventaja en caso de colisión. Por lo tanto, separar los camiones de los vehículos de pasajeros puede mejorar sustancialmente la seguridad de éstos, dado que el 12% de todos los fallecimientos de los ocupantes de los vehículos ligeros ocurren en accidentes con camiones.
- **Aumenta la calidad de la conducción.** Los grandes camiones intimidan a ciertos conductores de los vehículos de pasajeros. Si todos los vehículos fueran aproximadamente del mismo tamaño (flujo homogéneo) dichos conductores sufrirían menos estrés.
- Este tipo de carriles **ayuda también a la regulación de las velocidades.** El proceso de aceleración y de frenado de los camiones es bastante más lento que el de la mayoría de vehículos ligeros, por lo tanto, la retirada de los camiones puede mejorar sustancialmente el flujo en los tramos donde haya tráfico pesado. Además, los vehículos de pasajeros se benefician más de la separación durante las horas punta, cuando la congestión es mayor ⁽¹⁰⁵⁾.

Los coches sufrirán menos retrasos debido a la menor velocidad de los vehículos pesados y tendrán menos interferencias en su campo visual. Al reducir la congestión, los tiempos de trayecto serán más predecibles. Se mejorará la calidad del aire debido a la mayor y más estable velocidad en las vías.

- Si los vehículos pesados se concentran gradualmente en infraestructuras dedicadas, las otras vías requerirán un menor mantenimiento y las nuevas vías para coches se podrán construir con menores exigencias, menos grueso del firme en el resto de carriles y menor anchura y gálibo ⁽¹⁰⁶⁾.

La reducción de los anchos de carril y de los gálibos, debido a la exclusión de los camiones, permite la introducción de vías para automóviles allí donde antes no se consideraba posible y reduce el coste de construcción si se compara con una vía de uso general. Los carriles exclusivos para camiones pueden producir grandes beneficios en los mercados interurbanos en lo referente al transporte de mercancías, gracias a la separación de los camiones y los coches (que se prevé que cada vez sean de menor envergadura).

⁽¹⁰⁵⁾ [Simulation analysis of truck-restricted and high-occupancy vehicle lanes](#), Siuhi, S. and R. Mussa, Transportation Research Record 2012 (127-133), 2007.

[Evaluating the effectiveness of various truck lane restriction practices in Florida: Phase II](#), Florida Department of Transportation, BD543-10 (1/08), 2008.

⁽¹⁰⁶⁾ [Economic and financial feasibility of truck toll lanes](#), Holguín-Veras, J., D. Sackey, S. Hussain and V. Ochieng, Transportation Research Record 1833 (66-72), 2003.

Se considera que en el futuro los planificadores de transporte deben contemplar la incorporación de los siguientes carriles especiales en los planes de transporte ⁽¹⁰⁷⁾:

- o Vías para automóviles, tanto vías rápidas como urbanas.
- o 'Premium priced and regular priced lanes'
- o Carriles exclusivos para camiones en vías interurbanas
- o Carriles exclusivos para camiones de peaje, como alternativa a la construcción de ferrocarril en ciertos corredores.

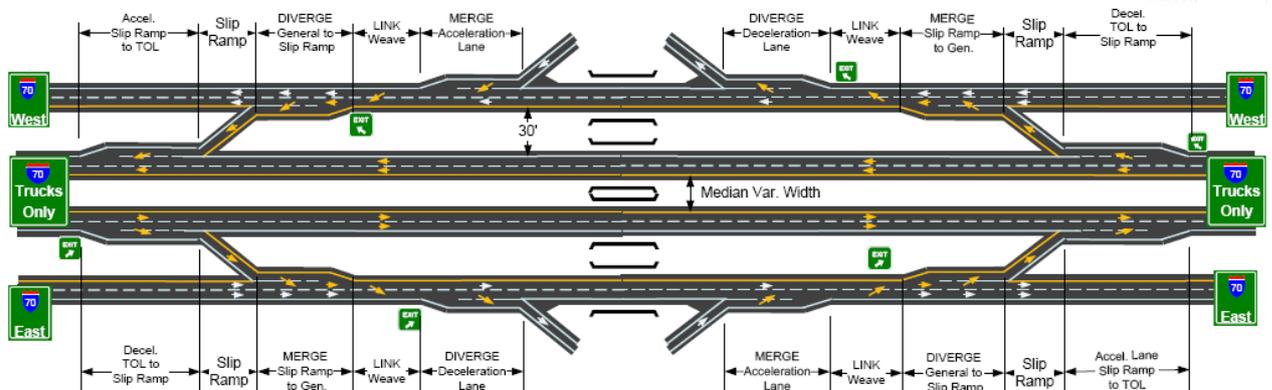
Experiencias de carriles reservados para camiones

El carril exclusivo para camiones nace de la necesidad de mejorar el transporte de mercancías en puntos conflictivos de la red viaria y de la previsión de crecimiento de este tipo de tráfico. Los primeros carriles reservados para camiones se realizaron en autovías con un relieve muy accidentado, con muchas rampas de subida y bajadas. Como la desaceleración de los vehículos pesados en los tramos de ascenso producía retenciones, se les destinó un carril para que pudieran circular a una velocidad menor y evitar las retenciones y las desaceleraciones del resto de vehículos en la vía.

Actualmente existen carriles exclusivos para camiones en Estados Unidos y Canadá y se están estudiando en Gran Bretaña, Italia y Holanda. En algunos casos, como en la I-5 al norte de Los Ángeles, estas vías para camiones toman rutas alternativas a la vía principal, recorriendo una mayor distancia con una menor pendiente, para facilitar el ascenso de los vehículos pesados ⁽¹⁰⁸⁾.

Se trata de carriles separados físicamente de las vías convencionales, bien en paralelo a los carriles de uso general, bien en solitario. En algunos casos reales, como la I-70 en EEUU, las vías para camiones se construyen en paralelo a la ya existente, conectándolas con entradas y salidas para facilitar el acceso de los camiones a esta infraestructura a través de la vía convencional.

Se han realizado diversos estudios, tanto en EE.UU. como en Europa, para valorar los efectos de la implantación de este tipo de vías. Son estudios que analizan corredores concretos de alta densidad de transporte de mercancías y tienen por objetivo emitir un juicio sobre la idoneidad de la construcción o transformación de ciertas vías en vías exclusivas para el transporte de mercancías.



Esquema longitudinal de la configuración de la I-70

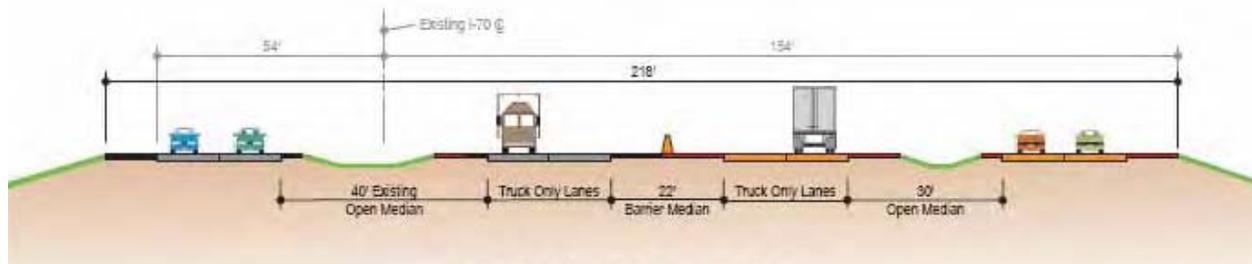
⁽¹⁰⁷⁾ [When Should We Provide Separate Auto and Truck Roadways?](#) R. W. Poole, Jr. ITF Discussion Paper No. 2009-24 November 2009.

⁽¹⁰⁸⁾ [The Future for Interurban Passenger Transport](#), R. Lindsey, Discussion Paper No. 2009-25 November 2009

En la actualidad, uno de los casos más estudiados es el de la I-70 en EE.UU., autopista que cruza varios estados del centro del país, la cual tiene una alta densidad de vehículos y se prevé un gran incremento del flujo de camiones en los próximos años. Se permite el tráfico de camiones en las vías exteriores y no es obligatorio que los camiones usen siempre el carril central.

Como se observa en la figura, las vías para camiones toman los carriles centrales del conjunto de vías, con dos carriles por sentido, separados entre sí por una barrera de protección de hormigón. Para acceder a estas vías los camiones entran primero a las vías de uso general situadas en el exterior (también dos carriles por sentido) y después acceden a la vía reservada mediante un carril de incorporación. Para abandonar la infraestructura realizan el procedimiento inverso, primero saliendo al carril exterior de uso general y luego tomando la salida que les lleve a su destino.

La construcción de este tipo de vías constituye es más que otra forma de aumentar la capacidad de las vías. La I-70 tenía con 2 carriles por sentido para tráfico mixto y pasó a tener 2 carriles para camiones más 2 carriles para tráfico mixto para cada sentido. Al atraer los camiones a este carril central y, como consecuencia, homogeneizar el flujo en todos los carriles (carriles laterales con una mayoría de turismos y carriles centrales sólo con camiones), se homogeneizan también las velocidades y las características de los vehículos en cada carril.



Esquema transversal de la configuración de la I-70

Como resultado, aumenta la seguridad vial, se reducen los embotellamientos y aumenta la fiabilidad del tiempo de recorrido. Esto puede inducir un efecto llamada que implique más vehículos en la vía.

Otros casos, como el corredor de Toronto (Canadá), se constituyen únicamente por carriles exclusivos para camiones. Según la demanda de tráfico de la zona, esta opción puede ser también válida cuando el ferrocarril ha llegado a su máximo nivel de saturación. En cambio, en la autopista de peaje de Nueva Jersey los carriles centrales son para el tráfico ligero y los carriles exteriores se reservan para los pesados ⁽¹⁰⁹⁾.



Autopista de peaje de Nueva Jersey

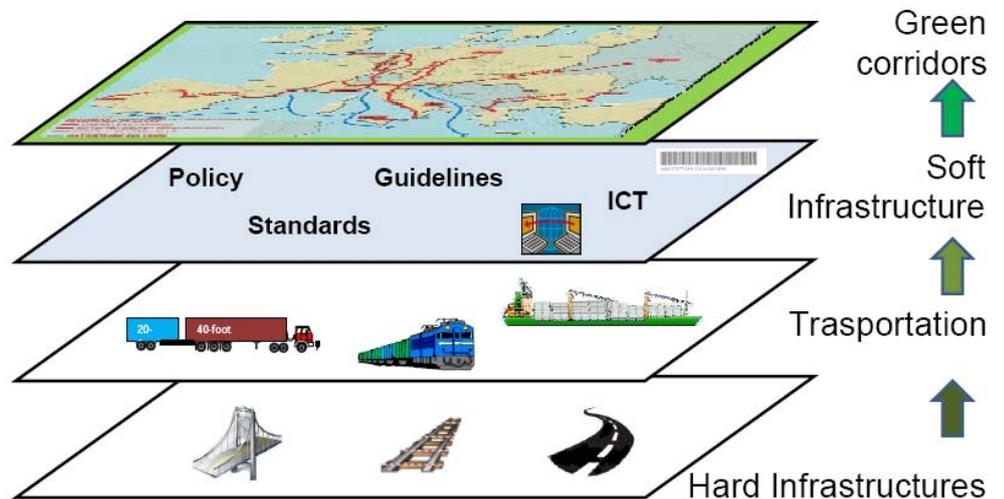
Los corredores verdes para el transporte de mercancías

Los **corredores verdes** son un concepto europeo para identificar corredores destinados al transporte de flujos concentrados de mercancías entre los nodos principales y en los que pueden preverse medidas innovadoras destinadas a que el transporte por carretera

⁽¹⁰⁹⁾ [Exclusive Truck Facilities in Toronto, Ontario, Canada](#), M. J. Roorda et al., Noviembre 2010.

sea más respetuoso con el medio ambiente, utilizando comodalidad y tecnologías avanzadas, para lograr la eficiencia energética y reducir el impacto ambiental. Conjugan los intereses privados (empresarios de la logística) y los sociales (más eficiencia y menos costes externos).

El nuevo concepto de 'Green Corridor' fue propuesto en 2007 en el Plan de Acción Logística apoya la agenda de la UE hacia la descarbonización de transporte al tiempo que subraya la necesidad de una logística eficaz.



La conferencia de corredores verdes,

que se celebró en Bruselas el 9 de diciembre de 2009 tenía tres objetivos principales: dar una señal mostrando la importancia que la Comisión concede a la descarbonización del transporte (focalizando el desafío en el transporte de mercancías), hacer un balance de las iniciativas de corredores verdes en toda Europa y discutir temas relacionados con corredores verdes. Sin embargo, el concepto está aún relativamente indefinido. Uno de los aspectos por determinar es cómo se relacionará este concepto con la Euroviñeta y de la nueva metodología de internalización de costes externos ⁽¹¹⁰⁾.

Con objeto de ayudar a desarrollar el concepto del Corredor Verde, en 2009 la Comisión puso en marcha el proyecto SuperGreen, que tendrá una duración de tres años y un presupuesto de alrededor de 2,6 millones de euros. Sus tareas incluyen la definición de un conjunto de indicadores clave de desempeño que permitan identificar los factores logísticos, medioambientales y sociales que diferencien los futuros corredores verdes de otras líneas de transporte intermodal, que no cumplan los criterios de sostenibilidad medioambiental, social y económica que ha de distinguir a estos servicios logísticos de alta calidad ⁽¹¹¹⁾.

Concepto de carriles exclusivos para Bus

Los carriles exclusivos para autobús ofrecen un gran abanico de posibilidades para gestionar el transporte de vehículos pesados para pasajeros. La implantación de este tipo de carriles puede resultar una solución óptima en muchos casos de congestión de vías principales. En países de todos los continentes se están implantando estos modelos de gestión con resultados positivos sobre el tráfico y la congestión.

Tienen como objetivo priorizar el transporte colectivo frente al coche, otorgando preferencia a los buses mediante la cesión de un carril. Esto supone que el transporte colectivo no sufrirá las retenciones del conjunto del tráfico y podrá funcionar con mayor fiabilidad en sus horarios y frecuencias.

⁽¹¹⁰⁾ La información sobre este evento está disponible en [Green Corridors Conference](#).

⁽¹¹¹⁾ La información sobre este proyecto está disponible en [SuperGreen Project](#).

Permiten **mejorar la velocidad comercial** de un modo de transporte que sufre, en la mayoría de los casos, una importante degradación de su calidad de servicio por la congestión. En algunas ocasiones estos carriles son mal percibidos por los usuarios del vehículo individual, dado que ocupan una parte de la red viaria. Por tanto su implantación ha de ir acompañada de campañas de información ciudadana y deben estar planificados de tal manera que la densidad de autobuses que circula por ellos y la calidad del servicio sean suficientemente altos para justificar esta segregación a los grupos interesados (en definitiva, que los beneficios sociales que produzcan justifiquen su implantación).

La experiencia ha demostrado su interés cuando se conjugan densidad de autobuses, vigilancia sobre el tráfico y control permanente de la infraestructura. Tienen el problema de que una relajación en el control de accesos lleva, rápidamente, a una ocupación del carril por el vehículo privado y de que su supresión resulta relativamente fácil, por ejemplo, por un cambio político. Esto lleva a la necesidad de implantar elementos físicos que obliguen a respetar su delimitación.



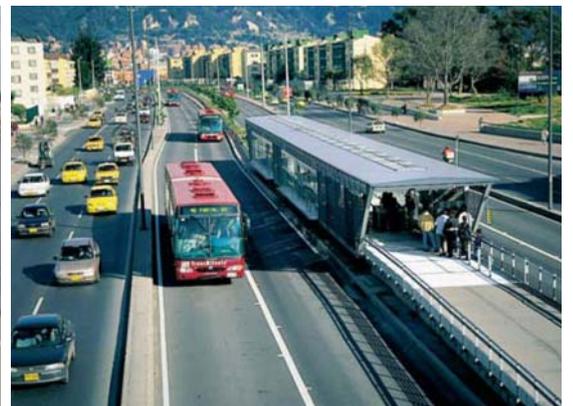
Carril bus sin barreras físicas en la C-31, Barcelona

Una evolución de este tipo de estructura ha sido pasar de los carriles reservados a la **plataforma reservada**, totalmente independiente. En este caso, se trata de una verdadera infraestructura sin acceso de los vehículos no colectivos, con reserva exclusiva de la calzada para los autobuses. El aumento de la calidad que se produce es muy elevado, ya

que se limitan totalmente las interferencias con otros modos de transporte, aunque se produzcan problemas de cruce de vías.



Plataforma reservada: Zuidtangent, Amsterdam



Plataforma reservada: Transmilenio, Bogotá

Características físicas de los carriles exclusivos para Bus

Los carriles exclusivos para bus ⁽¹¹²⁾ o ‘*Bus Rapid Transit*’ (BRT, como se denominan en EE.UU.) se refieren a un conjunto de **características de diseño del sistema de transporte en autobús** que ofrecen un servicio de transporte rentable y de alta calidad. Incluyen ⁽¹¹³⁾:

⁽¹¹²⁾ [Sistemas de transporte en plataformas reservadas](#). Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2008.

⁽¹¹³⁾ Artículo Bus Rapid Transit, [Bus System Design Features That Significantly Improve Service Quality And Cost Efficiency](#) del Victoria Transport Institute.

- Vías separadas preferentes de uso exclusivo para el autobús, carriles VAO (para autobuses, camionetas y otros transportes colectivos) y otras medidas de tráfico prioritario. Algunos carriles usan guías que dirigen automáticamente el autobús en tramos de la ruta.
- Servicio de alta capacidad y frecuencia que reduce el tiempo de espera de los pasajeros a menos de 10 minutos durante las horas punta.
- Vehículos de alta calidad, de fácil acceso, silencios, limpios y cómodos.
- Venta anticipada de billetes para reducir al mínimo los retrasos de embarque.
- Sistemas integrados de tarifas, lo que permite transbordos gratuitos o con descuento entre las rutas y los distintos modos y fidelizar la clientela mediante abonos y billetes multiviaje.
- Información útil para el usuario y los programas de marketing.
- Estaciones de autobuses de calidad en zonas cercanas a los barrios, para que los usuarios puedan desplazarse a pie desde su residencia hasta el corredor. Las estaciones suelen estar más distanciadas entre ellas que en las líneas convencionales.
- Integración modal, coordinando el servicio de BRT con las infraestructuras para peatones y ciclistas, los servicios de taxi, autobuses interurbanos, el transporte ferroviario y otros servicios de transporte.
- Aparcamientos de disuasión: elemento de especial importancia, cuyo objetivo es captar usuarios del vehículo privado para la nueva línea y facilitar el acceso a la misma (Park&Ride).
- Excelente servicio al cliente.
- Mejorar la seguridad para los usuarios de autobús y los peatones.
- Tecnología ITS (Sistemas de Transporte Inteligente): información de calidad al usuario y en tiempo real. Por ejemplo: localización automática de vehículos (AVL), prioridad semafórica, contadores automáticos de pasajeros y tecnologías de guiado. No es exclusiva de los sistemas en plataforma reservada.

La gran **flexibilidad** que ofrecen los sistemas BRT en los distintos aspectos de su logística hacen de esta opción de transporte una solución moldeable y adaptable a distintas necesidades, tanto puntuales en el tiempo como de carácter permanente. En cuanto a las rutas, la flexibilidad viene dada por el hecho de que los buses pueden circular, en general, por cualquier vía.

También son flexibles en la posibilidad de utilizar vehículos de diferente capacidad, en función de la demanda del servicio; así se puede disponer de buses pequeños o buses biarticulados, en función de los usuarios que vaya a tener la línea y de la evolución de la demanda en el tiempo. Además, el bus puede adoptar rutas alternativas a la prevista en caso de obras puntuales o accidentes en la ruta prevista.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE UN SISTEMA BRT ⁽¹¹⁴⁾		
Vehículos	Capacidad	<i>Convencional Articulado Biarticulado</i>
	Propulsión	<i>Diesel de baja emisión de sulfuros Híbridos diesel eléctrico Gas Natural Comprimido (CNG)</i>
Sistema de transporte inteligente	Localización automática Prioridad semafórica Contadores automáticos de pasajeros	
	Tecnologías de guiado	<i>Mecánico Magnético Óptico</i>
Vía	Tráfico mixto Carril exterior segregado Mediana segregada Carril reservado en autopistas Calzada propia	
Servicio	Tipo de red	<i>Corredor aislado Corredor principal + Alimentadores Sistema de rutas Sistema de corredores + Park&Ride</i>
	Paradas	<i>Todas las paradas Algunas las paradas</i>
Señalización y marketing	Logo característico Color de vehículos diferenciados Diseño de vehículos Tecnologías	
Acceso al sistema	Parada Marquesina Recinto cerrado	
Títulos de transporte	Compra	Validación
	Vehículo	Vehículo
	Estación	Vehículo, un solo punto de validación Vehículo, un punto por puerta Fuera

Evolución del concepto "Carril exclusivo para Bus"

En el pasado, los autobuses eran considerados un servicio de baja calidad, especialmente destinado a personas que carecían de alternativas de transporte y a comunidades que no podían permitirse "mejores" servicios de transporte, como el ferrocarril o el coche. Esta concepción de los autobuses crea un círculo vicioso que consiste en una reducción de la inversión y menos apoyo para con este modo de transporte, enfatizando la minimización de costos, lo que lleva a un servicio inferior.

¿Podemos tener un sistema de buses con atributos similares a los de un metro, pero con un costo muy inferior? Esta fue la pregunta que se hicieron en los años 70 algunos planificadores de transporte en América Latina, ante el rápido crecimiento de sus ciudades, la fuerte dependencia del transporte público y la poca disponibilidad de

⁽¹¹⁴⁾ [Modelo de diseño de redes de servicios interurbanos BRT complementarios a la oferta de transporte público en áreas urbanas](#), Félix Martínez Cuart., Tesina de especialidad, ETSECCPB, Marzo 2009.

recursos para invertir en transporte. Así surgió el concepto ‘*Bus Rapid Transit*’ (BRT), orientado a tener un transporte masivo, de calidad, eficiente y a bajo coste.

El BRT se implementó inicialmente en países menos desarrollados, como Brasil y Colombia, durante la década de los 90, y en la actualidad este concepto ha sido ampliamente aceptado por los planificadores de transporte y los defensores de transporte público en todo el mundo. Representa un cambio radical en la percepción: los autobuses pueden proporcionar un servicio de alta calidad que puede atraer a los viajeros discretos (los que tienen otras opciones de viaje).

Se considera una alternativa más asequible que el tranvía o el trolebús para mejorar la calidad del transporte público y atraer nuevos usuarios que, caso contrario, usarían en coche en vías congestionadas. Para muchos viajes, el BRT puede proporcionar un servicio más rápido y más directo que el ferrocarril urbano, ya que los carriles exclusivos para autobús se pueden aprovechar para realizar múltiples rutas desde diferentes puntos, lo que reduce la necesidad de realizar transbordos ⁽¹¹⁵⁾.

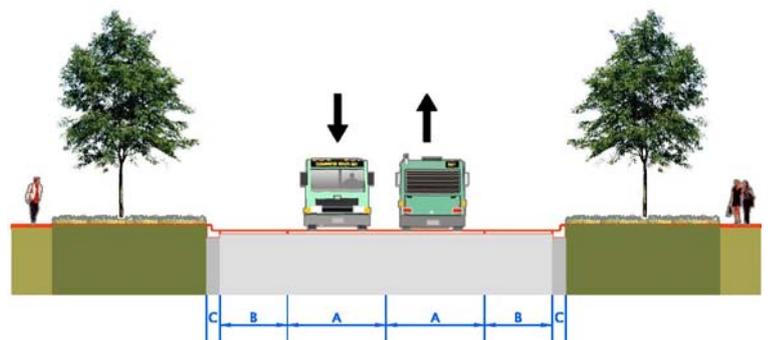
Sin embargo, es erróneo considerar esto como un debate entre los méritos del autobús y los del transporte ferroviario. Cada uno es apropiado en ciertas circunstancias ⁽¹¹⁶⁾.

Distintas configuraciones para un carril Bus ⁽¹¹⁷⁾

Existen en la actualidad distintos tipos de carriles para bus, ya sean de uso exclusivo para este transporte o bien compartidos con otros vehículos (generalmente vehículos privados de alta ocupación). Se diseñan para alcanzar una velocidad mínima de 70 km/h en vías rápidas y de 60 km/h en zonas interurbanas. Se pueden clasificar en 3 grandes grupos: carriles segregados, carriles separados y carriles en zona urbana (que no son objeto de este documento).

- Los **carriles segregados** son la versión más desarrollada de carril bus. Hay dos tipos: vías exclusivas para autobuses o carriles guiados para autobuses. De esta forma se separan físicamente los vehículos pesados de viajeros del resto de vehículos. Estos carriles pueden incluir intersecciones a nivel o a distintos niveles con otras vías, así como rampas que conecten con otros tipos de carril bus.

Las **vías exclusivas** permiten que los autobuses viajen libremente y sin restricciones (excepto por otros autobuses), produciendo ahorros de tiempo de trayecto en comparación con las vías de flujo mixto. Además, las vías segregadas pueden ser



Zona	Descripción	Dimensiones (m)	
		Recomendada	Mínima
A	BRT/carril bus	3,75	3,50
B	Arcén	1,20	0,60
C	Barrera/cuneta	0,60	0,60

⁽¹¹⁵⁾ [Advanced Network Planning for Bus Rapid Transit: The “Quickway” Model as a Modal Alternative to “Light Rail Lite](#), Alan Hoffman, National BRT Institute (www.nbrti.org), Federal Transit Administration, USDOT, 2008.

⁽¹¹⁶⁾ [Evaluating Public Transit Benefits and Costs](#), Todd Litman, Victoria Transport Policy Institute (www.vtpi.org), 2006.

⁽¹¹⁷⁾ Extraído del estudio [Recommended Practice for Bus Rapid Transit Running Ways](#), realizado por el APTA (American Public Association Transportation), 2009.

de gran utilidad a los vehículos de emergencia, para desplazarse hacia zonas que pueden estar congestionadas o ser de difícil acceso en hora punta.

Los **carriles guiados** cuentan con unas guías especiales (bien en los laterales del carril, bien en el eje central) para guiar los vehículos en su trayecto y el ancho del carril puede ser menor (3 m), pues no hay necesidad de arcén y el bus debe "encajar" en el ancho de carril. Debido a tales peculiaridades, estos carriles suelen ser exclusivos para este tipo de transporte.

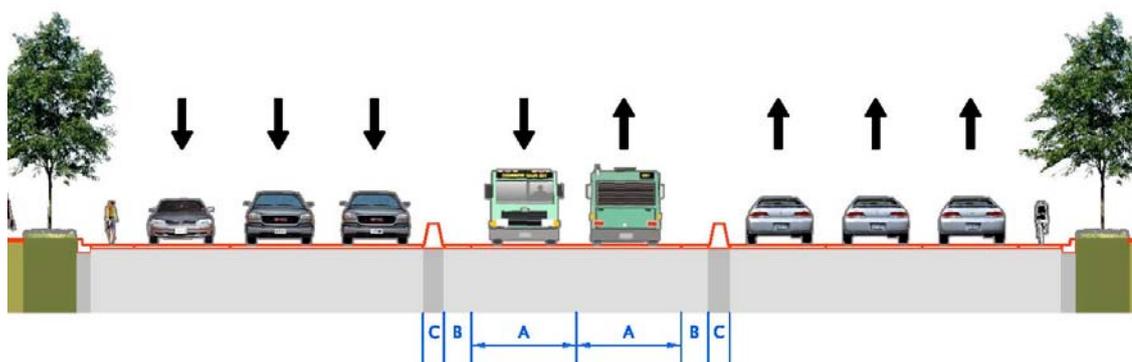


Autobús guiado. Adelaida (Australia).



Mecanismo de guiado.

- Los **carriles separados** son aquellos que forman parte de la plataforma de una carretera o autopista, reutilizando uno de sus carriles ya existentes para tráfico convencional o construyendo uno nuevo adherido a la plataforma, ensanchándola. Se separan los flujos de vehículos pesados de pasajeros del resto de vehículos, evitando las interferencias entre los distintos tipos de tráfico, pero en este caso las vías siguen paralelas las unas a las otras compartiendo plataforma. Estos carriles pueden tener tres tipos de configuración.



Zona	Descripción	Dimensiones (m)	
		Recomendada	Mínima
A	BRT/carril bus	3,75	3,50
B	Margen	1,20	0,30
C	Barrera	0,60	0,60

- Carril bus en la mediana:** exclusivo para autobús, situado en la mediana de la carretera o autopista, normalmente separado por barreras físicas de los otros tipos de vehículos, y dotado de rampas de acceso a otros carriles. Puede haber un solo carril (para un único sentido, o reversible) o dos.

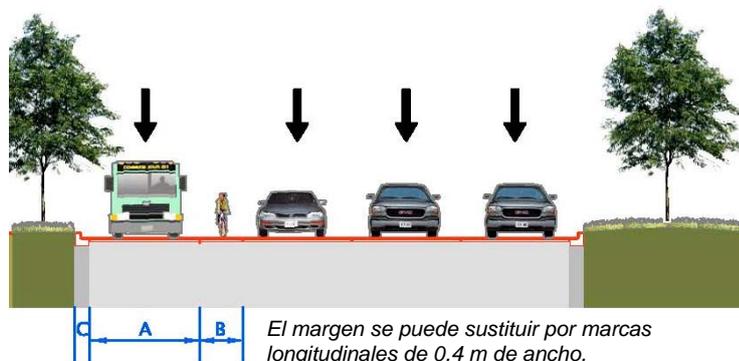
2. **Carriles VAO:** exclusivo para vehículos de alta ocupación (VAO), situado en la mediana o en los carriles laterales de la calzada de la autopista o autovía, y no necesariamente separado con barreras físicas de los otros carriles. Esta opción es la más adoptada en España con ejemplos en Madrid, Barcelona...



Carril Bus –VAO de la A-6

3. **Carril bus en el lateral:** se permite usar el arcén lateral derecho a los vehículos BRT en autopistas y autovías. Normalmente se opta por el arcén derecho pero también se puede usar el izquierdo, en este caso para servicios de bus Express (menor número de estaciones). Este uso puede estar limitado a las horas punta o a los momentos de congestión de la vía (con unas restricciones operativas como una velocidad máxima permitida) o ser de uso permanente.

Los carriles exclusivos adyacentes a los carriles de uso general situados en una plataforma convencional pueden estar separados por alguna barrera física (permitiendo sólo la entrada y la salida al carril reservado en ciertos puntos) o pueden estar separados simplemente por marcas en la vía. Estas barreras pueden ser rígidas de hormigón, postes reluctantes, bordillos, láminas reflectantes, etc. ⁽¹¹⁸⁾.



Zona	Descripción	Dimensiones (m)	
		Recomendada	Mínima
A	BRT/carril bus	3,75	3,50
B	Margen	1,20	0,15
C	Cuneta	0,60	0,60

Además, los carriles exclusivos para bus pueden adoptar **distintas distribuciones del tráfico**, lo que ofrece una mayor versatilidad de soluciones a distintas problemáticas. Por el sentido de circulación, pueden distinguirse:

- **Plataformas con el mismo sentido de circulación** que los carriles adyacentes. Son los más frecuentes y pueden funcionar eficientemente con o sin barreras de separación del resto de los carriles.
- **Plataformas con sentido de circulación a contracorriente** de los carriles adyacentes. Son de gran utilidad y muy respetados en vías urbanas de sentido único. Sin embargo, por la peligrosidad que implican, suelen ir separados por barreras del resto de los carriles.
- **Plataformas de funcionamiento reversible.** Apropriadadas para servicios de baja frecuencia y normalmente situadas en el centro de la calzada, permiten optimizar su utilización en vías con tráficos fuertemente descompensados, como las de carácter radial en las grandes aglomeraciones.

⁽¹¹⁸⁾ Del artículo “Divided opinión” publicado en Annual Showcase 2011, [Intertraffic World](#), Pág 42-44.

Comparación de costos entre modos

Cada vez más expertos promueven dotar a las redes de autobuses de las condiciones de explotación que les permitan un buen nivel de servicio. Sin embargo, aunque las medidas de mejora de la red de autobús representan una inversión relativamente pequeña, comparada con la implantación de nuevos modos, y suponen un aumento importante de la calidad del servicio, su oportunidad política es reducida, en cuanto suponen una limitación al uso del vehículo privado con un modo de transporte ya existente, sin aportar el efecto mediático de la inauguración de una línea de tranvía o metro ligero.

La reserva de un carril para la circulación exclusiva de autobuses se considera justificada siempre que el número previsto de usuarios sea superior a la media de personas que utilizan un carril convencional, en el mismo período de tiempo (normalmente, la hora o período punta). De esta manera, la reserva de un carril para circulación de autobuses quedará justificada cuando se prevea una demanda para el autobús de ⁽¹¹⁹⁾:

- En torno a 2.350 personas por hora en autopistas y autovías, máxima capacidad de un carril de autopista con vehículos convencionales en hora punta (1.800 vehículos con un grado medio de ocupación de 1,3 personas por vehículo), lo que supone la circulación de unos 40 a 50 autobuses a la hora.
- En vías urbanas, donde la capacidad se reduce por debajo de los 600 vehículos por hora y por carril, una plataforma de un carril reservado podría justificarse con volúmenes de autobuses muy inferiores, en torno a los 15 a 20 vh/hora.

No obstante, el establecimiento de una plataforma reservada para autobuses puede justificarse como instrumento de una política de promoción del transporte colectivo, sin que sea necesario el cumplimiento de determinados volúmenes de tráfico. Con estas infraestructuras basadas en una gestión más sostenible de los sistemas de transporte de pasajeros se puede inducir un cambio de hábitos en la sociedad, siempre y cuando los usuarios obtengan más ventajas que inconvenientes al usar el transporte público.

Existen distintos estudios que evalúan los costos de construcción y explotación de las múltiples configuraciones que puede adoptar un carril exclusivo para autobuses. La mayor parte de estos estudios son norteamericanos y en ellos se comparan los costes de construcción de distintas experiencias reales de Estados Unidos y otras zonas del mundo como Canadá, Australia y distintos países de Sur América, Europa y Asia. Se comparan mediante los costos en millones de dólares que cuesta construir cada milla.

Clasificaremos los costes de las vías en dos grupos significativos en cuanto al volumen de inversión se refiere. Los costes de las distintas intervenciones posibles, para mejorar el flujo de los vehículos pesados de pasajeros y, en consecuencia, la movilidad en la red vial, se puede dividir en las grandes inversiones de capital y las inversiones austeras.

- Las **grandes inversiones** son las que conllevan la creación de nuevas vías, como los carriles segregados, carriles que se construyen exclusivamente para estos vehículos. También entran en este grupo la construcción de tramos elevados o subterráneos con el fin de evitar el cruce con otras vías.

⁽¹¹⁹⁾ Instrucción de la vía pública, Ficha 9.1. [Plataformas reservadas y acondicionamientos para transporte público](#), Ayuntamiento de Madrid, Diciembre 2000.

- Las **inversiones austeras** son las que aprovechan las infraestructuras existentes y las remodelan o adaptan a las necesidades del vehículo pesado de pasajeros. Por ejemplo, el aprovechamiento de medianas y arcenes de vías ya en uso y su remodelización y adaptación para la circulación de autobuses, o el cambio de gestión de una vía anteriormente usada para todo tipo de vehículos y ahora reconvertida en un carril separado para autobuses.

Las inversiones austeras oscilan entre el millón y la decena de millones de euros por kilómetro (valor aproximado, que depende de muchas variables), mientras que las inversiones fuertes oscilan entre las decenas y las centenas de millones de euros por kilómetro de vía. En función de la complejidad de ésta, al igual que pasa con cualquier obra lineal de carretera en flujo mixto, su costo se ve aumentado a medida que necesita actuaciones más complejas, como túneles, puentes, etc. ⁽¹²⁰⁾.

Un punto clave de la inversión, para cualquier tipo de carril bus, es la información y la gestión. Diversos estudios apuntan que hay un gran sector de la población que no conoce el funcionamiento de estos servicios y, por lo tanto, se pierden usuarios potenciales. La información en este tipo de transportes tiene que ser transparente y fácilmente accesible para los usuarios, para rentabilizar la inversión al máximo ⁽¹²¹⁾.

Además, los usuarios valoran ampliamente aspectos como la seguridad, tanto en las paradas como en ruta, y la comodidad, a parte de otros aspectos más tangibles, como la fiabilidad del servicio, la limpieza o la información en tiempo real. En consecuencia, la inversión económica debe hacer hincapié en todos los aspectos que los usuarios aprecian para aumentar su popularidad y, consecuentemente, su uso ⁽¹²²⁾.

Consecuencias de la implantación de carriles reservados para bus

Instaurar un sistema de carriles reservados para autobuses comporta ciertas consecuencias en el conjunto del territorio, que se ve influido por estas modificaciones.

- **Impactos en el flujo:** en el caso de las grandes aglomeraciones, un sistema en plataforma reservada suele sustituir redes de autobús existentes, cuando en ellas se plantean dificultades de congestión, problemas de regularidad derivados de la densidad de circulación u otros motivos que hacen aconsejable su implantación. En el proyecto de un sistema en plataforma reservada hay que tener en cuenta:
 - El incremento de la densidad de tráfico del espacio restante destinado al tráfico privado y al transporte público, que suele ser menor que el espacio inicial.
 - La dificultad de los giros del resto de vehículos (a la derecha, en caso de vías laterales, y a la izquierda, en caso de plataformas centrales).

⁽¹²⁰⁾ Se han consultado distintos estudios de los costos de construcción para realizar esta clasificación. Los valores absolutos de los resultados hallados varían en función de la fecha en la que se realiza el estudio y de los elementos que se tienen en cuenta para contabilizar los costes. Los valores relativos de estos costes se mantienen prácticamente constantes. Algunos documentos consultados son:

- Transit Cooperative Research Program, [Report 90: Bus Rapid Transit, Vol. 1: Case studies in Bus Rapid Transit](#), 2003.
- Transit Cooperative Research Program, [Report 117: Design, Operation, and Safety of At-Grade Crossing of Exclusive Busways](#), 2007.
- Transit Cooperative Research Program, [Report 118: Bus Rapid Transit, Practitioner's Guide, 2007](#)
- [Characteristics of the Bus Rapid Transit for Decision-Making](#), Federal Transit Administration y United States Department of Transportation, Agosto 2004.

⁽¹²¹⁾ TCRP H-37 [Characteristics of Premium transit service that affect mode choice](#), Maren L. Outwater et al. Nov. 2010.

⁽¹²²⁾ [Quantifying the Importance of Image and Perception to Bus Rapid Transit](#). United States Department of Transportation y Federal Transit Administration. Mayo 2009.

El BRT tiende a atraer a más usuarios que las líneas de bus de menor calidad y menos usuarios que el tranvía en el mismo corredor, pero en situaciones en las que el BRT ofrece una mayor cobertura de servicios (tales como dispersión de destinos con demanda moderada), puede atraer a más usuarios que el ferrocarril para una inversión dada.

Según el *Victoria Transport Institute*, los impactos de los carriles bus sobre el resto del tráfico son los siguientes:

Impactos de los carriles bus	Puntuación	Explicación
Reduce el tráfico total.	3	Puede reducir el uso del coche.
Reduce el tráfico en hora punta.	3	Atractivo para los desplazamientos diarios.
Modifica las horas punta.	0	
Estimula el cambio modal de coche a modos alternativos.	3	
Mejora accesos, reduce necesidad de viajar.	2	Puede inducir uso más compacto del territorio.
Aumenta los viajes compartidos.	0	
Aumenta el transporte colectivo.	3	
Aumenta el uso de la bicicleta.	1	Puede apoyar el uso de la bicicleta.
Aumenta los desplazamientos a pie.	2	Apoya los desplazamientos a pie.
Aumenta el teletrabajo.	0	
Reduce el transporte de mercancías.	0	

Puntuación entre 3 (muy beneficioso) y -3 (muy perjudicial). 0 significa que no hay impactos

- **Beneficios y costes:** Hossain y Kennedy estimaron que se podía reducir el consumo de energía en los corredores BRT y las emisiones de Gases de Efecto Invernadero un 29% a corto plazo y un 45% a largo plazo, en comparación con los carriles de uso general. La tabla siguiente resume los beneficios, tanto en el flujo como sobre los usuarios del transporte, el territorio y el medioambiente, derivados de la implantación de las plataformas reservadas para autobús ⁽¹²³⁾.

Objetivos	Puntuación	Comentarios
Reducción de la congestión	3	Reduce el uso del coche en vías congestionadas.
Ahorros en carretera y estacionamiento	3	Reduce el espacio vial y los requisitos de estacionamiento. Los buses pueden aumentar los costos por usar la carretera.
Ahorro del consumidor	3	Proporciona movilidad asequible.
Oferta de transporte	3	Aumenta la oferta de transporte para los no conductores.
Seguridad en la carretera	2	Tiende a aumentar la seguridad global.
Protección Medioambiental	2	Tiende a reducir la contaminación.
Uso eficiente del territorio	2	Desincentiva la expansión urbanística.
Comunidad habitable	2	Contribuye a la habitabilidad barrio.

Puntuación entre 3 (muy beneficioso) y -3 (muy perjudicial). 0 significa que no hay impactos

- **Impactos en la igualdad:** el BRT beneficia a una amplia gama de personas: los antiguos usuarios del bus, los nuevos usuarios a raíz de la mejora de los servicios y los que siguen usando el vehículo privado y experimentan una menor congestión y mayor disponibilidad de estacionamiento. Tiende a apoyar la igualdad debido a que mejora las opciones de transporte, proporciona movilidad básica y aumenta la accesibilidad y son las personas económica, social y físicamente desfavorecidas las que tienden a depender en gran medida de los autobuses.

⁽¹²³⁾ [Estimating Energy Savings from Bus Improvement Options in Urban Corridors](#), Moazzem Hossain and Scott Kennedy, Journal of Public Transportation, 2008, Vol. 11, No. 3, (www.nctr.usf.edu), pp. 19-40.

Criterio	Puntuación	Comentarios
Trata a todo el mundo por igual.	1	Sus beneficios son valorados por la mayoría.
Los individuos pagan el precio impuesto.	0	Requiere subvenciones, pero a menudo menos que para el coche.
Progresivo en función de la renta.	3	Movilidad asequible a personas de renta baja.
Beneficia a los perjudicados por el transporte.	3	Proporciona movilidad para los no conductores.
Mejora la movilidad básica	3	Proporciona movilidad básica.

Puntuación entre 3 (muy beneficioso) y -3 (muy perjudicial). 0 significa que no hay impactos

- **Impactos en la equidad:** el BRT es particularmente apropiado en corredores urbanos congestionados, aunque puede ser integrado con otros servicios de transporte, tales como rutas de autobuses de larga distancia, por lo que puede ayudar a mejorar el transporte en toda una región urbana.

Geografía	Puntuación	Organización	Puntuación
Región urbana extensa	3	Gobierno federal	2
Alta densidad urbana	3	Gobierno provincial/estatal	2
Densidad media, urbano/suburbano.	2	Gobierno regional	3
Pueblo.	1	Gobierno municipal/local	3
Baja densidad, rural.	0	Asociación de gestión de transporte	3
Centro comercial	3	Negocio particular.	1
Barrio residencial	2	Promotor.	1
Resort/zona de recreo.	1	Asociación vecinal.	1
		Campus	2

Puntuación entre 3 (muy beneficioso) y -3 (muy perjudicial). 0 significa que no hay impactos

La equidad se refiere a la distribución de los recursos y oportunidades. Las decisiones sobre el transporte pueden tener significativos impactos sobre la equidad. El transporte representa una parte importante de los gastos de los consumidores, las empresas y el gobierno. Consume una parte importante de los recursos públicos, incluyendo impuestos y terrenos públicos.

Además las actividades de transporte tienen un impacto externo (el ruido y la contaminación atmosférica, el riesgo de accidentes y la creación de barreras arquitectónicas) que afectan la calidad de la comunidad, de los espacios naturales y de la seguridad personal. El transporte determina donde la gente puede vivir, comprar, trabajar, ir a la escuela y recrearse, así como determina las oportunidades en la vida.

Una movilidad adecuada es esencial para habilitar las personas a participar en la sociedad como ciudadanos, trabajadores, consumidores y miembros de la comunidad. El transporte afecta a la capacidad de las personas a recibir educación, empleo, servicio médico y otros bienes fundamentales.

Anexo: Relación de estudios sobre HCV

Estudios europeos 2006-2011 sobre HCV ('Higher capacity vehicle')

Eficiencia del transporte por carretera	Transferencia modal	Medio ambiente	Seguridad	Infraestructuras	Comentarios
<p>Efecto de la implantación del Megatruck de 60 toneladas en España. Balance del incremento de las dimensiones de los vehículos pesados; Ortega – Vassallo - Pérez Martínez; Transyt, 2011. España (Cátedra Amelio Ochoa, Fundación Francisco Corell)</p>					
Mejoraría la productividad y eficiencia del sector: reducción superior al 22% del precio por t-km transportada en HCV. Leve mejora de la productividad de la economía española y de la competitividad de las exportaciones.		Mejoraría la movilidad de las mercancías por carretera y la movilidad general de las mercancías a nivel nacional. Notable aumento de la eficiencia energética de la movilidad de las mercancías por carretera (reducción de 305.781 t de CO ₂ , 8.057 t de NOx y 254 t de PM ₁₀ , equivalentes a unos 700 millones de euros anuales).	Los resultados han sido verificados por la realización de unas pruebas con vehículos de 60 t en las pistas de ensayo del INTA.		Estudia los impactos y previsiones de los beneficios del posible incremento de la MMA a 60 t en determinados corredores en España. Sugiere desarrollar un nuevo marco normativo que fije tanto las dimensiones máximas como las condiciones operativas, limitaciones, itinerarios autorizados,... de los HCV.
<p>Longer and Heavier Vehicles in the Netherlands. Facts, figures and experiences in the period 1995-2010, Directorate General for Public Works and Water Management (Rijkswaterstaat), 2010. Países Bajos (Ministry of Transport, Public Works and Water Management)</p>					
Entre 6.000 y 12.000 HCV, sustituirían a 8.000-16.000 trenes de carretera. Se incrementaría el transporte por carretera 0,05-0,1% y se reduciría el volumen de tráfico (veh-km).	Reducción del 1,4-2,7% del transporte de mercancías por ferrocarril.	Reducción del consumo de combustible y emisiones de CO ₂ . Reducción de la congestión entre un 0,7% y 1,4%.	Mejora por el menor número de vehículos-km: menos muertos (factor 13-25) y accidentes graves (factor 4-7).		Análisis de los resultados del segundo proyecto piloto holandés con HCV.
<p>Moving Freight with Better Trucks. Improving safety, productivity and sustainability. Summary document, 2010. Centro Común de Investigación de Transporte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y el Foro Internacional de Transporte (ITF))</p>					
<p>En tabla adjunta se resumen los 16 mensajes clave resultantes del informe.</p>					
<p>Longer and Heavier Vehicles for freight transport, Christidis - Leduc, 2009 (Institute for Prospective Technological Studies, Joint Research Centre, European Commission)</p>					
El porcentaje global de cuota de HCV se espera que sea del 8,2% (valor medio), dependiendo de las hipótesis relativas a la captación según bandas de distancia y la demanda de mercancías previsto para cada segmento. El factor de ocupación se incrementaría de 21 a 23,9 t en promedio para los viajes de más de 1.500 km, y de 14 a 14,4 t para viajes de menos de 800 Km.	El volumen exacto de la transferencia modal depende de la reacción del mercado en los distintos segmentos geográficos y de producto.	No habría impactos negativos en cuanto a los costes externos, excepto como resultado del cambio de tráfico de otros modos de transporte a la carretera.	Reducción significativa del número de vh-km necesaria para mover el mismo volumen, en todas las combinaciones de tasas de penetración y elasticidades.		Análisis de sensibilidad supuesto que los HCV se permitirían en la UE y con los socios vecinos, sin distinción del tipo de carreteras utilizadas. La aplicación de diferentes sistemas de tarificación, restricciones o prohibiciones por parte de algunos estados o socios comerciales probablemente alteraría los resultados significativamente.

Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC, coordinado por Transport & Mobility Leuven, 2008
UE (TREN/G3/318/2007 - DG TREN, Directorate General for Mobility and Transport, European Commission)

<p>Toneladas-volumen crece 0,99% (+0.76% en toneladas-km), con elasticidad precio = -0,416.</p> <p>Los HCV asumen el 30% del tráfico de carga pesada.</p> <p>Volumen de tráfico (veh-km) de HCV disminuye un 12,9% (tráfico pesado), dependiendo del país: los más afectados son los países grandes y poco poblados, con agrupaciones separadas de población y actividad económica, como España, Finlandia o Grecia.</p> <p>Coste del transporte por carretera se reduce 15-20%, en promedio.</p> <p>El análisis Coste-Beneficio para el 2020 en la UE-27 resulta positivo.</p>	<p>Se reduce la demanda de transporte en ferrocarril un 3,8%, y 2,9% el fluvial (en ton-volumen).</p> <p>Los vehículos de 60 t pueden llegar a ganar un 12,45% en eficiencia en términos de combustible consumido por t-km.</p> <p>Las emisiones de CO₂ se reducirían un 3,58%, las de NO_x un 4,03% y las partículas un 8,39%.</p>	<p>Estudia la estabilidad de diferentes configuraciones al girar en círculo completo, en circuito con curvas continuas y la maniobra de cambio de carril. Los resultados dependen de la configuración y son más favorables las que usan semirremolques.</p>	<p>El impacto depende de los vehículos-km (más bien positivo en este aspecto).</p> <p>El expresar los parámetros de demanda de carga en toneladas-volumen y no en toneladas-km dificulta comparar los resultados con otros estudios. No considera el potencial de las previsible mejoras tecnológicas en los vehículos ni distingue entre los diferentes segmentos del mercado ferroviario (grupos de productos y distancias).</p>
--	--	---	--

The effects of long and heavy trucks on the transport system - Report on a government assignment, Vierth - Berell - McDaniel - Haraldsson - Hammarström - Reza Yahya - Lindberg - Carlsson - Ögren - Björketun, 2008. Suecia (Swedish National Road and Transport Research Institute(VTI))

<p>Una gran parte del transporte de mercancías por carretera se lleva a cabo con HCV, la reducción de tamaño llevaría a grandes pérdidas económicas: incremento de costos de transporte y un aumento significativo de costos en la seguridad vial, las emisiones y el ruido.</p> <p>En promedio se necesitaría 1,37 camiones de tamaño máximo de la UE para sustituir a un camión de tamaño máximo de Suecia y el costo del transporte por camión se estima que aumentaría un 24%.</p>	<p>Se considera difícil, al menos en el corto plazo, transferir mercancías de la carretera al ferrocarril, en parte por el alto índice de utilización de la capacidad ferroviaria. Se requeriría aumento de capacidad ferroviaria, pero también mejora de la calidad de servicio y de la fiabilidad.</p>	<p>Nada en las estadísticas de accidentes sugiere que usar camiones más cortos y ligeros se traduciría en menos accidentes y menos graves.</p>	<p>Sólo prevé una reducción en el desgaste de carreteras (condicionada a la distribución de carga entre ejes) y un aumento de los ingresos fiscales del Estado.</p>
--	--	--	---

Informe de síntesis del grupo de trabajo “Vehículos plus longs et plus lourds”, W.Debauche - D.Decock, 2007
Bélgica (Centre de recherches routières, Belgian Road Research Centre)

<p>Ahorro en t-km, pese al mayor consumo de combustible por km.</p>	<p>Ganancia de capacidad de carga y ahorro de combustible de hasta un 33% por t-km. No se observaron cambios en los ruidos producidos por los diferentes tipos de vehículos respecto a los que circulaban por las carreteras belgas.</p>	<p>Impacto total ligeramente positivo, por la reducción de peso a la negativa percepción del conductor no profesional.</p>	<p>Los resultados varían notablemente con la configuración del vehículo.</p> <p>Configuraciones con menor carga por eje son menos agresivas.</p>
---	--	--	--

Vehicle combinations based on the modular concept. Background and analysis, John Aurell and Thomas Wadman, Volvo Trucks, 2007.
(Nordic Road Association, Committee 54: Vehicles and Sports)

<p>Más del 18% de reducción del consumo de combustible y emisiones nocivas.</p>	<p>Combinaciones modulares tienen más estabilidad dinámica que los trenes de carretera actuales.</p>	<p>Las combinaciones modulares analizadas causan menos daño en el pavimento.</p>	<p>Análisis técnico de las ventajas del concepto modular de HCV (EMS).</p>
---	--	--	--

<p>Fahrdynamische Analyse innovativer Nfz-Konzepte (EuroCombi), 2007 Alemania {Automotive Industry Association (VDA) – Research Association for Automotive Technology (FAT)}</p>			
<p>Convertir en EuroCombis un 23% de los camiones alemanes que circulan reduciría 2,2 billones de vehículos-Km anuales. Los costes de operación se reducirían un 16%.</p>	<p>Un EuroCombi completamente cargado, consume un 15% menos de combustible por tonelada-Km que un camión de 40 Toneladas.</p>	<p>No se detectaron aumentos de riesgo en la seguridad vial.</p>	<p>Menor daño en el pavimento. Estudio de la Asociación Alemana de la Industria de Automóviles basado en la experiencia alemana.</p>
<p>Longer and heavier lorries (LHLs) and the environment; Position Paper, 2007 (Transport and Environment (T&E))</p>			
<p>Posible reducción del 20-25% de los costes, lo que fomentará una mayor demanda.</p>	<p>Elasticidad cruzada = 1,8 (FFCC.) y posibles efectos de rebote en el transporte de contenedores.</p>	<p>Más adecuada para cargas de gran volumen y bajo peso. Es crucial optimizar la capacidad de carga.</p>	<p>Es necesario adaptarlas Se trata de un 'position paper' (7 páginas).</p>

Estudios citados en NoMegatruck campaign como "independent research on gigaliners"

([NoMegatruck campaign](#) es una plataforma de "información" impulsada por organizaciones alemanas relacionadas con la protección del medio ambiente, sindicatos, unidos por su rechazo a los mega-camiones. Los contenidos de la web y su financiación los proporciona Allianz pro Schiene (alianza alemana para la promoción del transporte ferroviario, el medio ambiente y la seguridad, apoyada y financiada por empresas que operan en el sector ferroviario).)

Eficiencia transporte por carretera	Transferencia modal	Medio ambiente	Seguridad	Infraestructuras	Comentarios
<p>Long-Term Climate Impacts of the Introduction of Mega-Trucks, Fraunhofer ISI, 2008 Alemania {CER, Community of European Railway and Infrastructure Companies}</p>					
<p>Entre 20% y 30% de reducción potencial en los costes.</p>	<p>Reducción del 50% del transporte ferroviario de contenedores.</p>	<p>La introducción de HCV será negativa para el balance climático a medio plazo. Efectos de rebote pueden contrarrestar iniciales ventajas.</p>			<p>El análisis de Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research (ISI) se centra en el impacto sobre el transporte combinado. La incertidumbre de los parámetros del modelo hace que los resultados puedan ser muy diversos. El estudio también concluyó que la reducción del peso bruto máximo de 60 toneladas a 50 toneladas no es una alternativa eficiente.</p>
<p>Los HCV pueden captar hasta un 20-30% del volumen de carga (dependiendo del país).</p>	<p>Volumenes de tráfico perdido por el ferrocarril a causa de los HCV: > 3-5% menos mercancías a granel, incluida ind. pesada y química; > 10-15% menos en alimentación; > 20-30% de reducción tráfico continental de contenedores, y > 10-20% de reducción del tráfico marítimo de contenedores.</p>				

<p>Longer and/or Longer and Heavier Goods Vehicles (LHVs) – a Study of the Likely Effects if Permitted in the UK, TRL (Transport Research Laboratory), 2008, Reino Unido (DfT, Department for Transport)</p>			
<p>1/3 de los viajes con articulados es susceptible de pasar a HCV.</p> <p>Se considera el uso de HCV para "nichos" de mercado específicos.</p> <p>Alrededor del 5-10% de tonelada-kilómetro transportada por articulados podría pasar a HCV (es decir, una migración de alrededor de 11,8 millones de toneladas-km año).</p> <p>Reducción del 18-43% de costos operativos internos por t-km.</p>	<p>Importante de riesgo de cambio del ferrocarril a la carretera.</p> <p>Se trasladaría a los HCV un máximo de 8-18% del total de t-km ferroviarias (especialmente contenedores marítimos).</p> <p>No se espera cambio en transporte marítimo y fluvial.</p>	<p>Menos veh-km</p> <p>Más consumo por veh-km (hasta 71% para HCV de 82 t).</p> <p>8-28% menos fuel por unidad transportada, según escenario.</p> <p>Posible efecto adverso (según la configuración) por paso a HCV de demanda del FFCC.</p>	<p>Mayor riesgo de seguridad por vehículo (según la configuración del HCV), pero menor riesgo por unidad de mercancía.</p> <p>Con nuevas tecnologías se puede mitigar riesgos.</p> <p>Posible gran inversión en infraestructuras.</p> <p>Aumento o disminución del desgaste de la carretera según la configuración.</p> <p>Hay que investigar impactos en puentes.</p>
<p>Verkehrswirtschaftliche Auswirkungen von innovativen Nutzfahrzeugkonzepten, K+P Transport Consultants, 2007 Alemania (Ministerio federal de transportes)</p>			
<p>7 Billones de t-km se trasvasarían del ferrocarril a la carretera.</p>	<p>Reducción entre un 1,1% y 7% en las emisiones de CO₂.</p>	<p>Focalizado en los impactos de los HCV en el t. intermodal en Alemania.</p>	<p>Focalizado en los impactos de los HCV en el t. intermodal en Alemania.</p>
<p>Longer and heavier on german roads - Do Megatrucks contribute towards sustainable transport?, 2007 Alemania (UBA (Federal Environment Agency))</p>			
<p>Reducción del 20-25% del Coste por Tonelada transportada.</p>	<p>Hasta un 5% del transporte de mercancías pasa del ferrocarril a la carretera.</p>	<p>La eficiencia energética mejora hasta un 77%, por transportar mayor carga los vehículos, pero a un mayor peso de las emisiones contaminantes solo se reducirían con el vehículo completamente cargado y las emisiones nocivas se incrementarían debido a una mayor potencia de los motores y al incremento del número de ejes.</p>	<p>Mayor gravedad de los accidentes debido a un mayor peso de los vehículos.</p> <p>Impacto negativo en los puentes y la capacidad actual de los parking se vería reducida en un 20%.</p>
<p>Wettbewerbswirkungen der Einführung des Gigaliners auf den Kombinierten Verkehr, TIM Consult, 2006 (International Union of Combined Road-Rail Transport Companies (IURR) + German company Kombiverkehr)</p>			
<p>Reducción de costes del 20-25%.</p>	<p>Hasta un 55% menos transporte intermodal y 24% más transporte de mercancías por carretera.</p>	<p>'Position paper' (19 páginas) auspiciado por entidades vinculadas al ferrocarril, centrado en el transporte intermodal</p>	<p>'Position paper' (19 páginas) auspiciado por entidades vinculadas al ferrocarril, centrado en el transporte intermodal</p>
<p>Effects of Permitting New Vehicle Types on federal trunk road infrastructures, 2006 Alemania (BAST (Federal Highway Research Institute))</p>			
<p>Gran trasvase modal.</p>	<p>Mayor gravedad en caso de incendio en túnel por el mayor tamaño de los HCV.</p> <p>Mejoras tecnológicas en vehículos y vías pueden compensar la mayor gravedad en accidentes.</p>	<p>A partir de 8 ejes en el vehículo no hay daño esperado en el pavimento.</p> <p>Inversión para reforzar los puentes, rotondas, cruces y aparcamientos.</p>	<p>Estudio del Instituto de investigación de Autopistas de Alemania limitado al impacto en las infraestructuras de los HCV de 60 toneladas.</p>

**“INNOVAR EN LA GESTIÓN DE LA INTERACCIÓN
VEHÍCULO PESADO-CARRETERA”**

es un estudio elaborado por **Fundación Cetmo** por encargo de la **Dirección General de Transporte Terrestre del Ministerio de Fomento**.

Diciembre 2011

Fundación Cetmo

Av. Josep Tarradellas, 10, 7ª, E-08029 Barcelona

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

info@fundacioncetmo.org

www.fundacioncetmo.org