

# Transporte

Tendencias  
tecnológicas  
a medio y  
largo plazo



MINISTERIO  
DE CIENCIA  
Y TECNOLOGÍA



**OPTI**  
Observatorio de  
Prospectiva Tecnológica  
Industrial

Gregorio del Amo, 6  
28040 Madrid  
Tel: 91 349 56 38/42  
Fax: 91 349 56 74  
<http://www.opti.org>



Para la elaboración de este documento se ha partido de los resultados de los estudios Delphi llevados a cabo entre 1998 y 2001 en el sector "Transporte" dentro del Programa de Prospectiva dirigido por el Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial (OPTI). Con posterioridad, un Grupo de Trabajo integrado por expertos del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCYT), Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), de la Fundación INASMET, y del propio OPTI, han extraído las tendencias tecnológicas que marcarán el futuro del sector y sus tecnologías críticas asociadas.

En la elaboración de este documento han participado:

CDTI: D. Carlos de la Cruz

INASMET: D. Gotzon Azkárate

OPTI: D. Jesús Rodríguez Cortezo

© OPTI, MCYT, CDTI, INASMET  
ISBN: 0000000000  
Depósito Legal: 000000000

# Indice

INTRODUCCIÓN .....	4
MEGATENDENCIAS.....	12
Seguridad.....	13
Sostenibilidad.....	14
Intermodalidad.....	15
Interoperabilidad.....	16
Alta velocidad.....	17
Eficacia en la Fabricación y en la Explotación.....	18
TECNOLOGÍAS CLAVE.....	19

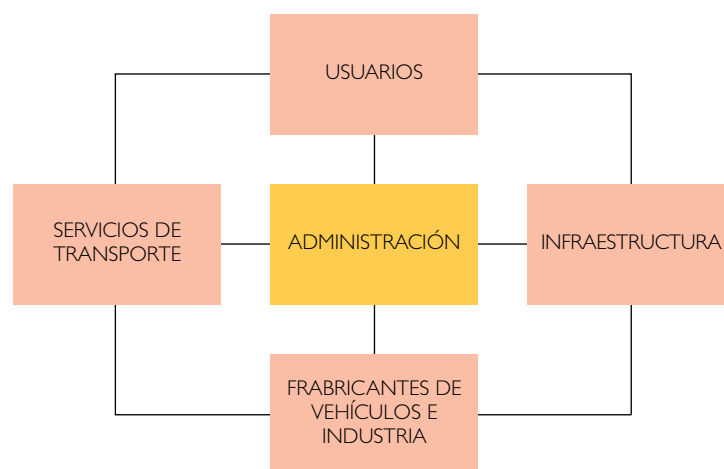
# Introducción

El transporte es un sistema complejo que exige -en cada uno de los sectores estudiados: aeronáutica, ffcc, naval y automoción-, la participación de múltiples actores con vinculaciones más o menos evidentes entre sí, a fin de garantizar que la movilidad de personas y mercancías pueda producirse con la mayor eficacia posible.

El desarrollo y puesta a punto de un sistema de transporte eficiente y competitivo resulta un elemento clave para la economía de cualquier país, ya que la actividad resultante adquiere una importancia capital no sólo por su propia aportación a la misma, sino también por su capacidad de condicionar la competitividad de la mayoría de los sectores productivos.

En España, la contribución del transporte a la economía nacional<sup>1</sup> representó, según datos de 1996, el 5,3% del PIB y empleó el 5,9% de la población activa. Paralelamente a esta aportación, se ha desarrollado un importante tejido industrial en torno a la fabricación de vehículos de motor, de material ferroviario, a la construcción naval y, a la construcción aeronáutica; que genera una cifra de negocios equivalente al 9,3% del PIB (1999) y emplea a unas 210.000 personas.


<sup>1</sup> Indicadores Económicos de los Transportes y las Comunicaciones (base 1995), Ministerio de Fomento



CUADRO I

	Empleo	Cifra de negocio, M €	% del PIB
Aeronáutica	11.300	1.521	0,27
FFCC	7.700	977	0,17
Naval	29.100	2.713	0,48
Automoción	158.100	47.141	8,4
TOTAL	206.200	52.352	9,32 %

INE



Tal como se viene apreciando en las últimas décadas, el crecimiento económico induce un aumento de la movilidad y ésta, a su vez, se manifiesta aflorando dos graves problemas: la polución y la congestión, que no pueden sino agravarse aún más -salvo que se adopten las adecuadas medidas correctoras-, vistas las previsiones de la UE de aumento de la movilidad (+24% para las personas y +38% para las mercancías, en el mejor de los escenarios previstos)<sup>2</sup> de aquí al 2010.


Juntamente con estos dos males, la exigencia incuestionable de una seguridad creciente y la búsqueda por parte de la industria y empresas del sector de una mayor eficiencia en la fabricación y en la explotación con las que aumentar su competitividad en los mercados -por supuesto globales-, configuran el marco básico de los grandes retos y problemas del transporte en los albores del nuevo milenio.

Desde una perspectiva europea, obviamente compartida por España<sup>3</sup> en los aspectos fundamentales, el desarrollo sostenible y la búsqueda del reequilibrado de los modos pa-

---

<sup>2</sup> Libro Blanco de la Política Europea de Transportes de cara al 2010: La hora de la verdad.

<sup>3</sup> Comparecencia ante la Comisión Mixta para la UE sobre el Libro Blanco de Transportes de la Unión Europea. Intervención del Ministro de Fomento, Francisco Álvarez-Cascos. Congreso de los Diputados 28-nov-01.



ra desacoplar el crecimiento económico del aumento de la movilidad, añaden a este marco dos premisas básicas para los futuros desarrollos del transporte.

Este panorama aparentemente sencillo encierra, sin embargo, una gran complejidad debido a la amplitud de la problemática abordada, la heterogeneidad de la misma, la diversidad de intereses puestos en juego, etc. El elevado número de factores que intervienen en la evolución del transporte, que van desde la aceptación social al desarrollo de infraestructuras pasando por la complejidad tecnológica de los más modernos sistemas aplicados al mismo, plantea numerosas incertidumbres sobre las soluciones que finalmente se irán adoptando en el futuro.

En este sentido, el estudio de prospectiva tecnológica industrial del transporte ayuda a reducir los niveles de incertidumbre citados identificando desde la perspectiva española los temas relevantes cuya materialización futura irá configurando la evolución (2000-2015) presumible del sector. Pero, además, el despliegue de los resultados obtenidos permite determinar por esta vía las tecnologías clave que es preciso desarrollar/impulsar para facilitar el logro de los pronósticos realizados y, cuya presentación constituye el objetivo principal de este documento.

## Metodología

Las tecnologías clave se deducen de los resultados obtenidos en los estudios de prospectiva tecnológica industrial de los sectores aeronáutico, ffcc, naval y de automoción, realizados por OPTI<sup>4</sup> entre los años 1998 y 2001, en los que se identificaron:

- los temas relevantes y tendencias de futuro de cada sector. Su puesta en común permite la definición de las megatendencias.
- las tecnologías necesarias para la materialización de estos temas.

Tal como se describe en la figura 2, las tecnologías clave han sido obtenidas mediante la aplicación de criterios de atractivo y capacidad de España, a las tecnologías necesarias para la materialización de los temas relevantes.

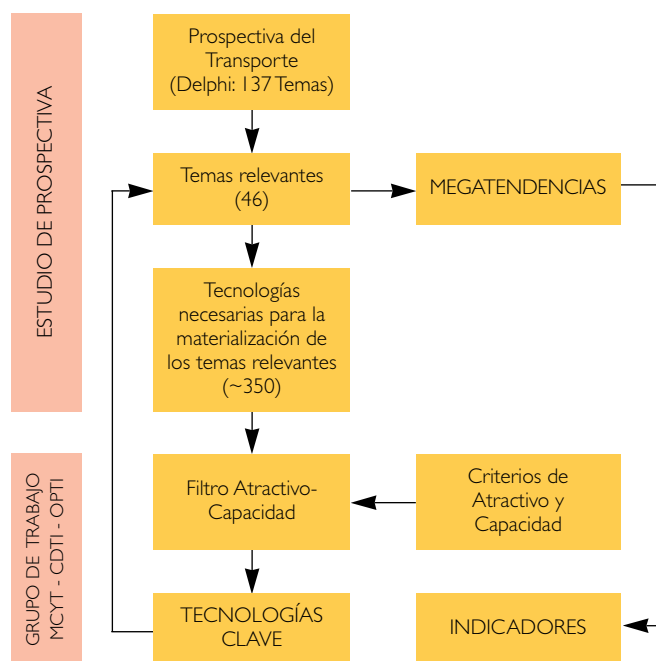
A tal fin, se estableció un Grupo de Trabajo MCYT-CDTI-OPTI, con la participación de INASMET como responsable de la ejecución de los trabajos de prospectiva del transporte, con la responsabilidad de definir<sup>5</sup> y aplicar el citado filtro, y proponer un conjunto de indicadores que puedan utilizarse para establecer el grado de acercamiento o alejamiento de los futuros previstos.

Como consecuencia del filtrado realizado, algunos de los temas considerados como relevantes en el estudio de prospectiva quedan relegados a un segundo nivel ya que las propuestas tecnológicas que de ellos derivan no superan el listón de los atractivos y capacidades de España. No obstante, se ha optado por incluir en el Cuadro 2 los temas relevantes de todos los estudios de prospectiva del transporte, diferenciando mediante colores aquellos que han superado el filtro de los que no lo han hecho.

<sup>4</sup> 1º, 2º y 3º Informe de Prospectiva Tecnológica Industrial. OPTI ([www.opti.org](http://www.opti.org)).

<sup>5</sup> Estos criterios fueron definidos basándose en la metodología aplicada en: "Technologies Clés 2005, Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, Francia ([www.industrie.gouv.fr](http://www.industrie.gouv.fr))".

FIGURA 2

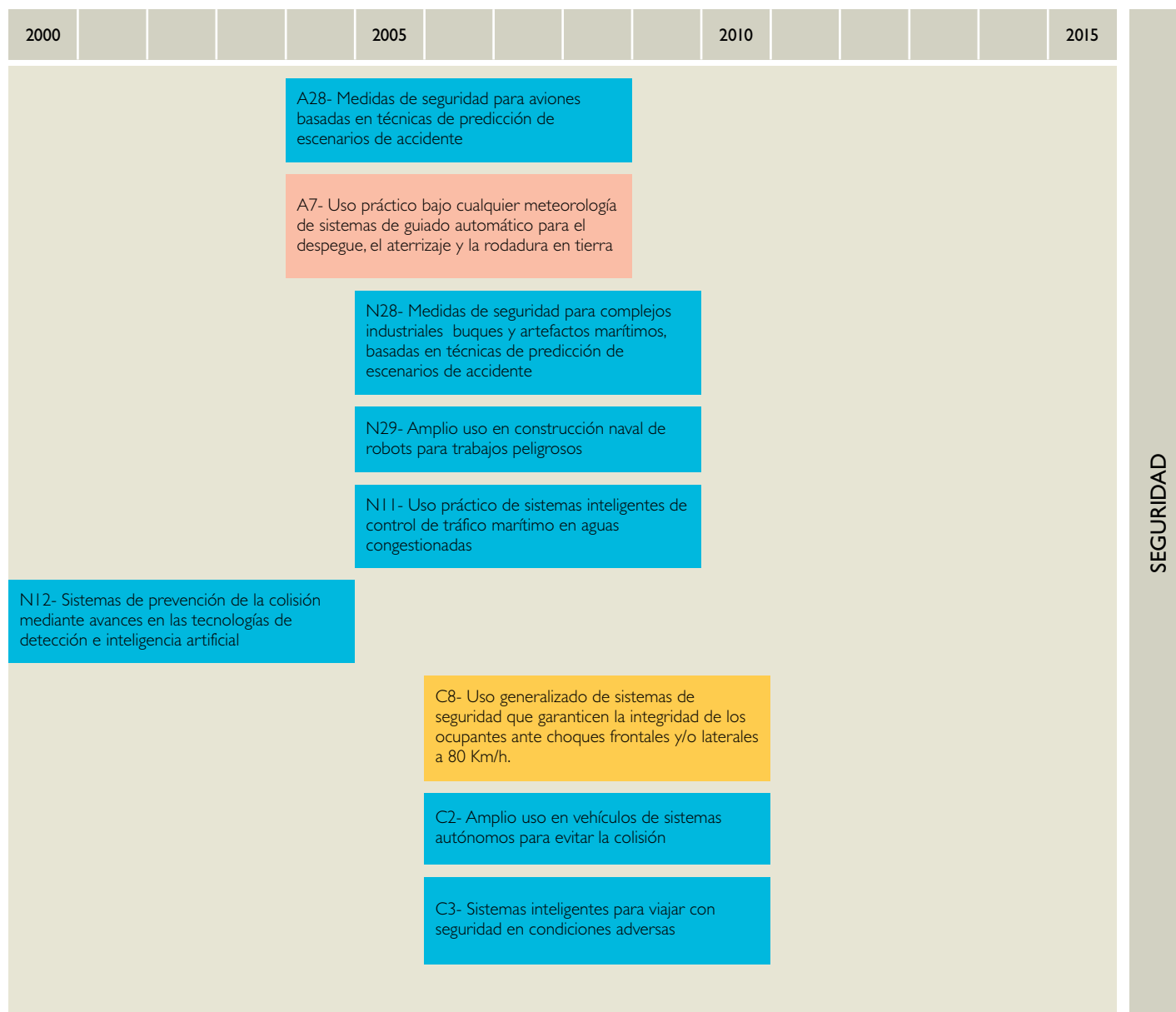


## Resultados:

A continuación se describen los resultados obtenidos manteniendo el orden siguiente:

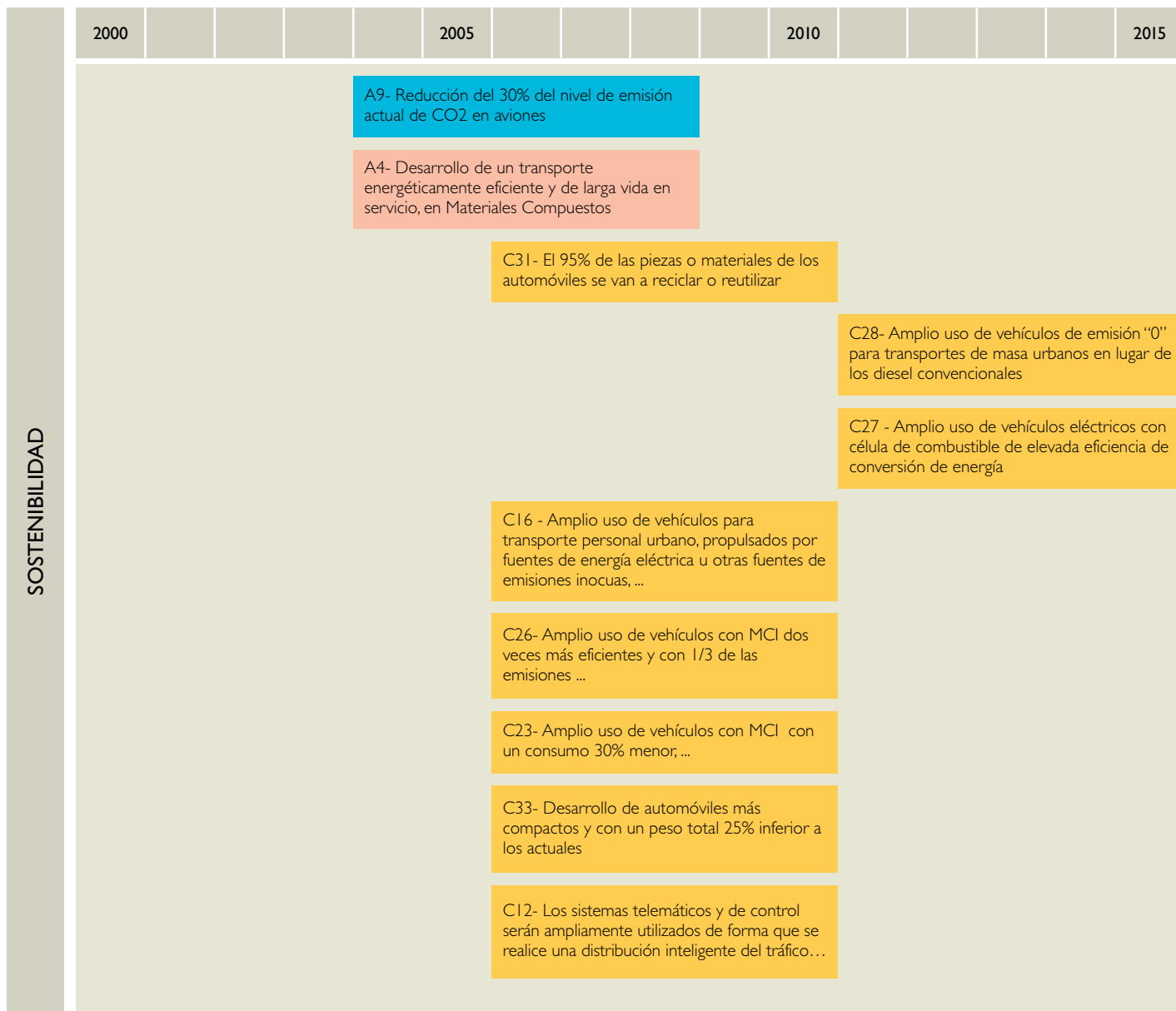
- **Megatendencias:** se realiza una descripción de los principales retos asumidos en torno a cada una de las seis megatendencias señaladas, proponiendo algunos indicadores para cada caso.
- **Tecnologías Clave:** los Cuadros 4 a 9 recogen las tecnologías retenidas como clave en cada una de las tendencias

CUADRO 2- TEMAS RELEVANTES DEL ESTUDIO DE PROSPECTIVA, ORDENADOS POR MEGATENDENCIAS



Aeronáutica (A)
  FFCC (F)
  Naval (N)
  Automoción (C)
  Temas relegados por el filtro

CUADRO 2- TEMAS RELEVANTES DEL ESTUDIO DE PROSPECTIVA, ORDENADOS POR MEGATENDENCIAS



Aeronáutica (A)
  FFCC (F)
  Naval (N)
  Automoción (C)
  Temas relegados por el filtro

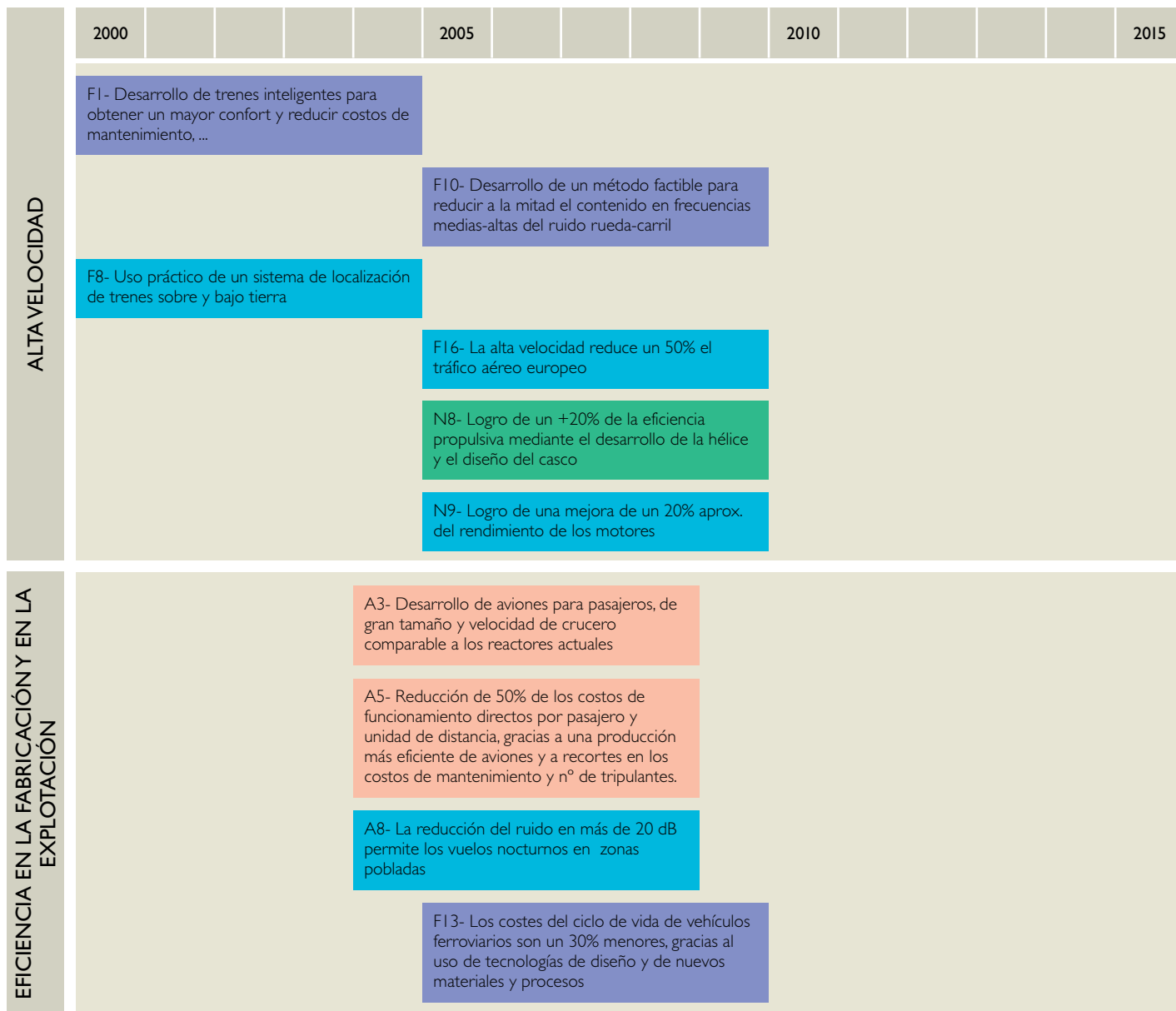


CUADRO 2- TEMAS RELEVANTES DEL ESTUDIO DE PROSPECTIVA, ORDENADOS POR MEGATENDENCIAS

2000					2005					2010					2015																	
																SOSTENIBILIDAD																
																	<p>C30- Tecnologías limpias de escape en camiones para reducir hasta 1/10 del nivel de emisión actual</p> <p>C22- El 10% del combustible generado por fuentes renovables</p>															
																INTERMODALIDAD																
																	<p>F17- Intermodalidad con los sistemas individualizados de transporte para ampliar el puerta a puerta</p> <p>F3- Uso práctico de un sistema con el que los camiones se conviertan en trenes</p> <p>N18- El uso práctico de nuevas infraestructuras o de procedimientos-instalaciones más efectivas de manipulación de carga (o ambas) reduce un 30% el coste de la interfaz barco-puerto</p>															
																INTEROPERABILIDAD																
																	<p>A6- Desarrollo internacional de nuevos métodos de gestión de tráfico aéreo, tecnologías y normativa, para aumentar con seguridad la capacidad del espacio aéreo europeo</p> <p>F15- Interoperabilidad de los sistemas ferroviarios de alta velocidad europeos</p>															
																ALTA VELOCIDAD																
																	<p>F2- Uso práctico de un sistema que permita circular a los vehículos motorizados en vías de ancho diferente</p> <p>F7- Uso práctico de sistemas de transporte rueda-carril para viajes interurbanos a mas de 350km/h</p>															

■ Aeronáutica (A)    
 ■ FFCC (F)    
 ■ Naval (N)    
 ■ Automoción (C)    
 ■ Temas relegados por el filtro

CUADRO 2- TEMAS RELEVANTES DEL ESTUDIO DE PROSPECTIVA, ORDENADOS POR MEGATENDENCIAS



■ Aeronáutica (A)    
 ■ FFCC (F)    
 ■ Naval (N)    
 ■ Automoción (C)    
 ■ Temas relegados por el filtro

CUADRO 2- TEMAS RELEVANTES DEL ESTUDIO DE PROSPECTIVA, ORDENADOS POR MEGATENDENCIAS

2000					2005					2010					2015
					F19- La modularización y estandarización de los trenes permite reducir en un 50% el plazo entrega actual										
					F21- Desarrollo de materiales M0 y F0 de bajo coste y fácilmente conformables										
					F14- Uso práctico, sin comprometer la seguridad, de vehículos que usan materiales ligeros y unidades de potencia y auxiliares de reducido volumen, para reducir el peso del vehículo en un 50%										
					N6- Uso práctico en construcción naval de sistemas CIM, reduciendo 50% de los costes de personal										
					N27- Amplio uso en construcción naval de sistemas de diseño y fabricación descentralizados basados en la internacionalización y la conexión en red										
					N13- Uso práctico de navíos de gran fiabilidad capaces de funcionar 5 años sin paradas por mantenimiento										
					C34- Los costes de fabricación y montaje de vehículos son, en términos reales, 30% inferiores principalmente debido al diseño y al uso de nuevos materiales y procesos										
					C35- Los tiempos de desarrollo de nuevos vehículos son inferiores a 18 meses, gracias a las TIC y a los sistemas avanzados de diseño y fabricación (flexible), y a la normalización de grandes componentes en vehículos										

EFICIENCIA EN LA FABRICACIÓN Y EN LA EXPLOTACIÓN

Aeronáutica (A)
  FFCC (F)
  Naval (N)
  Automoción (C)
  Temas relegados por el filtro



# Megatendencias

La puesta en común de los temas relevantes de los estudios de prospectiva de cada uno de los sectores, permite la agrupación de los mismos en torno a las siguientes seis grandes tendencias de futuro designadas como megatendencias:

SEGURIDAD  
SOSTENIBILIDAD  
INTERMODALIDAD  
INTEROPERABILIDAD  
ALTA VELOCIDAD  
EFICIENCIA EN LA FABRICACIÓN Y EN  
LA EXPLOTACIÓN

No obstante, algunos de los temas podrían acomodarse igual de bien en más de uno de los campos citados dada la ambivalencia de su enunciado. Por ejemplo, 'la reducción del 30% del coste de la interfaz barco/puerto mediante el uso de nuevas infraestructuras...' (tema NI8), ha sido tratada como un tema de intermodalidad, aunque podría incluirse igualmente como un tema propio de la eficiencia en la explotación. En estos casos, cada tema ha sido asociado a una sola megatendencia a fin de no sobrecargar el texto, entendiendo que el lector dispone de criterios suficientes para descubrir otras asociaciones posibles.

# Seguridad

La seguridad es una de las preocupaciones mayores no sólo de los usuarios sino también de todos los actores del sistema de transporte en su globalidad.

La magnitud fundamental que determina la importancia de la seguridad viene dada por el coste en vidas humanas imputables a los accidentes que ocurren en los diferentes modos de transporte. La consideración de otros costes, como los económicos (~2,5% del PIB de la UE), los sociales y los medioambientales, refuerza el valor de la seguridad como eje de acción prioritaria en los desarrollos futuros del transporte.

**CUADRO 3. N° DE VÍCTIMAS MORTALES (1999)**

	España	UE
Carretera	5.738	42.122
FFCC	1*	186*
Aviación		52
Mar	84**	403

\* 1998; \*\* Dirección Gral. de Marina Mercante

Bajo estos criterios, es evidente que la carretera resulta, por mucho, el medio más peligroso y exige el desarrollo de medidas de amplio espectro para reducir significativamente el número de accidentes (seguridad primaria) y evitar los daños personales sufridos en los mismos (seguridad secundaria). Los desarrollos futuros deberán abordar ambos conceptos considerando tanto la evolución de los factores externos (infraestructuras, formación, etc.) como la incorporación a los vehículos de nuevas tecnologías que refuercen su seguridad, priorizando el 'uso generalizado en vehículos nuevos de sistemas de seguridad que garanticen la integridad de los ocupantes ante choques frontales y/o laterales a 80 Km/h'.

En contraposición a la carretera, los otros modos de transporte resultan mucho más seguros pero, aún así, la noción

de riesgo persiste y el impacto social de los siniestros es, incluso, mucho mayor que en el caso anterior, por lo que la seguridad sigue siendo un planteamiento básico aunque con prioridades que difieren de uno a otro sector.

En el caso del transporte aéreo, con un elevado nivel intrínseco de seguridad basado en el cumplimiento de estrictas exigencias de certificación de los aviones y de normas operacionales, los objetivos perseguidos tratan de resolver -en un funcionamiento normal<sup>6</sup> del sistema- las amenazas a la seguridad provenientes de la saturación del espacio aéreo y de la congestión de los aeropuertos derivada de la fuerte tasa de crecimiento de la flota. Las soluciones propuestas deberán garantizar y aumentar la capacidad y la seguridad del transporte aéreo desde la perspectiva de la creación del cielo único europeo y, por lo tanto, deberán cumplir los criterios de interoperabilidad que se definan desde la UE. En consecuencia, los expertos consideran necesario impulsar los desarrollos tecnológicos que conduzcan a la mejora de los métodos de gestión de tráfico (véase también "interoperabilidad") y permitan sobre todo el 'uso práctico bajo cualquier meteorología de sistemas de guiado automático para el despegue, el aterrizaje y la rodadura en tierra'.

## Indicadores:

- N° de accidentes
- N° de víctimas
- Hitos en el desarrollo e implantación de sistemas de guiado automático de aviones ("A-SMGCS")
- N° de vuelos cancelados (meteorología)
- N° de horas de cierre de los aeropuertos por causas climatológicas

<sup>6</sup> El estudio se realizó con anterioridad a los ataques terroristas del 11 de septiembre en los Estados Unidos, por lo que no contempla el impacto de estos acontecimientos.

# Sostenibilidad

Junto al incremento indiscutible de la movilidad de personas y mercancías, la sociedad ha ido descubriendo la gravedad de sus efectos negativos en el ambiente, la salud, los recursos, etc. El término 'sostenibilidad' sintetiza la inaceptabilidad del crecimiento a cualquier precio, sin considerar los impactos negativos del mismo en el entorno y en la propia sociedad.

En el presente estudio, bajo esta tendencia se han agrupado los temas orientados a dar respuesta a los problemas derivados tanto de la emisión de gases contaminantes en motores de combustión interna (MCI), como de la dependencia de los combustibles fósiles, o de la reciclabilidad de los vehículos.

En el primer caso se consideran fundamentalmente la polución de los gases de efecto invernadero -principalmente CO<sub>2</sub>-, y la polución del aire en zonas urbanas por otras emisiones contaminantes (CO, NO<sub>x</sub>, Compuestos Orgánicos Volátiles, Partículas Metálicas, etc.). En ambos aspectos el transporte por carretera es la responsable de entre el 80 y 90% del total de las emisiones imputables al consumo energético del transporte (28% del CO<sub>2</sub>, 62% del CO, 52% del NO<sub>x</sub>, 35% de los VOC, etc.)

Con respecto al segundo punto, la reducción de los consumos en los vehículos con MCI y la utilización de combustibles de sustitución procedentes de fuentes de energías renovables paliaría la dependencia energética de los combustibles fósiles y redundaría en una disminución de la polución.

Las estrategias planteadas a corto-medio plazo para hacer frente a los puntos anteriores se centran en el aligeramiento de aviones (materiales compuestos) y automóviles, en el desarrollo de vehículos con MCI más eficientes y menos contaminantes y, finalmente, en el uso de sistemas telemáticos y de control para que se realice una distribución inteligente del tráfico aprovechando de forma racional las in-

fraestructuras disponibles. En las estrategias a más largo plazo (>10 años) se contempla el desarrollo de vehículos eléctricos a baterías o con células de combustible.

Por último, la reciclabilidad de los vehículos en su fin de vida afecta sobre todo al sector de automoción habida cuenta de la dimensión adquirida por el parque móvil (~17 millones de vehículos en España y 173 M en la UE) y la dificultad de reciclar o reutilizar volúmenes crecientes de piezas y materiales utilizados en los mismos. El objetivo perseguido en este caso busca que el 95% de las piezas o materiales se reciclen o reutilicen.

## Indicadores:

- Estadística sobre % de gases contaminantes emitidos a la atmósfera
- Fecha real de entrada en vigor de la normativa EURO IV
- Fecha real de entrada en vigor de la normativa europea de reciclado de vehículos
- Creación y evolución de los CARD (Centros Autorizados de Recepción y Descontaminación de Vehículos)
- Evolución del reparto (%) de materiales utilizados en los vehículos
- Evolución del nº de vehículos eléctricos del parque
- Incorporación de sistemas inteligentes en nuevos vehículos

# Intermodalidad

El transporte en la UE se caracteriza por el aumento incesante de la movilidad y el desequilibrio creciente de la contribución de los diferentes modos a esta movilidad de viajeros y mercancías. Esta ineficiencia del sistema se traduce en importantes problemas de congestión, polución e inseguridad debido sobre todo al peso excesivo del transporte por carretera y a la mala explotación del potencial de otros modos, como el ferrocarril o el naval, mucho más seguros y respetuosos con el medioambiente.

La intermodalidad es, sin duda, una de las claves para la solución de este problema por sus incuestionables ventajas en cuanto a ahorros energéticos, rentabilidad, seguridad y respeto al medioambiente. La consolidación de la intermodalidad para reequilibrar la distribución de viajeros y mercancías entre los diferentes modos y explotar al máximo las capacidades existentes constituye, desde su adopción en el Consejo europeo de Goteborg (15-06-01), el núcleo de la estrategia del desarrollo sostenible del transporte.

El ferrocarril posee, en este contexto, un enorme potencial por sus evidentes cualidades y su capacidad de interactuar con el resto de los modos y absorber cuotas importantes del transporte.

Dentro de esta tendencia los expertos consideran que, de aquí al 2009, se ampliará la oferta del 'puerta a puerta' mediante la intermodalidad de los sistemas ferroviarios de larga distancia con los sistemas individualizados de transporte. Los desarrollos tecnológicos previstos deberán contemplar tanto la adecuación de las infraestructuras a las necesidades de transferencia, como el diseño de nuevos vehículos y, el uso extensivo de las tecnologías de la información y comunicaciones que hagan posible una planificación dinámica y una gestión eficaz del transporte intermodal.

El transporte marítimo es otro de los elementos clave de la intermodalidad. Su enorme capacidad de transporte a lo largo de costas y vías fluviales europeas representa una au-

téntica alternativa competitiva a los recorridos terrestres y, sin embargo, está claramente infrautilizada debido al déficit intermodal en los puertos -principalmente con el ffcc y las vías fluviales- que dificulta el transbordo y posterior tránsito sin interrupción de las mercancías.

Como consecuencia, una parte muy significativa del coste total del transporte marítimo se produce durante la estancia del buque en puerto debido a la ralentización de la cadena de manipulación y transbordo de cargas. Por ello se pronostica el uso práctico de infraestructuras o de procedimientos-instalaciones más efectivas de manipulación de carga (o ambos) con el fin de reducir en un 30% el coste de la interfaz barco-puerto. A fin de alcanzar este objetivo será preciso desarrollar sistemas automatizados de carga-descarga tanto en el buque como en el puerto, así como tecnologías avanzadas de localización y gestión logística.

## Indicadores:

- Evolución del % de mercancías que se transportan por FFCC y por Mar
- N° de proyectos en infraestructuras intermodales

# Interoperabilidad

La interoperabilidad es una necesidad insoslayable para el correcto funcionamiento de los diferentes modos de transporte en la perspectiva transnacional europea. Menos sentida en la carretera, la armonización técnica y administrativa es una urgencia para las redes ferroviarias transeuropeas y una prioridad importante para los sistemas de gestión de tráfico, de señalización y de comunicación de todos los modos considerados.

La mayoría de las redes ferroviarias europeas fueron construidas bajo la perspectiva de los intereses nacionales y poseen diferencias significativas en sus características de electrificación y señalización y, en la península, de ancho de vía. Por ello, la eliminación de las fronteras entre estados miembro de la UE no ha supuesto en sí misma una ventaja competitiva para el ferrocarril (a diferencia de lo ocurrido con otros modos de transporte) dadas las numerosas barreras técnicas y reglamentarias, que conlleva el cambio de una administración a otra, y la ausencia de una interoperabilidad total del material rodante.

En el caso de la alta velocidad ferroviaria, a la que prácticamente toda la UE ha accedido a lo largo de los años noventa, sus infraestructuras -aún en desarrollo- arrastran algunas de estas diferencias que es preciso superar. Los expertos españoles que han participado en la consulta consideran a la interoperabilidad de los sistemas ferroviarios de alta velocidad europeos como el tema más importante de los planteados, perfilándola como una de las fuerzas conductoras del desarrollo ferroviario de la próxima década. Consecuentemente, el desarrollo tecnológico de los próximos años deberá contribuir al logro de una interoperabilidad completa entre infraestructuras, vehículos, etc., mediante el despliegue del sistema europeo de gestión de tráfico (ERTMS), la integración de las características de diseño y construcción de las vías, y las especificaciones del material rodante en consonancia con las directivas 96/48/CE y 2001/16/CE

relativas a la interoperabilidad de los sistemas ferroviarios transeuropeos de alta velocidad y convencionales.

Con una lógica similar a la descrita, los espacios aéreos nacionales de la UE fueron desarrollándose desde la óptica de los intereses de la industria y la defensa de cada uno de sus miembros. Los efectos de la fragmentación de sistemas, normas y equipos de a bordo y de tierra, aunque mitigados por los servicios de Eurocontrol, limitan las posibilidades de combatir eficazmente la saturación actual del espacio aéreo. El desarrollo internacional de nuevos métodos de gestión de tráfico aéreo, tecnologías y normativa para aumentar considerablemente y con seguridad la capacidad del espacio aéreo europeo debe garantizar la armonización de los procedimientos operacionales y la interoperabilidad de los equipos de a bordo y de tierra. Bajo esta perspectiva, el desarrollo en seguridad del 'cielo único europeo' exige la rápida introducción de nuevas tecnologías y métodos de trabajo basadas en la navegación global por satélite, y los sistemas avanzados de comunicación de datos y de gestión de tráfico (ATM).

## Indicadores:

- Grado de aplicación de las directivas de la UE en las infraestructuras españolas
- Cumplimiento de las fechas de entrada en vigor del Cielo Único Europeo



# Alta velocidad

Aunque la evolución hacia la alta velocidad del transporte ferroviario y marítimo es un hecho constatable desde hace ya varias décadas, en la actualidad sigue siendo para ambos sectores uno de los motores básicos de su desarrollo. La ya de por sí elevada capacidad de transporte de viajeros y mercancías de ambos modos ve multiplicada sus opciones al aumentar de esta forma los atractivos de su oferta.

En el caso de la alta velocidad ferroviaria, su desarrollo en España es más una realidad que un pronóstico incierto. Sin embargo, el desarrollo futuro de los trenes de alta velocidad requiere a su vez de diversos avances en sistemas de alto nivel tecnológico entre los que principalmente se han señalado los siguientes:

En primer lugar y con el pronóstico de una pronta materialización (antes del 2004) se da prioridad a estos dos temas: el uso práctico de sistemas que permitan circular a los vehículos motorizados sobre vías de ancho diferente, del que ya se han desarrollado en España varias soluciones técnicas que compiten en el mercado; y el desarrollo de trenes inteligentes para mejorar el confort y reducir los costos de mantenimiento.

En segundo lugar y con un pronóstico a más largo plazo (2005-2009) se propone el desarrollo de un método factible para reducir a la mitad el contenido en frecuencias medias-altas del ruido percibido del sistema rueda-raíl, así como el uso práctico de sistemas de transporte rueda-carril que combinan las tecnologías de vehículo y de infraestructura para viajes interurbanos a 350 Km/h, donde básicamente ya existen las tecnologías necesarias pero cuyo uso práctico requiere aún del desarrollo y experimentación de problemáticas propias de la alta velocidad y, del desarrollo de criterios de homologación del sistema para velocidades superiores a las citadas.

Con respecto al transporte marítimo, el desarrollo de la alta velocidad en buques constituye un importante desafío

que, en contrapartida, redundará en una mayor eficiencia en la explotación de los navíos. A pesar de los avances conseguidos en los últimos años la eficiencia en la propulsión continuará siendo una meta importante para el desarrollo naval, que se plantea el logro de un 20% de aumento de la misma mediante avances tecnológicos en el desarrollo de la hélice y el diseño de la forma-superficie del casco.

Paralelamente, el uso práctico de sistemas para la prevención de la colisión y de sistemas inteligentes de control de tráfico marítimo contribuirá a la creación de auténticas "autopistas marinas" que, a su vez, potenciarán el desarrollo en seguridad del tráfico marítimo a alta velocidad.

## Indicadores:

- N° de vehículos con sistema de cambio de ancho de vía
- Desarrollo de trenes inteligentes: seguimiento de publicaciones al respecto
- Ruido: patentes logradas por las empresas españolas

# Eficiencia en la Fabricación y en la Explotación

En definitiva, el logro de mayores cotas de competitividad. Los fabricantes de vehículos y, por extensión, toda la industria del transporte independientemente del sector considerado, deberán abordar el desarrollo de sus productos desde la doble premisa de la eficiencia en la fabricación y en la explotación. En el primer caso se trata de mejorar la productividad y la competitividad de la industria como medio de subsistencia en los mercados globales; en el segundo, de aumentar el atractivo de su oferta desarrollando soluciones innovadoras que permitan la explotación eficiente de los medios de transporte.

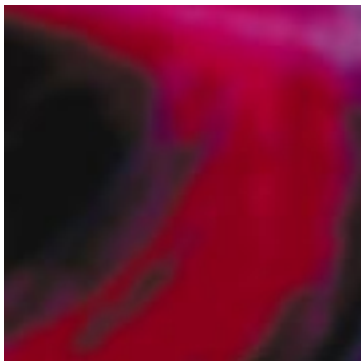
Cara a la eficiencia en la fabricación, los objetivos básicos propuestos en todos los sectores son la reducción de los costos y de los tiempos de desarrollo y fabricación de los vehículos gracias a los sistemas avanzados de diseño y fabricación, al uso de nuevos materiales y procesos, a la modularización y normalización de componentes, etc.

Con respecto a la eficiencia en la explotación, cada sector aborda esta tendencia con propuestas específicas diferenciadas como el desarrollo de aviones para pasajeros, de gran tamaño y velocidad de crucero comparable a la de los reactores actuales, en el sector aeronáutico; o el aligeramiento (50%) de vehículos ferroviarios, en el FFCC; o como en el caso del sector naval mediante el uso práctico de navíos de gran fiabilidad capaces de funcionar 5 años sin paradas por mantenimiento.

## Indicadores:

- Evolución del tiempo medio de desarrollo de un nuevo vehículo
- Evolución de los sectores: cifra de ventas de los fabricantes de vehículos, nº de unidades producidas
- N° de pasajeros de los nuevos aviones A 3XX

# Tecnologías clave



La disparidad y abundancia de las tecnologías inicialmente planteadas (~350) y las evidentes diferencias entre los citados sectores, aconsejaban -a fin de facilitar su tratamiento y presentación-, el agrupamiento de las mismas en áreas tecnológicas afines a todo tipo de vehículo (avión, tren, barco o automóvil). En consecuencia y a pesar de la multidisciplinaridad de algunas de las propuestas, cada una de las tecnologías fue asociada a uno y sólo a uno de los grupos siguientes: Diseño, Sistemas de Vehículo, Propulsión, TIC y Electrónica, Materiales, Fabricación, Otros (este último grupo incluye fundamentalmente aspectos de certificación y normativos, así como las tecnologías relacionadas con el mantenimiento y los ensayos no-destructivos).

Los cuadros 4 a 9, descritos a continuación, recogen las tecnologías clave obtenidas con esta metodología, ordenándolas para cada megatendencia en función de los temas asociados a la misma y de los grupos tecnológicos citados.



## Tecnologías Clave asociadas a la tendencia de Seguridad

TEMA	DISEÑO	SISTEMAS
A7- Uso práctico bajo cualquier meteorología de sistemas de guiado automático para el despegue, el aterrizaje y la rodadura en tierra /2004-8		
C8- Uso generalizado de sistemas de seguridad que garanticen la integridad de los ocupantes ante choques frontales y/o laterales a 80 Km/h. / 2006-2010	Diseño avanzado de arquitecturas de vehículo y simulación atendiendo criterios biomecánicos y de seguridad de pasajeros	Sistemas avanzados de protección y retención

PROPULSIÓN	TIC-ELECTRÓNICA	MATERIALES	FABRICACIÓN	OTROS
	<p>Sistemas avanzados de control y gestión de movimientos de rodadura, despegue y aterrizaje (A-SMGCS)</p> <p>Desarrollo y aplicación de tecnologías de navegación global por satélite (GALILEO SAT, GNSS)</p>			
	Sistemas electrónicos de seguridad fiables y robustos	Materiales estructurales de elevada capacidad de absorción de energía y revestimientos de baja agresividad para las personas		

## Tecnologías Clave asociadas a la tendencia de Sostenibilidad

TEMA	DISEÑO	SISTEMAS
<p>A4- Desarrollo de un transporte energéticamente eficiente y de larga vida en servicio, en Materiales Compuestos / 2004-2008</p>		
<p>C31- El 95% de las piezas o materiales de los automóviles se van a reciclar o reutilizar / 2006-2010</p>	<p>Diseño para reciclado y reutilización y sus procesos</p>	
<p>C28- Amplio uso de vehículos de emisión "0" para transportes de masa en áreas urbanas en lugar de los diesel convencionales/ 2011-2015</p> <p>C27 - Amplio uso de vehículos eléctricos portando células de combustible que tienen una elevada eficiencia de conversión de energía / 2001-2015</p> <p>C16 - Amplio uso de vehículos para transporte personal urbano, propulsados por fuentes de energía eléctrica u otras fuentes de emisiones inocuas, soportados por instalaciones de recarga rápida y segura en terminal y/o en ruta /2006-2010</p>	<p>Desarrollo de nuevos conceptos de vehículo para sistemas alternativos de propulsión (VE,VEH,VEB, VECC)</p>	
<p>C26- Amplio uso de vehículos con MCI dos veces más eficientes y con 1/3 de las emisiones actuales de contaminantes regulados / 2006-2010</p> <p>C23- Amplio uso de vehículos con MCI con un consumo 30% menor que el de los vehículos actuales, gracias a la reducción de peso y al aumento del rendimiento / 2006-2010</p> <p>C33- Desarrollo de automóviles más compactos y con un peso total 25% inferior a los actuales / 2006-2010</p>	<p>Desarrollo de herramientas avanzadas de diseño, cálculo, simulación y optimización para la reducción de peso y volumen de estructuras, carrocerías, componentes y sistemas</p>	<p>Desarrollo de nuevas estructuras de motor con accionamientos eléctricos como estrategia de reducción de peso</p>
<p>C12- Los sistemas telemáticos y de control serán ampliamente utilizados de forma que se realice una distribución inteligente del tráfico en los diferentes sistemas de transporte, para emplear la infraestructura de una manera racional / 2006-2010</p>		

PROPULSIÓN	TIC-ELECTRÓNICA	MATERIALES	FABRICACIÓN	OTROS
		<p>Diseño y desarrollo de materiales y estructuras inteligentes</p> <p>Desarrollo de métodos de predicción y ensayo de estructuras primarias en materiales compuestos</p> <p>Tecnologías avanzadas de fabricación en materiales compuestos</p>		Desarrollo de tecnologías avanzadas de evaluación no destructiva para diagnóstico in situ de vida residual
	Desarrollo logístico para el reciclado y la reutilización	Desarrollo de componentes económicamente reciclables		
<p>Desarrollo técnico de reformadores o convertidores más compactos y eficaces</p> <p>Mejora de la densidad de potencia, reducción de costos y optimización de prestaciones en células de combustible</p>	Electrónica de potencia y sistemas de gestión electrónica global	Nuevos materiales para sistemas de propulsión alternativos (baterías, células de combustible, etc.)		
<p>Tecnologías avanzadas para motores de combustión interna y tratamiento de los gases de escape</p> <p>Sistemas de recuperación de energía</p>	<p>Optimización de la arquitectura eléctrica y electrónica (alimentación a 42 V, accionamientos, instrumentación, etc.)</p> <p>Sistemas embarcados de diagnóstico (EOBD: European On Board Diagnosis) y gestión integral de los ciclos de consumo</p>	<p>Desarrollo de materiales más ligeros (Al, Mg, Composites, ...) y con prestaciones equivalentes o mejoradas con respecto a los materiales convencionales</p> <p>Desarrollo de catalizadores y filtros de partículas</p> <p>Desarrollo de sistemas de unión</p> <p>Desarrollo de materiales y lubricantes avanzados para la reducción de pérdidas por rozamiento. Tribología</p>		
	<p>Desarrollo de infraestructuras de tráfico equipadas con como mínimo los medios telemáticos actuales</p> <p>Desarrollo de sistemas amigables de comunicación e información al conductor</p>			



## Tecnologías Clave asociadas a la tendencia de Intermodalidad

TEMA	DISEÑO	SISTEMAS
F17- Intermodalidad para ampliar el puerta a puerta / 2005-2009	Sistemas inteligentes para la transferencia de mercancías	
N18- El uso práctico de nuevas infraestructuras o de procedimientos-instalaciones más efectivas de manipulación de carga (o ambas) reduce un 30% el coste de la interfaz barco-puerto / 2005-2009	Desarrollo de sistemas automatizados de carga/descarga tanto en el buque como en el puerto	

## Tecnologías Clave asociadas a la tendencia de Interoperatibilidad

TEMA	DISEÑO	SISTEMAS
A6- Desarrollo internacional de nuevos métodos de gestión de tráfico aéreo, tecnologías y normativa, para aumentar considerablemente y con seguridad la capacidad del espacio aéreo europeo / 2004-2008		
F15- Interoperabilidad de los sistemas ferroviarios de alta velocidad europeos / 2005-2009		Desarrollo de sistemas avanzados de rodadura de ancho variable



PROPULSIÓN	TIC-ELECTRÓNICA	MATERIALES	FABRICACIÓN	OTROS
	Tecnologías avanzadas de localización y gestión logística			
	Herramientas avanzadas de gestión logística  Tecnologías avanzadas de localización para la gestión de contenedores			

PROPULSIÓN	TIC-ELECTRÓNICA	MATERIALES	FABRICACIÓN	OTROS
	Desarrollo y aplicación de software avanzado de gestión de tráfico aéreo (ATM)  Desarrollo y aplicación de tecnologías de navegación global por satélite (GALILEO SAT, GNSS)  Sistemas y redes de comunicación avanzadas (CNS)			
	Desarrollo de sistemas de señalización y comunicaciones (ETCS, ERTMS, GSM-R)			Especificaciones técnicas para la interoperabilidad

## Tecnologías Clave asociadas a la tendencia de Alta velocidad

TEMA	DISEÑO	SISTEMAS
F2- Uso práctico de un sistema que permita circular a los vehículos motorizados en vías de ancho diferente / 1999-2004		Desarrollo de tecnologías de cambio de ancho de vía en ejes motor y ejes remolcados  Desarrollo de tecnologías de cambio de catenaria
F7- Uso práctico de sistemas de transporte rueda-carril para viajes interurbanos a velocidades superiores a >350km/h / 2005-2009	Desarrollo teórico y experimental para aerodinámica ferroviaria  Atenuación de ruido aerodinámico	Desarrollo de cojinetes para muy alta velocidad  Nuevos desarrollos de sistemas de freno
F1- Desarrollo de trenes inteligentes para obtener un mayor confort y reducir los costos de mantenimiento, controlando automáticamente la velocidad y ajustando los parámetros adecuados para el control de las suspensiones en respuesta al estado de los raíles / 1999-2004		Desarrollo de sistemas activos de suspensión y basculación
F10- Desarrollo de un método factible para reducir a la mitad el contenido en frecuencias medias-altas del ruido rueda-carril / 2005-2009	Tecnologías de simulación  Desarrollo de nuevos conceptos de rail-travesa-sujeción para reducción de ruido	Nuevos elementos insonorizadores de rueda
N8- Logro de un 20% de aumento de la eficiencia propulsiva mediante el desarrollo de la hélice y el diseño de la forma-superficie del casco / 2005-2009	Desarrollo y aplicación de herramientas avanzadas de diseño	

PROPULSIÓN	TIC-ELECTRÓNICA	MATERIALES	FABRICACIÓN	OTROS
				Desarrollo de normativas de sistemas de cambio y de condiciones de cambio (Ancho de Vía y Catenaria )
	Desarrollo de actuadores y sensores específicos para aplicaciones funcionales y de seguridad en vehículos ferroviarios			Desarrollo de criterios de homologación del sistema para velocidades mayores de 350 Km/h
		Materiales inteligentes (activos) para la atenuación del ruido interno		Desarrollo y aplicación de sistemas expertos de mantenimiento
		Nuevos materiales absorbentes (activos) ligeros y de bajo coste  Desarrollo de apantallamientos acústicos		
		Desarrollo de nuevos materiales para hélices y recubrimientos de cascos		Desarrollo de tecnologías de ensayo (Naval)


## Tecnologías Clave asociadas a la tendencia de Eficiencia en la Fabricación y en la Explotación

TEMA	DISEÑO	SISTEMAS
<p>A3- Desarrollo de aviones para pasajeros, de gran tamaño (~1000Tm, 3 x 'jumbo' actual) y velocidad de crucero comparable a la de los reactores actuales / 2004-2008</p> <p>A5- Reducción de 50% de los costos de funcionamiento directos por pasajero y unidad de distancia, gracias a una producción más eficiente de aviones y a cortes en los costos de mantenimiento, etc. /2004-2008</p>	<p>Desarrollo y aplicación de herramientas avanzadas de diseño</p> <p>Diseño y simulación de superficies de sustentación, estructuras inteligentes y sistemas</p> <p>Desarrollo y aplicación de herramientas avanzadas de diseño, análisis y simulación para aumentar los intervalos de mantenimiento</p> <p>Métodos de predicción y ensayo de estructuras primarias (formas modales de avión completo, modelización, análisis, ensayos de cargas combinados de paneles planos y curvos, etc),</p>	<p>Desarrollo de tecnologías avanzadas para sistemas aeronáuticos</p>
<p>F13- Los costes del ciclo de vida de vehículos ferroviarios son un 30% menores, gracias al uso de tecnologías de diseño y de nuevos materiales y procesos / 2005-2009</p> <p>F19- La modularización y estandarización de los trenes permite reducir en un 50% el plazo entrega actual / 2005-2009</p> <p>F21- Desarrollo de materiales M0 y F0 de bajo coste y fácilmente conformables / 2005-2009</p>	<p>Modularización y estandarización de trenes</p>	<p>Desarrollo de sistemas activos de seguridad</p>

PROPULSIÓN	TIC-ELECTRÓNICA	MATERIALES	FABRICACIÓN	OTROS
	Desarrollo de simuladores y entrenadores	<p>Tecnologías avanzadas de fabricación en materiales compuestos</p> <p>Nuevos materiales más eficientes y tolerantes al daño</p> <p>Desarrollo de materiales considerando inflamabilidad, toxicidad y emisión de humos, y comportamiento al impacto.</p>	<p>Nuevos conceptos y aplicaciones de tecnologías de fabricación aeronáutica</p> <p>Nuevas tecnologías de fabricación de componentes metálicos.</p> <p>Conformado superplástico</p>	Desarrollo y aplicación de tecnologías avanzadas de evaluación no destructiva (END)
	Desarrollo de actuadores y sensores específicos para aplicaciones funcionales y de seguridad en vehículos ferroviarios	<p>Desarrollo y aplicación de materiales no metálicos de altas prestaciones y bajo coste, considerando la inflamabilidad, toxicidad, reciclado y antivandalismo</p> <p>Desarrollo de adhesivos estructurales. Tecnologías de unión por adhesivos</p> <p>Revestimientos conformables</p> <p>Desarrollo de textiles avanzados para el transporte ferroviario</p>	Tecnologías avanzadas de automatización y robotización de los procesos de fabricación de vehículos ferroviarios	Desarrollo de tecnologías para la reducción del mantenimiento

TEMA	DISEÑO	SISTEMAS
<p>F14- Uso práctico, sin comprometer la seguridad, de vehículos que usan materiales ligeros y unidades de potencia y auxiliares de reducido volumen, para reducir el peso del vehículo en un 50% / 2005-2009</p>		<p>Desarrollo de estructuras en materiales ligeros</p>
<p>N6- Uso práctico en construcción naval de sistemas CIM, reduciendo los costes de personal a un medio del coste actual / 2005-2009</p> <p>N27- Amplio uso en construcción naval de sistemas de diseño y fabricación descentralizados basados en la internacionalización y la conexión en red / 2005-2009</p>	<p>Desarrollo y aplicación de herramientas avanzadas de diseño</p> <p>Desarrollo y aplicación de sistemas avanzados de diseño y fabricación en entornos geográficamente distantes</p>	
<p>N13- Uso práctico de navíos de gran fiabilidad capaces de funcionar 5 años sin necesidad de paradas por mantenimiento / 2005-2009</p>	<p>Desarrollo y aplicación de tecnologías y conceptos de 'diseño para el mantenimiento' en buques y navíos</p>	
<p>C34- Los costes de fabricación y montaje de vehículos son, en términos reales, 30% inferiores principalmente debido al diseño y al uso de nuevos materiales y procesos / 2006-2010</p> <p>C35- Los tiempos de desarrollo de nuevos vehículos son inferiores a 18 meses, gracias a las TIC y a los sistemas avanzados de diseño y fabricación (flexible), y a la normalización de grandes componentes en vehículos / 2006-2010</p>	<p>Desarrollo de herramientas avanzadas de diseño, cálculo, simulación y modelado virtual para la reducción del número de piezas y componentes</p> <p>Reducción del número de materiales utilizados en el vehículo</p> <p>Modularización-unificación-simplificación de conjuntos, plataformas, etc., y uso estandarizado de componentes no vistos por el usuario</p>	

PROPULSIÓN	TIC-ELECTRÓNICA	MATERIALES	FABRICACIÓN	OTROS
	<p>Aplicación de tecnologías de señalización de alta frecuencia</p> <p>Desarrollo de tecnologías para sustitución de transformadores e inductancias por sistemas electrónicos equivalentes.</p>			<p>Reconsideración en profundidad de las normativas de seguridad pasiva (resistencia al impacto), de vida de material y de redundancia de equipamiento de conducción y control</p>
	<p>Nuevas herramientas de gestión logística y aprovisionamiento</p> <p>Desarrollo de estándares de intercambio de información</p>		<p>Nuevos conceptos y aplicaciones de tecnologías de fabricación y de producción en construcción naval</p>	<p>Desarrollo de estándares navales</p>
	<p>Tecnologías de análisis de riesgo, fiabilidad y soporte para toma de decisiones en caso de fallo (Análisis Logístico Integrado)</p>	<p>Desarrollo de tecnologías y materiales con características mejoradas</p>	<p>Nuevas tecnologías de fabricación orientadas a garantizar la protección (buen acabado en soldaduras, preparación de superficies)</p>	<p>Desarrollo y aplicación de sistemas expertos de mantenimiento</p>
	<p>Desarrollo de comunicaciones y redes industriales para el intercambio electrónico de información</p> <p>Herramientas avanzadas de gestión logística integrada, ligadas a las TIC</p>		<p>Desarrollo de herramientas inteligentes de apoyo a la fabricación y producción</p>	



# Anexo. Significado de siglas y acrónimos

En este anexo se indica cuál es el significado de las siglas y acrónimos utilizados en el presente documento, con el fin de facilitar su comprensión.

**A-SMGCS.** Airport Surface Movement Guidance and Control System.

**ATM.** Air Traffic Management.

**CNS.** Communication, Navigation and Surveillance.

**ERTMS.** European Rail Traffic Management System.

**ETCS.** European Train Control System.

**GNSS.** Global Navigation Satellite System.

**GSM-R.** Global System for Mobile communications - Railways.

**VE, VEH, VEB, VECC.** Vehículo Eléctrico, -Híbrido-, -a Batería-, -con Célula de Combustible-.