

# CARRETERAS



Asociación  
Española de la  
Carretera

4ª ÉPOCA - NÚM. 167 - SEPTIEMBRE/OCTUBRE 2009 - REVISTA TÉCNICA DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA



## Carreteras y cambio climático

Coordinador: Ángel Sampedro Rodríguez



matagón.

# INTRAME

## PLANTAS ASFÁLTICAS ▶ DEL TIPO ESTACIONARIO

Producciones de 80 a 400 t/h.

Equipos de reciclado en frío y en caliente como accesorios.



## ◀ PLANTAS ASFÁLTICAS ULTRA-MÓVILES

Producciones de 80 a 400 t/h.

Equipos móviles de reciclado en frío y en caliente como accesorios.

## PLANTAS ASFÁLTICAS ▶ MODULARES

Producciones de 80 a 400 t/h.

Transporte y montaje rápidos.  
Todas las unidades montadas sobre repartidores de carga.

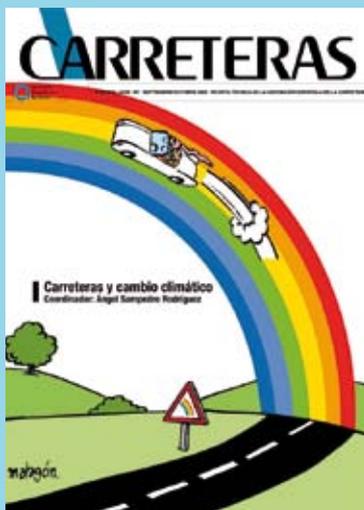
# INTRAME

Industrial de Transformados Metálicos S.A.

Oficina Comercial:

Núñez de Balboa, 85 - 28006 Madrid  
Tel.: 91 577 60 08 - Fax: 91 576 09 37  
e-mail: comercial@intrame.com





Serie temática 2009:

**Carretera amable.  
UNA SONRISA PARA LA REFLEXIÓN.**

**CONSEJO DE REDACCIÓN:**

**Presidente:**

Julio González de Pedroviejo

**Vocales:**

Mercedes Aviñó Bolinches  
Luis Ayuso Sánchez  
Alberto Bardesi Orúe-Echevarría  
Carlos Cristóbal Pinto  
Federico Fernández Alonso  
Juan Gallego Medina  
Francisco Gutiérrez Ferrández  
José Antonio Hinojosa Cabrera  
Juan José Jarillo Rodríguez  
Jesús M<sup>a</sup> Leal Bermejo  
José Vicente Martínez Sierra  
José Montoya Pérez  
Pablo Nobell Rodríguez  
Elena de la Peña González  
Juan José Potti Cuervo  
José Quereda Laviña  
Sebastián de la Rica Castedo  
Rodolfo Sáenz de Ugarte Corres  
Luis Alberto Solís Villa  
José Antonio Soto Sánchez  
Paloma Tello Lucini  
Ramón Tomás Raz  
Aniceto Zaragoza Ramírez

**PRESIDENTE:**

Miguel M<sup>a</sup> Muñoz Medina

**DIRECTOR:**

Jacobo Díaz Pineda

**DIRECTORA EJECUTIVA:**

Marta Rodrigo Pérez

**DIRECTOR TÉCNICO:**

Recaredo Romero Amich

**REDACTORA JEFE:**

Susana Rubio Gutiérrez

**REDACCIÓN:**

Iván Corzo Reino  
Beatriz Rodríguez López

**DISEÑO Y MAQUETACIÓN:**

José María Gil • David Villar

**EDICIÓN Y PUBLICIDAD:**

**COMUNICACIÓN Y DISEÑO**

O'Donnell, 18 - 5<sup>a</sup> H  
28009 Madrid

☎ 91 432 43 18 Fax: 91 432 43 19

comdis@cydiseno.com

www.cydiseno.com

**ASOCIACIÓN ESPAÑOLA**

**DE LA CARRETERA**

Goya, 23 - 3<sup>o</sup> y 4<sup>o</sup> Derecha

28001 MADRID

☎ 91 577 99 72 Fax: 91 576 65 22

aec@aecarretera.com

www.aecarretera.com

**SUSCRIPCIÓN ANUAL (Año 2009):**

España: 65 Euros (IVA incluido)

Europa: 107 Euros • América: 165 \$ / 115 Euros

IMPRIME: Gráficas Marte

Depósito Legal: M- 19.439-1975

ISSN: 0212 - 6389

Las opiniones vertidas en las páginas de Carreteras no coinciden necesariamente con las de la Asociación Española de la Carretera o las del Consejo de Redacción de la publicación.

Coordinador del número especial "Carreteras y cambio climático": Ángel Sampedro Rodríguez

**Editorial**

Seguridad en las infraestructuras, tiempos de mejora en Europa **4**

**Presentación**

Especial "Carreteras y cambio climático" Ángel Sampedro Rodríguez **6**

**Artículos Técnicos**

El Protocolo de Kioto en la ingeniería de carreteras Ángel Sampedro Rodríguez **8**

Gestión de infraestructuras, tráfico y sumideros de CO<sub>2</sub> para reducir las emisiones del transporte por carretera Elena de la Peña González **24**

Paneles de mensaje variable de bajo consumo, para tráfico Federico C. Fernández Alonso Enrique Belda Esplugues Juan Carlos Herranz Torres Gregorio Hoyo González Julio Bernaldo González **31**

Transporte y cambio climático en España: problemas y perspectivas Andrés Monzón de Cáceres Pedro José Pérez-Martínez **44**

Biocombustibles: experiencia de utilización en la EMT de Madrid Juan Ángel Terrón Alonso **51**

Metodología para el inventario de emisiones contaminantes y consumo energético en zonas urbanas. Aplicación a Sevilla Jesús Racero Moreno Ignacio Eguía Salinas Fernando Guerrero López Manuel Bada Tomás **61**

Concentración urbana: hacia una nueva cultura de la movilidad Luis Ángel Guzmán García Daniel de la Hoz Sánchez **76**

Captura del CO<sub>2</sub> originado por el empleo de combustibles fósiles Vicente J. Cortés Galeano Benito Navarrete Rubia **88**

**Tribunas**

Medallas de honor de la carretera Luis Laorden Jiménez **103**

La confianza del consumidor y la seguridad vial, o la breve historia del que conducía como vivía Aniceto Zaragoza Ramírez Elena de la Peña González **105**

**Área de Servicio**

**Guía Profesional de Empresas Colaboradoras** **107**

**EMPRESAS COLABORADORAS**



La revista Carreteras aparece citada actualmente en las siguientes bases de datos científicas: Engineering Index, Ulrichs, DIIT (Documentación Internacional de Investigación del Transporte de la OCDE), CINDOT (Centro de Información y Documentación Científica del CSIC), ICYT (Base de Datos de Ciencia y Tecnología del CSIC), CIRBIC (Catálogo Colectivo de los Fondos de las Bibliotecas del CSIC), Base de Datos del Centro de Documentación del Transporte y las Comunicaciones del Ministerio de Fomento y DIALNET, Base de Datos de Publicaciones Técnicas y Científicas de la Universidad de La Rioja.

## Seguridad en las infraestructuras, tiempos de mejora en Europa

**L**a Directiva Europea<sup>(1)</sup> sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias ha puesto sobre la mesa las herramientas del futuro próximo para la mejora de la seguridad de las carreteras en el contexto europeo.

Auditorías de seguridad vial, evaluaciones de impacto de la seguridad vial, clasificación y gestión de la seguridad en las carreteras en explotación e inspecciones de seguridad vial serán algunos elementos más de la planificación, el diseño y la explotación de las infraestructuras viarias en la red transeuropea de los 27, a lo más tardar a partir de diciembre de 2010 (fecha límite para la transposición de la Directiva a los Estados Miembros).

La nueva norma representa un considerable impulso a la mejora de la seguridad de las carreteras europeas, positiva en todos los países y extremadamente necesaria en algunos, como los de reciente incorporación a la Unión. Su ámbito de aplicación es exclusivamente la red transeuropea de carreteras; la Directiva tan sólo recoge la posibilidad de aplicarla en otras redes financiadas total o parcialmente con fondos comunitarios. Sin embargo, parece, al menos, deseable reclamar el mismo nivel de seguridad a otras vías, que no forman parte de la mencionada red. Es cierto que dicha demanda resultaría prácticamente inalcanzable en el corto plazo, pero no lo es menos que es preciso incorporar requisitos para la mejora progresiva del nivel de seguridad en todo el entramado viario europeo. No hay que olvidar que, por ejemplo en España, la red transeuropea supone el 7% de la longitud total de la malla viaria del país, pero en otros países, como Hungría o Polonia, representa menos del 2% de la red total.

El principio de subsidiariedad, las negativas por parte de algunos Estados a los borradores e informes parlamentarios sobre la Directiva, en los que se contemplaba su aplicación a otras redes de carreteras, o la necesidad de un acuerdo “de mínimos” son algunos de los argumentos que han limitado un planteamiento más amplio; el análisis de impacto de la Directiva ponía de manifiesto las numerosas dificultades surgidas. La cuestión es que ahora la decisión de trasladar estos criterios a una parte o la totalidad de la red de carreteras está en manos de los Gobiernos de los Estados y de las regiones.

En el caso de España, esperamos que nuestra experiencia en la puesta en práctica de las herramientas que contempla la norma europea contribuya a sacar el máximo partido a la senda abierta por la Directiva, de manera que su aplicación se generalice al conjunto de las carreteras de nuestro país. De hecho, desde el Ministerio de Fomento ya se ha manifestado el interés de que los principios de la Directiva se extiendan a toda la Red de Carreteras del Estado, al tiempo que otras Administraciones de Carreteras están avanzando en este sentido. Si otros países continuaran por este camino de expansión de los principios de la Directiva, sería sin duda una inyección muy positiva para la seguridad de las carreteras europeas en su totalidad.

Y es que no podemos olvidar la significativa contribución que la mejora de la red de carreteras españolas en los últimos años (la longitud de las vías de gran capacidad ha aumentado más de un 60% en el pasado decenio) ha supuesto para la reducción de la accidentalidad, como factor complementario a las reformas legales, nuevas medidas de control, mejora del comportamiento de los usuarios, mejores vehículos,... La Directiva Europea resulta un excelente marco para consolidar esta tendencia. 

1. Directiva 2008/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias (publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea el 29 de noviembre de 2008).



# NUEVO EQUIPO DE TRANSFERENCIA DE AGLOMERADO - TRANSFER **VÖGELE** MT-1000-1

LA PERFECCIÓN EN EXTENDIDO SIN PAUSAS NI PARADAS

Equipo de transferencia de mezcla bituminosa que asegura su remezclado y rehomogenización antes de la descarga a la extendedora.



Unidades disponibles de entrega inmediata para alquiler y venta



NUEVA DIRECCIÓN COMERCIAL / TÉCNICA

Crta. de la Marañosa Km. 0,8 • A-4 Salida Km. 20 • 28320 Pinto (MADRID)

tel. 91 307 81 33 - fax 91 357 47 62 - [www.emsa-machinery.net](http://www.emsa-machinery.net)



El camino más firme



Ángel SAMPEDRO RODRÍGUEZ  
*Director de Ingeniería de Carreteras*  
*E.P.S. Universidad Alfonso X El Sabio (UAX)*

Coordinador del número especial  
*"Carreteras y cambio climático"*



El *cambio climático* es el factor medioambiental que más preocupa, en la actualidad, a nuestra sociedad y a los responsables de estas políticas. La tendencia de este factor, entendida como un problema para la humanidad, ha supuesto un *estado de alerta* a nivel mundial. Prueba de ello es que los acuerdos y resoluciones sobre este tema emanan directamente de Naciones Unidas.

Además, en España supone un grado más de preocupación debido a nuestro incumplimiento de la cuota correspondiente de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) asignada en base a los compromisos adquiridos por la Unión Europea en el Protocolo de Kioto.

En el caso español, la cuota asignada supone un aumento del 15 por ciento sobre nuestras emisiones base de 1990. Este incremento se ha mostrado insuficiente y a día de hoy nuestras emisiones exceden en más del 50 por ciento a dichas emisiones base.

Este grado de incumplimiento no se debe a que España sea un país excesivamente contaminante sino, más bien, al desarrollo que hemos logrado desde entonces y que nos ha permitido alcanzar un nivel de vida similar al de los países de nuestro entorno.

La *ingeniería de carreteras*, como cualquier actividad humana, no es ajena a este fenómeno y desde la revista *Carreteras* hemos querido recopilar algunas de las experiencias y reflexiones acerca de nuestra preocupación por el cambio climático, en particular, y por un desarrollo sostenible y responsable, en general.

El transporte por carretera es el sector cuyas emisiones más han crecido durante los últimos años debido, fundamentalmente, al aumento de la movilidad consecuencia del citado grado de desarrollo alcanzado por España.

Nos encontramos en una fase crucial respecto a estos temas. Estamos dentro del periodo de aplicación del Protocolo de Kioto y se están negociando las estrategias y directrices que, en la próxima cumbre de Copenhague, deben establecer la continuación del citado Protocolo, lo que se ha dado en llamar *Kioto 2* o *Post - Kioto*.

El sector de la carretera, a pesar de no estar entre los *sectores regulados*, ha mostrado una gran sensibilidad y preocupación sobre el tema. Todos los agentes implicados (Administraciones, empresas y demás entidades), conscientes de la responsabilidad del sector del transporte sobre la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), se han adelantado a las regulaciones y políticas implantando medidas tendentes a la mitigación de estas emisiones, actuando sobre todos los factores posibles: vehículos, infraestructura y usuarios.

La mejor prueba de ello son los artículos incluidos en este número que el lector tiene ahora entre sus manos. Son sólo una muestra de las numerosas iniciativas que se están llevando a cabo para las fases de planificación, proyecto, construcción, conservación y explotación de carreteras.

Se incluyen en este número, gracias a la colaboración de expertos de la Administración, de las universidades, de las empresas, etc., diferentes artículos que describen medidas sobre sumideros de CO<sub>2</sub>, sobre los sistemas inteligentes de transporte (ITS) y paneles de señalización, un análisis del transporte y el cambio climático en España, experiencias de aplicación de biocombustibles para el transporte público, una metodología específica para realizar el inventario de las emisiones, un análisis de la relación entre nivel de emisiones y grado de desarrollo, y un avance de los estudios sobre la captura y almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>, una de las técnicas en las que están depositadas todas las esperanzas para lograr contener las emisiones de GEI sin interferir en nuestro desarrollo.

Aunque existen opiniones controvertidas sobre la base y la aplicación del Protocolo de Kioto y la ciencia del cambio climático, lo que nadie puede discutir es que su aplicación, desde el punto de vista de un sector no regulado como el nuestro, está motivando la mejora de la eficiencia de los procesos, lo cual supone claras ventajas ambientales y económicas.

El sector de la carretera debe asumir el liderazgo ante el cambio climático mediante la implementación de estrategias integradas de desarrollo de nuevos productos, servicios y tecnologías que permitan su adaptación a las nuevas políticas.

Bajo este escenario, como en otras cuestiones, subyacen beneficios y oportunidades para el sector que se deben aprovechar. Para ello, se debe seguir apostando fuertemente por la innovación.

Como ejemplos de oportunidades ya en marcha pueden considerarse el mayor volumen de negocio por la incorporación de nuevos elementos y consideraciones relacionadas con el clima en la ejecución de infraestructuras, o el desarrollo de la optimización de rutas de transporte y distribución para la conexión eficaz de centros productivos y centros de consumo.

Por todo ello, es necesario establecer los sistemas de control que aseguren que las inversiones en carreteras se dirigen a aquellas actuaciones que menos contribuyen al cambio climático y que menos expuestas están a sus consecuencias.

Desde aquí quiero aprovechar la ocasión para agradecer a los autores su disponibilidad y colaboración, y quiero seguir animándoles a que continúen desarrollando estos temas tan interesantes para nuestro sector y para el conjunto de nuestra sociedad.

Como siempre en estos casos, estamos seguros de que hay muchas más iniciativas que contar sobre estos temas y desde aquí animamos a sus responsables a que envíen sus artículos para poder publicarlos en los siguientes números.

También quiero extender mi agradecimiento a todo el equipo de la revista *Carreteras*, y especialmente a Recaredo Romero, por su infinita paciencia y ánimo en los momentos de mayor complicación.

Por último, me gustaría concluir manifestando que este número de la Revista es una prueba más de que *las carreteras sostenibles y responsables son posibles. ¡Existen!*. Y, además, en contra de algunas opiniones ajenas al sector, se puede concluir que *mejores carreteras contribuyen a reducir las emisiones de GEI*. 

# El Protocolo de Kioto en la ingeniería de carreteras

The Kyoto Protocol in road engineering

Ángel SAMPEDRO RODRÍGUEZ



Director de Ingeniería de Carreteras  
E.P.S. Universidad Alfonso X El Sabio

## RESUMEN

*El presente artículo analiza y actualiza los nuevos condicionantes medioambientales que impone la aplicación del Protocolo de Kioto en la ingeniería de carreteras.*

*Una ingeniería de carreteras sostenible implica considerar bien las emisiones de Gases de Efecto Invernadero que implica la construcción y posterior explotación de la carretera desde los puntos de vista de la construcción en sí, de los materiales empleados y de los usuarios circulando por ellas, una vez puestas en servicio.*

*El Protocolo de Kioto ha introducido nuevas variables en el análisis medioambiental de cualquier actividad humana que todavía no se consideran adecuadamente en la ingeniería de carreteras. En el presente artículo el autor se ha centrado en las que parecen ser más importantes, pero no en las únicas: la reutilización de materiales y las mezclas bituminosas en caliente. Además, se analizan las estrategias a seguir contra el Cambio Climático.*

*Palabras clave: Ingeniería sostenible, Transporte, Transporte viario, Reutilización de materiales, Protocolo de Kioto, Mezcla bituminosa, Gas de Efecto Invernadero GEI, Cambio climático.*

## ABSTRACT

*This article analyses the new environmental conditions that introduces the Kyoto Protocol application in roads engineering.*

*Sustainable roads engineering involves now the study of the Greenhouse Gases Emissions steps of the road construction, of the point of view of the construction, the materials used, and the users.*

*The Kyoto Protocol has introduces new variables in the environmental analysis of anyone human activity that still we don't consider of suitable form in the roads engineering. In the present article we study the most important, but not the only: the materials reworking and hot mix asphalt. In addition, it analyse the key policy-relevant findings on Climate Change.*

*Key words: Sustainable engineering, Transport, Road transport, Materials reworking, Kyoto Protocol, Hot mix asphalt, Green house Gases, Climate Change.*

**E**l Protocolo de Kioto, aparte de para llenar innumerables páginas y minutos de los medios de comunicación durante los últimos años, está introduciendo nuevas variables a considerar en el análisis medioambiental de cualquier actividad humana.

Estas variables, unas nuevas y otras no tanto, afectan, como no podía ser de otra forma, a la ingeniería de carreteras en cualquiera de sus fases: estudios, proyecto, construcción, conservación y, por supuesto, explotación.

Desde hace mucho tiempo, el respeto al entorno que atraviesa cualquier carretera ha sido una de las principales preocupaciones de los técnicos. Los criterios medioambientales han pasado a ser los más importantes en la mayoría de los casos e, incluso, los determinantes a la hora de decidir cuál debe ser la mejor solución entre varias posibles (Foto 1).

Por si todo esto fuera poco, el citado Protocolo ha venido a añadir otra serie de variables en todo este planteamiento que todavía no se consideran de forma completa en los proyectos de ingeniería de carreteras. Las emisiones de *Gases de Efecto Invernadero (GEI)* han pasado a ser un factor medioambiental más, fácilmente evaluable, tanto en la fase de construcción, como en la posterior explotación.

Y una vez que se empiecen a considerar, este factor puede llegar a convertirse en uno de los más importantes para el caso de una infraestructura de transporte como es una carretera, pues el transporte es el segundo sector responsable de las emisiones de CO<sub>2</sub> y el que mayores incrementos ha experimentado en los últimos años. Por lo tanto, cualquier actuación sobre estas emisiones tendrá grandes implicaciones para el medio ambiente a corto, medio y largo plazo.

La primera consecuencia ha sido que la carretera ha pasado a ser el *patito feo* de las infraestructuras de transporte. Directamente, en cualquier estudio sobre

emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) cualquier medio de transporte debe ser potenciado para sustituir al transporte por carretera, lo cual es, en opinión del autor, injusto e injustificado.

La consideración de las emisiones de GEI, según los compromisos adquiridos por un gran número de países, entre ellos todos los miembros de la Unión Europea, para el cumplimiento del citado Protocolo, va a afectar de gran manera a las evaluaciones medioambientales que se puedan realizar sobre cualquiera de nuestras actividades a partir de ahora, como se verá más adelante.

Desde el año 2005 y hasta el 2012 son numerosas las legislaciones y políticas puestas en marcha a nivel internacional, europeo, nacional, autonómico y local que afectan directa o indirectamente a la ingeniería de carreteras en España. Además, ya se está hablando de *Kioto 2 (Post-Kioto)*, que será la continuación de estas políticas.

Una ingeniería de carreteras sostenible y responsable implica considerar bien las afecciones al entorno que implica la construcción y posterior explotación de la carretera desde los puntos de vista de los procesos constructivos en sí, de los materiales empleados y de su posterior explotación.

Desde este punto de vista, se debe considerar la evaluación de estas emisiones desde varios puntos de vista:

- Desde el punto de vista de los costes que va a suponer sobre estas actividades. No se olvide que los secto-



Foto 1. Vista aérea del estado anterior de la M-30, a su paso por el Puente de Segovia (Madrid).



**Foto 2.** Los sectores industriales ya tienen reguladas sus emisiones de GEI.

res industriales regulados por la Directiva Europea de Derechos de Emisión de GEI son suministradores de materiales y servicios básicos: electricidad, cemento, cal, vidrio, siderurgia, petróleo, fabricación de mezclas bituminosas en caliente, cerámica, etc.

- Desde el punto de vista del análisis medioambiental de la fase constructiva, tratando de minimizar las emisiones de GEI: procesos, materiales, etc. Para ello es fundamental establecer los criterios a la hora de incluir y ponderar estas emisiones en los análisis previos de soluciones.
- Y, además, se deben construir carreteras que impliquen durante su fase de explotación las menores emisiones de GEI posibles. Las emisiones originadas por el transporte, como sector difuso, deben ser minimizadas entre todos los agentes responsables. Al igual que en otros temas, como el de la seguridad vial, se debe actuar sobre todos los factores: infraestructura, vehículo y conductor.

## EL PROTOCOLO DE KIOTO

Durante los últimos años la Administración y los responsables de los sectores afectados españoles han estado inmersos en la elaboración del Segundo Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión de Gases de Efecto Invernadero (PNA 2008-2012), publicado en noviembre de 2006, ya en vigor, y que sucede al hasta entonces vigente Primer Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión de GEI (PNA 2005-2007).

Dichos planes tienen como objetivo aplicar la Directiva Europea 2003/87/CE de *Comercio de Derechos de Emisión de GEI*, que pretende cumplir los compromi-

dos asumidos por la Unión Europea cuando se firmó el Protocolo de Kioto (diciembre de 1997), cuya finalidad es reducir en los principales países desarrollados y con economías en transición las emisiones de los *Gases de Efecto Invernadero (GEI)*, supuestos responsables de una aceleración del cambio climático. Dichos gases son: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). Las emisiones de todos ellos se cuantifican en uds. de  $\text{CO}_2$  equivalentes.

De esta forma, el vigente plan determina la cantidad de derechos de emisión de  $\text{CO}_2$  asignados a cada instalación industrial de los sectores regulados por la citada Directiva para los años 2008 al 2012, con el objetivo de cumplir los compromisos adquiridos por la UE en el Protocolo de Kioto (Foto 2).

Durante el año 2006, por ejemplo, el PNA asignó un total de 176 millones de derechos de toneladas de emisión de  $\text{CO}_2$  a las 1.045 instalaciones reguladas, y estas han emitido, finalmente, 180 millones de toneladas de  $\text{CO}_2$ .

Las medidas tomadas al respecto por la Administración son de gran importancia, dada sus implicaciones, más que medioambientales, económicas, sobre sectores industriales clave en el desarrollo de España. El elemento más importante ha sido el de la creación, a partir de la aplicación del protocolo, de un nuevo mercado de derechos de emisión de GEI.

Este mercado es una referencia que permite, por ejemplo, poder evaluar las medidas de ahorro de emisiones planteadas en cualquier proyecto de carretera, pues establece en cada momento un precio de la tonelada de  $\text{CO}_2$ . De esta forma, podrá comprobarse la eficacia de estas medidas, comparándolas con el resto de sectores.

Actualmente, el sector del *transporte* se encuentra dentro de los llamados *sectores difusos* (transportes, servicios, agricultura, residuos, residencial, etc.), que son aquellos sobre los que la Directiva Europea 2003/87/CE de *Comercio de Derechos de Emisión de GEI* no ha establecido ninguna limitación concreta y, por lo tanto, no están sujetos a los PNA. Estos sectores han quedado excluidos temporalmente, dentro de las estrategias y metodologías consideradas como "*opting out*".

El consumo de energía del sector transporte se ha incrementado durante los últimos años a un ritmo de crecimiento medio anual del 4 %, suponiendo el segundo sector responsable de las emisiones de GEI en España,

el 39 % de los consumos energéticos finales. Por lo tanto, se trata de un sector clave a la hora de diseñar actuaciones cuya finalidad sea mejorar su eficiencia.

Y dentro de este sector, la carretera es el modo de transporte predominante en los consumos de energía y en las emisiones de GEI, con tasas interanuales de crecimiento del 5,1% desde el año 2000 (ver Foto 3).

A pesar de que las emisiones emitidas por vehículo han disminuido en más de un 25% desde 1990, el aumento del volumen de transporte sigue aumentando la cantidad total, suponiendo el 80,6% del consumo total del sector. Ello es debido a que la carretera absorbe actualmente el 90% del transporte de viajeros y el 83% del transporte de mercancías.

Una de las principales preocupaciones actuales de los expertos sobre medio ambiente es hacia dónde se dirigirán estas políticas una vez haya terminado el período de aplicación de Kioto, es decir, a partir de 2012.

Este período siguiente, fundamental para una consolidación y eficacia de estas políticas, llamado hasta hace muy poco, *Post-Kioto*, se denomina, actualmente, *Kioto 2* y es probable que, debido a que se deberá concretar en la Cumbre del Clima que tendrá lugar en Copenhague (Dinamarca) en diciembre de 2009, se terminará denominando *Protocolo de Copenhague*. Este cambio de denominación también haría honor al liderazgo que la Unión Europea ha ejercido hasta ahora en la lucha contra el cambio climático.

Las directrices u *hoja de ruta* comenzaron a marcarse en la *Conferencia de la ONU sobre el Cambio Climático 2007*, celebrada en Bali (Indonesia). En ella, los delegados de los 190 países presentes no lograron ponerse de acuerdo pero, lo que parece claro es que después de Kioto, la tendencia será la de alcanzar todavía mayores compromisos de reducción de emisiones. Esto también está corroborado por el *IV Informe del Panel Internacional de Cambio Climático (IPCC)*, adoptado en Valencia durante el mes de noviembre de 2008.

En Bali, EEUU, China y la India, principales emisores de GEI junto con Rusia, se han comprometido a reducir sus emisiones a partir de 2013. La UE se ha autoimpuesto, en febrero del año pasado, un objetivo claro y muy exigente: reducir sus emisiones del año 1990 en un 20% antes de 2020.

Esta reducción va dentro de lo que se denomina en la UE el *Paquete de Energía y Clima*, cuyos principales puntos son reducir las emisiones un 20%, aumentar las energías

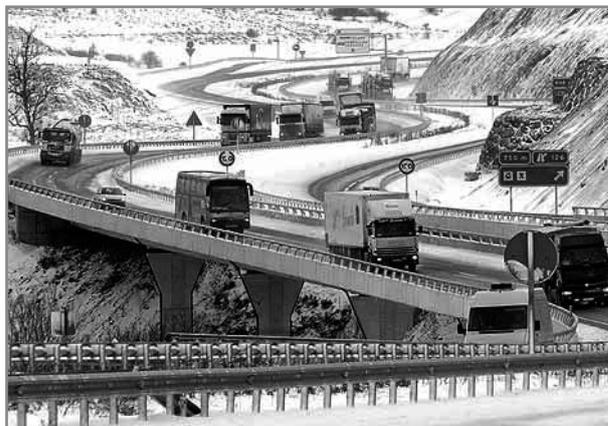


Foto 3. El transporte por carretera genera emisiones de GEI.

renovables un 20% y ahorrar otro 20% de energía para 2020, un proyecto conocido como *20x20x20*.

Sin embargo el mejor dato, si se puede emplear este adjetivo, acerca de las emisiones de GEI no proviene de las decisiones diplomáticas, sino de la crisis económico-financiera que afecta al planeta y que empieza a reflejarse: el año 2008 se ha cerrado con una reducción de las emisiones globales de hasta un 3%, debido a la caída de la actividad económica. La crisis va a ser la protagonista en las próximas mesas de negociación.

La lucha contra el cambio climático no es gratis. Según un estudio del Ministerio de Industria alemán, la era *Post-Kioto*, a partir de 2013, supondrá para los países europeos un coste cercano a los 2.000 millones de euros al año.

En España, uno de los países más perjudicados por diversas razones, esta *factura verde* podría llegar fácilmente hasta los 2.500 euros anuales, duplicando el coste que Kioto está suponiendo en el período 2008-2012. Esto supondría restar a la economía nacional el 0,16 % del PIB en 2020. A estos costes habría que sumar otros indirectos, muy superiores pero difíciles de estimar, debidos, entre otros factores, a la pérdida de competitividad.

Si se analiza el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> desde al año 2000 al 2006, España es el segundo país en que dichas emisiones han experimentado un mayor crecimiento. El primer lugar lo ocupa Turquía, con un incremento del 95%, seguida de nuestro país con un 51% y, en tercer lugar, está Portugal, con un 40%. En el lado contrario, la nación que más redujo sus emisiones ha sido Rusia, con una disminución durante el periodo considerado del 34%.

En los últimos meses ha corrido el rumor de un supuesto acuerdo entre Estados Unidos y China para la reducción

de emisiones. No obstante, este tema no está claro y en la última reunión del G-8 no se ha hecho ninguna referencia a ello.

## INGENIERÍA DE CARRETERAS SOSTENIBLE Y RESPONSABLE

El Protocolo de Kioto, como ya se ha dicho, ha introducido nuevas variables a la hora de evaluar la sostenibilidad de cualquier actividad humana, basándose en la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que origine, con el objeto de minimizar las consecuencias que tiene estos gases sobre la aceleración del fenómeno del *cambio climático*.

De esta forma, al evaluar las distintas soluciones para una carretera que se vayan planteando, la emisión de *gases de efecto invernadero* que implique cada una de ellas deberá ser tomada en cuenta. Estas emisiones afectarán a los procesos de fabricación de materiales, al consumo de energía, a los procedimientos de ejecución, al transporte de suelos y materiales, y al transporte de viajeros y mercancías que circularán por dicha carretera durante la posterior fase de explotación, la más importante.

La Federación Europea de Carreteras (ERF) ha llegado a la conclusión de que es posible la *carretera sostenible*. El autor y, seguramente, casi todos los lectores de este artículo, piensan lo mismo. La eficiencia energética y ambiental deben guiar todas y cada una de las fases desde que se planifica una carretera hasta que se gestiona. Y todo ello debe ir acompañado de avances en la eficiencia de los vehículos (ver Foto 4).

Una de las conclusiones claras de estos estudios van en contra de lo que se está pidiendo desde algunos sectores sociales: es necesario aumentar las inversiones en carreteras para mejorar la fluidez del tráfico, resolviendo las congestiones causantes de un consumo excesivo de combustible que originan, inevitablemente, unas emisiones de GEI inaceptables, entre otras ineficiencias.

Por lo tanto, se deben considerar todos y cada uno de estos factores. Pero también es cierto que no todos deben considerarse de la misma forma. Una *ingeniería de carreteras sostenible y responsable* debe considerar la evaluación de estas emisiones en todas sus implicaciones:

- Realizando un diseño y proyecto de la carretera de tal forma que, tras un correcto y sensible estudio del medio atravesado, se defina la solución que menores afec-

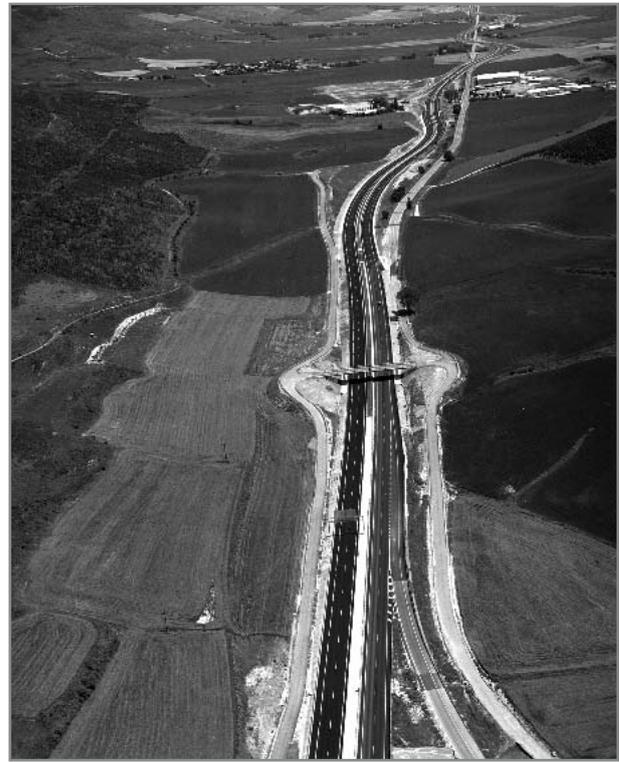


Foto 4. Las carreteras sostenibles son posibles, ¡existen!

nes produzca sobre ese medio, corrigiendo adecuadamente los impactos ocasionados, y que mejore muchos de los factores medioambientales que se encuentre.

Esta es la fase más importante, pues de ella dependerán todas las demás. Es importante evaluar desde el punto de vista medioambiental todos los procesos constructivos que se vayan a emplear, de tal forma que se definan y adopten los que menor energía consuman, menores emisiones produzcan, etc.

- Estudiando y considerando los nuevos costes que puede suponer la aplicación del Protocolo de Kioto sobre estas actividades. Como ya se ha dicho, los sectores industriales regulados por la Directiva Europea de Derechos de Emisión de GEI son proveedores de materiales y servicios básicos: electricidad, cemento, cal, vidrio, siderurgia, petróleo, fabricación de mezclas bituminosas en caliente, cerámica, etc.

Los sectores regulados están asumiendo unos costes desde la aplicación de la citada Directiva que se trasladarán, inevitablemente, al usuario final, en este caso, la construcción de una carretera.

- Analizando medioambientalmente la fase constructiva, tratando de minimizar las emisiones de GEI: procesos, materiales, etc. Para ello es fun-

damental saber incluir y ponderar estas emisiones en los análisis previos de soluciones.

Se deben emplear unos procedimientos y técnicas constructivos en la construcción de las carreteras que supongan las *Mejores Técnicas Disponibles (MTD)*. Este concepto es muy importante, ya está siendo estudiado en los procesos de fabricación de los sectores regulados. Se trata de analizar y definir las técnicas, para la elaboración final de cualquier producto, que supongan los procesos más eficientes energéticamente y respetuosos con el medio ambiente.

Considerando estos aspectos, se está investigando sobre el Análisis del Ciclo de Vida de los materiales y elementos que se emplean en la construcción de carreteras para determinar realmente la sostenibilidad de las actuaciones.

- Construyendo y gestionando redes de carreteras que impliquen durante su fase de explotación las menores emisiones de GEI posibles. Las emisiones originadas por el transporte, como sector difuso, deben ser contenidas entre todos los agentes responsables.

Dentro de las emisiones totales de CO<sub>2</sub> del transporte por carretera, un 40 por ciento corresponden al transporte urbano, lo cual redundará en la importancia de una adecuada gestión del tráfico, especialmente, en zonas urbanas y periurbanas.

Llegados a este punto, es importante recordar que en este artículo sólo se está analizando la sostenibilidad de

la ingeniería de carreteras desde el punto de vista de un solo factor medioambiental: las emisiones de GEI. Este factor deberá ser siempre comparado con las demás afecciones medioambientales, debidamente ponderados, antes de poder establecer cualquier conclusión.

A continuación se va a exponer el análisis de algunas técnicas aplicadas en ingeniería de carreteras donde los nuevos condicionantes, ya citados, que impone el Protocolo de Kioto pueden evaluarse fácilmente.

### LA IMPORTANCIA DEL TRAZADO

La suavidad del trazado de una carretera implicará durante su fase de explotación menores emisiones de GEI, pues los vehículos circularán por ella con mayor fluidez. Aunque esa suavidad impondrá una mayor rigidez al diseño del trazado, provocando mayores emisiones de GEI en la fase de construcción (estructuras, movimiento de tierras, túneles, etc.), el ahorro que supondrá sobre las emisiones de GEI que se generan durante la fase de explotación, las más importantes, actuará a su favor.

Es labor de los técnicos implicados decidir la solución óptima, como ya se ha dicho, comparando y ponderando todos los factores técnicos, económicos y medioambientales que entran en juego, y no sólo los analizados en este artículo.

En carreteras ya existentes, en funcionamiento, una de las técnicas más habituales para mejorar el servicio y capacidad de una carretera existente es la mejora de su

trazado y plataforma, con incorporaciones de otras medidas adicionales: carril BUS-VAO, calmado del tráfico, etc. Este tipo de proyectos y obras son, en muchos casos, retos apasionantes donde, con pocos medios, se deben mejorar una gran cantidad y diversidad de factores.

Lo que *a priori* puede parecer un proyecto sencillo, se convierte en muchas horas en las que ir estudiando distintas soluciones para llegar a la optimización de los recursos disponibles (Figura 1). Cuando se ejecutan, más adelante, las obras, el hecho de ir mejorando los distintos tramos, a la vez que se trata de mantener el tráfico circulante con la mayor fluidez y seguridad posibles, se convierte en una labor de auténtica ingeniería.





Foto 5. Estabilización de suelos.

Diversos estudios han estimado al ahorro de emisiones que supone mejorar el trazado y plataforma de una carretera existente. Todos los casos analizados son muy comunes en toda la geografía española:

- Para el caso de una carretera local cuya velocidad de proyecto es de 60 km/h, una IMD de 200 veh/h, con travesías de poblaciones y alguna curva cerrada cuya velocidad específica es de 40 km/h, la mejora de trazado y plataforma, con una adecuación en toda ella para una velocidad de proyecto de 80 km/h, mejora de carriles y la supresión de travesías mediante la construcción de variantes implicaría un ahorro del 11 por ciento en las emisiones de CO<sub>2</sub>.
- En el caso de una carretera convencional, con una velocidad de proyecto de 60 km/h, una IMD de 1.200 veh/h y travesías de población, acometer la duplicación de calzada, adecuándola a una velocidad de proyecto de 80 km/h y las necesarias variantes de población supondría un ahorro de emisiones de CO<sub>2</sub> del 26 por ciento.
- Por último, en el caso de una autovía urbana congestionada, con una IMD de 5.000 veh/h, con gran número de accesos, el hecho de ampliar un carril más por sentido implicaría una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> del 38 por ciento.

No obstante, como ya se ha dicho antes, estas medidas sólo serán eficaces mediante una adecuada gestión de la red de carreteras que evite su posterior congestión, lo cual volvería a incrementar las emisiones de GEI hasta los valores iniciales e, incluso, mayores.

Hay que tener en cuenta que la mejora de cualquier tipo de carretera, por sí sola, genera nuevos tráficos, que implican emisiones adicionales que podrían reducir los

beneficios medioambientales que se habían logrado en un principio. De ahí la necesidad de gestionar adecuadamente toda la red en la que se enmarca.

Además, estas medidas deben ir acompañadas de otras que contribuyan a mantener y mejorar la reducción de las emisiones de GEI: fomento del transporte público, empleo de motores más limpios, biocarburantes, etc.

Es fácil predecir un futuro a corto plazo en el que los responsables de las redes de carreteras deberán hacer público un balance todos los años de las emisiones de GEI generadas en sus carreteras, con el correspondiente grado de cumplimiento sobre las previsiones de reducción, de forma análoga a como se viene haciendo con los accidentes y víctimas mortales.

## REUTILIZACIÓN DE MATERIALES Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Son conocidas las ventajas de todo tipo que implica la reutilización de materiales en la construcción de carreteras, optimizando y reduciendo al máximo el movimiento de materiales, y construyendo capas más fiables y resistentes.

A todas estas ventajas, la aplicación del Protocolo de Kioto ha venido a añadir las derivadas de la reducción del movimiento de materiales, con la consiguiente reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, las cuales todavía no se están evaluando ni considerando en muchos estudios informativos ni en las correspondientes declaraciones de impacto ambiental.

Tradicionalmente, las carreteras no sólo han supuesto un sumidero donde se han ido colocando gran cantidad de residuos y desechos de otras actividades humanas, sino que gracias a este empleo se han *valorizado*, pues se han colocado en capas sometidas directamente al tráfico y a la intemperie que, como ya se sabe, requieren materiales de elevadas prestaciones.

Mediante las técnicas de construcción disponibles, es posible (Foto 5):

- Reutilizar en la construcción de carreteras los suelos de la traza, sean cuales sean sus características geotécnicas, minimizando el movimiento de tierras necesario, así como el volumen de préstamos y vertederos necesarios.
- Reutilizar en la construcción de esas mismas carreteras residuos y subproductos de otras actividades industria-

les que, de otra forma, deberían ser llevados a vertederos de inertes (lodos, cenizas, escorias, etc.).

- Reutilizar los residuos de construcción y demolición (RCD) con mejores prestaciones e, incluso, sin necesidad de tratamientos previos en plantas, lo cual simplifica y abarata estos procesos.
- Mejorar las características geotécnicas y resistentes de cualquiera de los materiales citados para su empleo en capas de fondos de desmonte, coronación de rellenos y en firmes, más expuestas al clima y a los cada vez mayores tráfico pesados que soportan las carreteras.
- Reciclar capas de firmes de carreteras ya deterioradas y agotadas tras su vida útil, permitiendo tratar dichos materiales *in situ* o en planta, volviéndolos a dotar de las características resistentes necesarias, evitando el tener que sustituir esas capas y fabricar materiales para construir otras nuevas.

Por ejemplo, la construcción de firmes asfálticos de carreteras mediante la técnica de reciclado en caliente, con distintas proporciones de material procedente del fresado de firmes asfálticos envejecidos ("*Reclaimed Asphalt Pavement*", RAP) permite, además de otras ventajas ambientales, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Recientes trabajos basados en la metodología de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) permiten concluir que la incorporación de un 20% de RAP en la fabricación de las mezclas bituminosas en caliente produce un ahorro total de emisiones de GEI del 15%.

## LAS MEZCLAS BITUMINOSAS

Otras de las unidades de obra, fundamentales en la ingeniería de carreteras, sobre las que la aplicación del Protocolo de Kioto ha introducido nuevos factores a considerar son las mezclas bituminosas, tanto por los materiales empleados como por su proceso de fabricación.

Por un lado, los materiales bituminosos, procedentes del refinado del petróleo, se han visto afectados precisamente debido a este proceso industrial. La Directiva Europea 2003/87/CE de Comercio de Derechos de Emisión de GEI ha considerado a la actividad de refinado de hidrocarburos como uno de los sectores industriales regulados directamente.



Foto 6. Planta de fabricación de MBC incluida en el PNA (Madrid).

De esta forma, el refinado está regulado mediante los Planes Nacionales de Asignación de Derechos de Emisión. El Primer Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión 2005-2007 le asignó una cantidad total de 15,25 millones de toneladas anuales de CO<sub>2</sub>. En el año 2006 este sector tuvo un déficit de 243.633 toneladas.

El vigente PNA2008-2012 le ha asignado unas emisiones de 16,13 Mt/año, las cuales son, según la Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos (AOP), insuficientes para la evolución que está teniendo el mercado español, suponiendo un posible déficit de asignación al sector mayor de 2 Mt/año, lo cual podría repercutir en unos sobrecostes de 40-50 millones de euros anuales.

Y, además, por otro lado, las grandes Plantas de Fabricación de mezclas bituminosas en caliente (MBC) ya están incluidas en el citado Plan Nacional de Asignación vigente (PNA 2008-2012), de tal forma que, algunas, las de mayor capacidad de producción, tienen reguladas y autorizadas sus emisiones anuales de GEI (Foto 6).

Estas están incluidas dentro del epígrafe "1c - Otras instalaciones de combustión con una potencia térmica nominal superior a 20 MW". Dentro de este grupo heterogéneo de instalaciones incluidas, el PNA considera el Subsector Industrial de *Asfaltos*. Hay numerosas instalaciones incluidas, repartidas por todo el territorio nacional.

En vista de ello, la tendencia clara durante los próximos años debe ser hacia cualquier técnica que permita reducir la temperatura necesaria para la fabricación y puesta

en obra de las mezclas bituminosas para firmes de carreteras. Esto conllevará a un nuevo impulso del reciclado *in situ* y en frío y, dentro de las mezclas bituminosas, de la llamada *tecnología en frío*, aún pendiente de desarrollar por completo.

Pero también hay que tener en cuenta que, desde el punto de vista técnico, las *mezclas bituminosas en caliente (MBC)* son materiales excelentes para capas de base, intermedias y de rodadura, por lo cual, lo único que queda es tratar de optimizar su fabricación, tratando de mejorar la eficiencia energética y disminuir las emisiones de GEI (Foto 7).

Esta optimización lleva a considerar como alternativa a estas MBC las llamadas mezclas asfálticas templadas y semicalientes. Como sus propios nombres indican, su fabricación implica una menor temperatura, lo que implica un menor consumo de combustible y menores emisiones de GEI (ahorro aproximado del 50%).

Además, implican un ahorro considerable de consumos energéticos y reducen todo tipo de emisiones, mejorando notablemente las condiciones de trabajo de los operarios durante su puesta en obra.

El liderazgo en la investigación y desarrollo de estos temas está siendo llevado a cabo por el *Proyecto FÉNIX* ([www.proyectofenix.es](http://www.proyectofenix.es)) que, liderado por la Asociación ASEFMA (Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas), sus empresas asociadas y las principales universidades y centros tecnológicos españoles, desde el año 2007 al 2010, está dedicado al conocimiento y experimentación sobre estas técnicas.

## ESTRATEGIAS CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO

En estos comienzos del siglo XXI, cualquier actividad que aspire a tener un papel destacado en el desarrollo de la sociedad, como es el caso del sector de la ingeniería de carreteras, debe tener claro que sus estrategias a seguir deben basarse siempre en la innovación y en la sostenibilidad.

Todos los gestores y técnicos implicados en la planificación, diseño, construcción, conservación y explotación de carreteras deben asumir los retos medioambientales que tienen por delante como una gran oportunidad para el sector, que les permita mantener una posición de liderazgo.

El cambio climático es considerado actualmente como una de las principales amenazas para el desarrollo sos-



Foto 7. Puesta en obra de mezclas bituminosas.

tenible y representa, por lo tanto, uno de los principales retos ambientales con efectos sobre la economía global, la salud y el bienestar social. Por ello, pasa a ser un factor preponderante cualquier actuación que tienda a la reducción de emisiones de GEI.

En los últimos estudios realizados por Naciones Unidas al respecto, se concluye que se necesitarán, de seguir en los niveles y tendencias actuales, inversiones por valor de 200.000 millones de dólares en el año 2030, lo que supondría entre el 0,3 y el 0,5 del PIB global en esa fecha, para contener el calentamiento global que afecta a la tierra.

El crecimiento de la población y el desarrollo económico registrados en España en los últimos años son factores críticos en la evolución de las emisiones de GEI, lo cual obliga a ser especialmente cuidadosos en el análisis medioambiental de cualquier actividad. En el año 2005 las emisiones totales de GEI alcanzaron en España las 440,6 Mt de CO<sub>2</sub>-equivalente.

La *Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia* persigue el cumplimiento de los compromisos de España en materia de cambio climático y el impulso de las energías limpias. Dentro de los objetivos operativos de esta estrategia, los que afectan directamente a la ingeniería de carreteras son:

- Asegurar la reducción de las emisiones de GEI en España. Sobre este tema ya se han visto en el presente artículo varios ejemplos analizados en detalle.
- Contribuir al desarrollo sostenible y al cumplimiento de los compromisos de cambio climático fortaleciendo el uso de los mecanismos de flexibilidad basados en proyectos.

REPSOL



# Un camino sólido hacia el bienestar de todos.



Las infraestructuras viales y su constante mejora constituyen el motor del progreso que nos permite a todos aumentar nuestra calidad de vida, aportándonos seguridad, ahorro de tiempo y comodidad. Por eso trabajamos para facilitar la vida de las personas que recorren con nosotros el camino hacia el futuro y el bienestar.

REPSOL YPF Lubricantes y Especialidades, S.A.  
Glorieta Mar Caribe, 1. 28043 Madrid.

Más información en [repsolypf.com](http://repsolypf.com)

- Impulsar medidas adicionales de reducción en los sectores difusos. En el caso de la ingeniería de carreteras, se aborda un área del más importante, el transporte.
- Fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación sobre en estos temas.
- Impulsar el uso racional de la energía y el ahorro de recursos. Este aspecto es muy importante, pues implica optimizar técnica, económica y medioambientalmente cualquier proceso, como puede ser el caso de cualquiera de las técnicas que pueden aplicarse en la construcción y conservación de carreteras.

A continuación, el autor hace una recopilación de los principales aspectos sobre los que se deben enfocar estas estrategias en la ingeniería de carreteras. En unos casos son aspectos ya aplicados y en otros son propuestas del autor extrapoladas de experiencias previas en otros sectores.

### 1. Comercio de derechos de emisión

La Unión Europea ha apostado fuertemente por el comercio de derechos de emisión como mecanismo para fomentar las reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero de una forma eficaz y económicamente eficiente.

Uno de los elementos centrales del régimen de comercio de derechos de emisión es el Plan Nacional de Asignación (PNA). El PNA vigente determina, para el periodo de aplicación, los derechos a repartir por actividades, la cantidad de derechos que constituyen la reserva para nuevos entrantes, las expectativas de utilización de mecanismos flexibles y la senda de cumplimiento.

Este comercio permite disponer, en tiempo real, de un precio de mercado de las emisiones de GEI. De esta forma, cualquier actuación puede ser evaluada y comparada fácilmente con otras posibles, pudiendo estimar la rentabilidad de cualquier medida que implique el ahorro de emisiones. El precio actual de estos derechos está en torno a 12-15 euros/t, y el precio que los expertos manejan como estable a largo plazo es el de 25-30 euros/t.

### 2. Participación en Mecanismos Flexibles del Protocolo de Kioto basados en proyectos (MDL y AC) y Fondos de Carbono

Otro de los instrumentos principales adoptados de forma complementaria a las medidas de reducción es la utilización de los mecanismos basados en proyectos que

ofrece el Protocolo de Kioto para la consecución de sus compromisos, en particular, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). El PNA 2008-2012 prevé obtener a través de los mecanismos de flexibilidad créditos por un valor del 20 % de las emisiones totales de GEI en España.

Mediante este mecanismo, las inversiones hechas en países en vías de desarrollo cuyo objetivo sea la reducción de emisiones de GEI permiten trasladar esa reducción a las emisiones generadas en el país de origen, siempre y cuando cumplan determinadas autorizaciones y requisitos, regulados por la *Autoridad Nacional Designada (AND)*.

De esta forma, se podría plantear en el futuro este sistema (MDL) para el caso de construcción de carreteras en España y en países en vías de desarrollo; o bien, MDL ligados a otras actuaciones (por ej.: energías renovables). La presencia de nuestras empresas constructoras, concesionarias y de servicios en gran parte del mundo nos facilitaría la aplicación práctica de este tipo de medidas.

También pueden resultar especialmente interesantes para actuaciones concretas en nuestro sector la adquisición de créditos en Fondos de Carbono. Según el PNA 2008-2012, deberán adquirirse mediante créditos de carbono 289,35 Mt, de las cuales, 159,15 Mt corresponden a los sectores difusos.

### 3. Sumideros de carbono

Esta es un área, a juicio del autor, de las que presenta las mejores sinergias a corto plazo con la ingeniería de carreteras en particular, y con la ingeniería civil en general. En cualquier proyecto de carreteras es relativamente sencillo plantear y evaluar el aumento de la superficie forestal del entorno, mediante acciones de forestación y reforestación en zonas abandonadas o degradadas.

El PNA 2008-2012 prevé la compensación del 2 por ciento de las emisiones por actividades de uso de la tierra, cambio de usos de la tierra y silvicultura. Las medidas propuestas son el aumento de la superficie forestal, la restauración de la cubierta vegetal mediante acciones selvícolas adecuadas y especies arbóreas autóctonas, y estableciendo acciones preventivas para evitar los incendios forestales (Foto 8).

De esta forma, podrían compensarse parte o la totalidad de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el transporte en una carretera dada mediante acciones de los tipos anteriores sobre zonas boscosas, aumentando su capacidad de sumideros, es decir, de absorción de CO<sub>2</sub> de la



**Foto 8.** La plantación y conservación de masa forestal compensa emisiones.

atmósfera. También deberán ser tenidas en cuenta las acciones preventivas para evitar los incendios forestales.

En un futuro inmediato, se podrían plantear el proyecto, construcción, conservación y explotación de estos sumideros como una actividad más de la carretera. Esto es algo que ya se hace desde antiguo en otras obras civiles y en otros países (por ej.: embalses en China).

Por citar un ejemplo actual y cercano, la organización de la Expo de Zaragoza 2008 ha sido la primera muestra internacional en implantar un sistema de compensación de emisiones de dióxido de carbono mediante este sistema de sumideros.

Para poder realizar un adecuado seguimiento de este efecto se deberán desarrollar y aplicar sistemas de gestión que permitan conocer el carbono absorbido por las especies vegetales durante su vida útil, de tal forma que se pueda establecer el momento óptimo en que deban ser sustituidas.

#### 4. Captura y almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub>

La captura y almacenamiento geológico de CO<sub>2</sub> constituye una de las medidas de mitigación para la estabilización de las concentraciones atmosféricas de GEI propuesta por el *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC)*.

En España se considera esta tecnología emergente como una opción válida de mitigación. A medio plazo, una vez desarrollados los procesos de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub> y el marco jurídico de referencia, podremos también evaluar la aplicación de esta tecnología como opción de medida de compensación de las emisiones de una carretera.

Hoy en día, sin considerar el coste de la infraestructura necesaria, capturar y confinar una tonelada de CO<sub>2</sub> cuesta entre 45 y 85 euros. Cuando esta tecnología logre reducir estos costes hasta situarlos por debajo de los precios que antes se han indicado, será viable aplicarla en múltiples sectores.

#### 5. Sector del Transporte

Este sector, dentro del que se encuadra la ingeniería de carreteras, como ya se ha dicho, es clave en las estrategias a seguir por las Administraciones Públicas españolas. Cualquier actuación debe encaminarse hacia la eficiencia del transporte de viajeros y mercancías. Es prioritario reducir las emisiones específicas (por unidad transportada) de GEI y otros contaminantes.

El PNA 2008-2012 establece como objetivo el lograr un ahorro de 37,7 Mt de CO<sub>2</sub> eq. anuales en los sectores difusos, dentro de los cuales se encuentra el transporte, como principal emisor. Para ello, se plantea promover un sistema de transporte más eficiente y que preserve el medio ambiente y los recursos no renovables.

Las infraestructuras viarias deben integrarse plenamente en la planificación territorial y urbanística vigente. Se debe aumentar el nivel de integración intermodal del sistema de transporte, mejorando su eficiencia energética, su calidad ambiental y la gestión de la demanda.

La implantación del *Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes 2005-2020 (PEIT)*, estima una reducción de 30 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> en el año 2020.

En el cumplimiento de estos objetivos, la ingeniería de carreteras tiene mucho que decir. Por un lado, desde el punto de vista de su construcción, reduciendo al máximo las emisiones. Y, por otro, desde el punto de vista de su explotación, diseñando carreteras que contribuyan a la eficiencia energética de los tráficos que circulen por ellas, con trazados fluidos y suaves.

Las medidas a tomar por parte de los agentes involucrados deben ir encaminadas hacia una mayor intermodalidad y eficiencia del transporte de viajeros y mercancías, potenciando la sostenibilidad de todos los modos: carretera, ferrocarril, autopistas del mar, peatones y bicis, etc. Y todo ello con una planificación territorial adecuada.

La carretera, como cualquier otro modo de transporte, es sinónimo de libertad y de desarrollo pero, entre todos ellos, la carretera lo es aún más. Es la única que llega a todos los lugares y poblaciones y, además, no debemos olvidar la importancia que tiene para el ciudadano el vehículo privado.

Desde el punto de vista de lograr una gestión de la carretera *sostenible*, los principales objetivos a conseguir deberán ser:

- Plantear y promover una mayor integración de la planificación territorial y urbanística con la de transporte, especialmente en los ámbitos urbanos.
- Integrar criterios ambientales en los planes, programas y actuaciones de carreteras, a nivel estatal (PEIT), autonómico, provincial y local.
- Desarrollar Planes de Movilidad Sostenible, especialmente en las grandes áreas urbanas y metropolitanas que potencien el transporte colectivo y el no motorizado (peatones y bicicletas).
- Limitar el consumo de recursos no renovables y mejorar la eficiencia energética de los diversos modos de transporte. Para el sector de la carretera, es fundamental fomentar el empleo de biocarburantes y motores limpios (eléctricos, híbridos, etc.), y el empleo de energías renovables.
- Resolver y gestionar adecuadamente los problemas de congestión del tráfico, estableciendo las medidas necesarias de gestión de la demanda en los ámbitos congestionados, especialmente destinadas a promover una utilización racional del vehículo privado en los ámbitos urbanos (Foto 9).

## 6. Residuos

Un objetivo claro a seguir en este tema es la reducción de las emisiones de GEI derivadas de los residuos, mediante una optimización de la eficiencia energética de los procesos de gestión, tratamiento y valorización de los mismos.

Su empleo en la construcción de carreteras permite aumentar las tasas de reciclaje y valoración. En estos campos se tiene ya amplia experiencia en España y, actualmente, están en marcha normativas e investigaciones que tienden a un mayor empleo de:

- Residuos de Construcción y Demolición (RCDs).
- Neumáticos Fuera de Uso (NFUs).
- Residuos Industriales (escorias, cenizas, etc.).
- Etc.



Foto 9. La sostenibilidad implica reducir la congestión.

Debido a la gran cantidad de ventajas medioambientales que implica su empleo en la construcción de carreteras, la normativa y planificación de éstas debe ir en consonancia con la planificación sobre residuos, algo que ya se está haciendo durante los últimos años.

## 7. Mejores Técnicas Disponibles (MTDs)

Para poder evaluar detalladamente las distintas posibilidades técnicas que se presentan, se deben estudiar a fondo las emisiones de GEI y los demás factores de eficacia técnica, económica y medioambiental, para poder establecer cuáles son realmente las *Mejores Técnicas Disponibles (MTDs)*, que serán las que se deberán aplicar en cada caso. Este aspecto es muy complejo y ya se están realizando diversos estudios e investigaciones sobre el tema.

De forma análoga a como han hecho los sectores industriales regulados, aplicar las MTDs supone mejorar la eficacia final mediante:

- La mejora del rendimiento energético de los procesos de fabricación y ejecución,
- La modernización de los equipos e instalaciones empleados en cada caso,
- El empleo de residuos, ya comentado, que permitan reducir las materias primas y préstamos necesarios, y
- El empleo de combustibles más limpios y energías renovables (ej: biomasa).

De esta forma, se podrá llegar a reducir el consumo de energía para la *fabricación de un kilómetro de carretera*



Lo último de PROAS es el mejor invento después de la rueda.

Porque hemos creado el BETÚN mejorado con CAUCHO.

En PROAS llevamos más de 50 años liderando el desarrollo tecnológico y el servicio al cliente en el sector del Betún. Por eso, no es de extrañar que hayamos sido la primera compañía española capaz de fabricar el BETÚN mejorado con CAUCHO estable al almacenamiento y de hacer frente a cualquier demanda del mercado. Un Betún de la más alta calidad que supone un claro beneficio para la carretera, la naturaleza y para todos los que vivimos en ella.

en magnitudes cercanas, en base a las experiencias en otros sectores, hasta el 30 por ciento. Luego, puede verse, que aún nos queda mucho por mejorar.

## 8. Medidas Urgentes

La Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia ha establecido un Plan de Medidas Urgentes que deben ponerse en marcha cuanto antes. Algunas ya lo están. Estas medidas deben ser aplicadas e impulsadas por el Gobierno Español, las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales. Los técnicos y gestores implicados en la ingeniería de carreteras deben tratar de aplicarlas cuanto antes en sus ámbitos competenciales.

Estas medidas tienen carácter de urgencia por su importante papel en la reducción de GEI en los sectores difusos. Los que afectan al sector del transporte, y más en concreto, al área de carreteras son:

- Porcentaje mínimo de biocarburantes sobre el total de carburantes para el transporte puestos en el mercado por cada operador.
- Modificación del actual impuesto de matriculación, basado en la cilindrada del motor del vehículo, por otro basado en las emisiones de CO<sub>2</sub> por kilómetro recorrido.
- *Planes de Movilidad Sostenible* obligatorios por ley en municipios con población superior a 100.000 habitantes. Estos planes deberán fomentar el uso del transporte público y los medios no motorizados.
- Elaboración de una norma técnica de ahorro y eficiencia energética en el alumbrado público.

## CONCLUSIONES

En vista de todos los temas analizados, se puede concluir que la consideración de una ingeniería de carreteras sostenible y responsable es, cada día más difícil, tanto por las mayores exigencias que nos va imponiendo la sociedad, como por la cada vez mayor diversidad de factores que debemos considerar, lo cual no debe desanimar a los técnicos implicados, sino todo lo contrario (Foto 10).

Desde el punto de vista medioambiental, las actuaciones estarán siempre ligadas a todas las demás actividades humanas, tanto en las mejoras que se introduzcan como en las posibles afecciones que se puedan ocasionar en la calidad de vida de los ciudadanos. Y esto debe imponer, no cabe duda, una gran responsabilidad.



Foto 10. *Debemos respetar nuestro entorno.*

La reutilización de materiales y residuos, procedentes de otras actividades, son buena prueba de ello. Y, por si esto fuera poco, el Protocolo de Kioto ha venido a añadir nuevos factores comunes a todos los sectores y regiones del planeta. La sostenibilidad de cualquier proyecto vendrá dada, por tanto, por el nivel de estudio y análisis que se alcance sobre estos factores.

Es importante, para poder evaluar detalladamente las distintas posibilidades técnicas que se presentan, estudiar a fondo las emisiones de GEI y los demás factores de eficacia técnica, económica y medioambiental, para poder establecer cuáles son realmente las mejores técnicas disponibles, que serán las que se deberán aplicar en cada caso. Este aspecto es muy complejo y ya se están realizando diversos estudios e investigaciones sobre el tema.

Por otro lado, para poder comparar distintas soluciones desde el punto de vista medioambiental, se debe realizar un completo análisis multicriterio, que analice y pondere correctamente todos los factores que intervienen en cada una de las soluciones a considerar.

Una ingeniería de carreteras sostenible y responsable implica considerar bien las afecciones al entorno que implica la construcción y posterior explotación de la carretera desde los puntos de vista de los procedimientos constructivos en sí, de los materiales empleados y, por supuesto, durante su posterior explotación, gestionándola de forma integrada con la red de la que forma parte, buscando en todo momento la eficacia y la sostenibilidad.

Frente a la idea extendida de que se deben dejar de construir carreteras a favor de otros medios de transporte, si realmente se quieren reducir las emisiones de GEI sin perjudicar el desarrollo, se deben construir las carreteras necesarias para descongestionar las existentes, realizar una correcta gestión de todos los modos de transporte en

su conjunto y desarrollar una planificación territorial y urbanística que contribuyan a reducir dichas emisiones.

Este nuevo reto es apasionante. Para afrontar el cambio climático serán necesarias innovaciones en todos los sectores. Como se ha pretendido exponer en este artículo, las soluciones son múltiples, se puede elegir entre muchas opciones para reducir o compensar emisiones de GEI.

En un marco que permita proseguir y aumentar las actividades de investigación y desarrollo, la ingeniería de carreteras, como cualquier otro sector, logrará satisfacer las expectativas de la sociedad.

El autor quiere terminar este artículo con la conclusión principal que se puede extraer de todo lo analizado: *mejores carreteras contribuyen, entre muchas otras cosas, a reducir las emisiones de GEI y, por lo tanto, a un entorno más sostenible*. La carretera sostenible no sólo es posible, es una realidad presente ya en muchos kilómetros.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Asociación Española de la Carretera y Fundación Biodiversidad. "Manual de Buenas Prácticas Ambientales en la Conservación de Carreteras". Madrid, 2007.
2. Bardesi, A. y Martínez Nicolau, M. "Análisis de las distintas capas de rodadura". Madrid, 2005.
3. Bauzá, J.D. "El reciclado de los residuos de construcción y demolición: una deuda del sector con la sociedad". Agosto - ARQUISUR. Sevilla, 2005.
4. Comisión Europea. "The Auto-Oil II Programme Transport Base Case Data-Spain. Directorates for: Economics and Financial Affairs, Enterprise, Transport and Energy, Environment, Research and taxation and Customs Union". Bruselas, 1999.
5. Del Val, M.A. "Consideraciones ambientales sobre las mezclas asfálticas.". Revista RUTAS nº 112. Madrid, 2006.
6. European Union Road Federation (ERF), the Brussels Programme Centre of the International Road Federation (IRF). "Sustainable Roads". Bruselas, 2007.
7. Gobierno de España. Real Decreto 1866/2004, de 6 de septiembre, "Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión de GEI 2005-2007". Madrid, 2004.
8. Gobierno de España. Real Decreto 1370/2006, de 24 de noviembre, "Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión de GEI 2008-2012". Madrid, 2006.
9. Gobierno de España. "Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020". Madrid, 2007.
10. González, J.L. et al. Colección de Estudios 8 "Aplicación del Protocolo de Kioto para Castilla y León". Consejo Económico y Social de Castilla y León. Valladolid, 2005.
11. IPCC - Ministerio de Medio Ambiente. "Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios de gases de efecto invernadero". Madrid, 2001.
12. IDAE. Boletín nº 8 (Octubre de 2006) "Eficiencia Energética y Energías Renovables". Madrid, 2006.
13. Knudsen T. y Bang B. "Environmental consequences of better roads". SINTEF Report. Trondheim (Noruega), 2007.
14. NC (1998): ISO 14.040:1997 "Gestión Medioambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Estructura". AENOR.
15. Olard, F. et al "Las mezclas a baja energía EBE y baja temperatura EBT". Revista CARRETERAS nº 153. Madrid, 2007.
16. Ortiz, J, del Cerro, J., Moncunill, C. "Carreteras y sostenibilidad". Revista CARRETERAS nº 152. Madrid, 2007.
17. París A. et al. "Análisis de ciclo de vida y sostenibilidad en la fabricación de mezclas bituminosas en caliente". Comunicación libre presentada en la Jornada Técnica ASEFMA. Madrid, 2005.
18. PriceWaterhouseCoopers. "Efectos de la aplicación del Protocolo de Kioto en la economía española". Madrid, 2004.
19. Sampedro, A. "Reutilización de materiales y el Protocolo de Kioto en la construcción de carreteras". Revista CARRETERAS. Número Especial: Integración Ambiental. Madrid, 2006.
20. Sampedro, A. "El Protocolo de Kioto en la construcción de carreteras". I Congreso de Medio Ambiente en Carreteras. Asociación Española de la Carretera - Gobierno de Cantabria. Santander, 2006.
21. Sampedro, A et al. "Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para la valoración de la sostenibilidad del reciclado de mezclas asfálticas en caliente". XV Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto (CILA). Lisboa, 2009.
22. SENDECO2. Varios "Informes de Mercado". Barcelona, 2007.
23. Soto, J.A., Tomás, R. "Sistemas de baja emisión". Revista CARRETERAS. Número Especial: Mezclas Bituminosas. Madrid, 2007. 

# Gestión de infraestructuras, tráfico y sumideros de CO<sub>2</sub> para reducir las emisiones del transporte por carretera



Infrastructure management, traffic and CO<sub>2</sub> sinks for reducing road transport emissions

Elena DE LA PEÑA GONZÁLEZ

Subdirectora General Técnica  
Asociación Española de la Carretera (AEC)

## RESUMEN

Aunque el transporte es de momento un sector difuso en cuanto a la regulación de sus emisiones, se han establecido objetivos para conseguir su reducción. Según se cita en la "Estrategia española de cambio climático y energía limpia. Horizonte 2007-2012-2020", se persigue conseguir, también en los sectores difusos, que las emisiones de gases de efecto invernadero no superen un 37% respecto al año base (1990) en el periodo 2008-2012.

En este artículo se aportan algunas de las estrategias que se están desarrollando en el sector de la carretera y otras que pueden potenciarse en el futuro próximo, en relación a la gestión de infraestructuras y tráfico y a las posibilidades que ofrecen los sumideros de carbono ligados a la explotación de las carreteras.

**Palabras clave:** Transporte, Gas de efecto invernadero (GEI), Sumidero de carbono, Cambio climático, Emisión, Kioto.

## ABSTRACT

Transport is considered as a diffuse sector regarding the regulation of emissions. In spite of this, some objectives directed to the reduction of emissions have been set up. The "Spanish strategy for climate change and clean energy. Horizon 2007-2012-2020" aims to achieve, even for diffuse sectors, that greenhouse gas emissions do not exceed 37% from the basis year (1990), for 2008-2012.

This article shows several strategies that the road sector is implementing and some others which can be promoted in the next future, based on infrastructure and transport management and potential of carbon sinks linked to roads.

**Key words:** Transport, Greenhouse gas (GHG), Carbon sink, Climate change, Emission, Kyoto.



lo largo de este número especial de la revista *Carreteras* se analizan varias experiencias que, desde el sector, pretenden minimizar el impacto de la carretera y el transporte en el cambio climático.

Este artículo se centra en tres actuaciones que presentan una significativa potencialidad en cuanto a la reducción del impacto de las carreteras en el cambio climático.

Por un lado, la consideración de la propia infraestructura como un sumidero de carbono, por la posibilidad de algunos materiales de fijar el CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes.

Por otro lado, la gestión de la zona de dominio público de las carreteras, que ofrece varias posibilidades de optimización dirigidas a compensar los efectos negativos del tráfico en el medio ambiente.

Por último, la gestión del tráfico permite implantar algunas estrategias que reducen la congestión, responsable de una parte importante de las emisiones de los vehículos que se desplazan por carretera. Aunque el problema de la congestión es esencialmente urbano (se estima que aproximadamente el 40% de las emisiones del transporte por carretera se producen en el entorno urbano) algunos itinerarios interurbanos sufren con frecuencia situaciones de tráfico intenso y congestión, lo que hace necesario plantear medidas de mejora de la fluidez del tráfico y, consecuentemente, de reducción de las emisiones de los vehículos a la atmósfera. De la misma manera, las actuaciones sobre la infraestructura y las herramientas para su gestión permiten reducir la congestión y su impacto negativo en el medio ambiente.

Las posibilidades de asociación de sumideros de carbono y gestión de carreteras y su entorno permiten abrir un nuevo horizonte para la reducción del balance global de emisiones del tráfico rodado.

## **POLÍTICAS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA REGULACIÓN DE EMISIONES**

Tras un largo proceso de negociación, la respuesta internacional al reto del cambio climático se realizó a través de dos instrumentos: la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático (entró en vigor en 1994 y persigue lograr una estabilización en las concentraciones de gases de efecto invernadero) y el Protocolo de Kioto (adoptado en 1997, establece objetivos de reduc-

ción de emisiones de gases de efecto invernadero para el periodo 2008-2012).

Posteriormente, tanto en el contexto mundial como en el europeo y el nacional se han realizado avances en este sentido. El contexto en el futuro próximo, que establecerá la hoja de ruta en el futuro, al finalizar el periodo 2008-2012, se decidirá en Copenhague en diciembre de 2009, donde se establecerán las estrategias posteriores a Kioto.

En el ámbito de la Unión Europea cabe destacar el Programa Europeo sobre el Cambio Climático (el primero en 2000 y el segundo en 2005), el Libro Blanco *Adaptación al Cambio Climático: Hacia un marco europeo de actuación* (2009) y la aprobación de la Directiva 2003/87/CE por la que se establece un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero.

Además de otras comunicaciones relevantes en los últimos años, es preciso destacar en el año 2008 la Directiva que establece el objetivo de reducir en un 20% las emisiones de CO<sub>2</sub> respecto a 1990 hasta el año 2020 mediante la utilización de un 20% de energías renovables y un ahorro del 20% en la futura demanda de energía. En el caso en que se alcance un acuerdo internacional en la reunión de las partes en Copenhague en el año 2009, la Unión está dispuesta a elevar su compromiso hasta una reducción del 30%.

En el ámbito nacional, además de la *Estrategia Española para el cumplimiento del Protocolo de Kioto* (2004), destacan como iniciativas más recientes con implicaciones en el transporte la *Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020* y el *Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático*, así como la *Estrategia Española de Movilidad Sostenible*, actualmente en revisión tras un periodo de consulta pública.

## **SECTORES REGULADOS Y SECTORES DIFUSOS**

Según se establece en la *Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020*, en el año 2005 las emisiones totales de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en España aumentaron en un 52,2% respecto a las emisiones del año base (1990), lo que supone casi 37,2 puntos porcentuales de exceso sobre el compromiso adquirido en el Protocolo de Kioto (aumento del 15% respecto al año base). El Gobierno ha fijado como objetivo no superar un incremento del

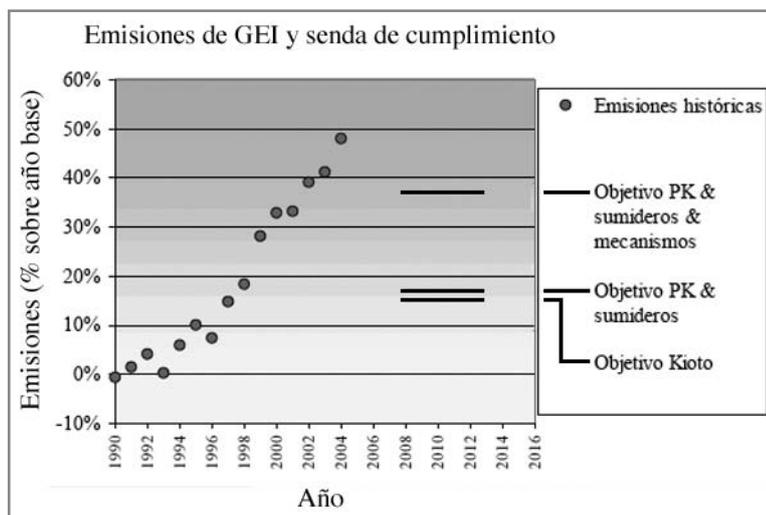


Figura 1. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero y senda de cumplimiento (Fuente: Plan de Asignación 2008-2012).

37% respecto a las emisiones del año base; la diferencia respecto al objetivo establecido (22%) se espera conseguir por medio de sumideros (2%) y mecanismos de flexibilidad (20%).

Los mecanismos de flexibilidad, establecidos en el Protocolo de Kioto (comercio de emisiones, mecanismo de desarrollo limpio y mecanismo de aplicación conjunta) suponen un elevado coste para los países.

Las previsiones de cara al periodo 2008-2012 vaticinan un incremento de emisiones del 50%, con diferentes contribuciones por parte de los sectores: se estima que los sectores difusos<sup>(a)</sup>, en particular el transporte y el residencial, experimenten un crecimiento más acentuado. A la vista de estos datos, el Gobierno ha establecido para el periodo 2008-2012 el objetivo de conseguir que las emisiones totales de España no superen un incremento del 37% respecto a las emisiones del año base.

El Plan Nacional de Asignación 2008-2012 es actualmente el marco para los sectores regulados, mientras que para los sectores difusos (transporte, residencial, comercial e institucional, agrario, residuos y gases fluorados), la propia Estrategia especifica los objetivos que deben alcanzarse, así como las medidas para conseguirlo y los indicadores de medición de los resultados; estos sectores se enmarcan, asimismo, en el objetivo de no superar un 37% respecto al año base.

El gráfico de la Figura 1 hace referencia a la participación esperada de los sumideros de carbono en el volumen de emisiones en el periodo 2008-2012.

## SUMIDEROS DE CARBONO

Se considera sumidero a todo sistema o proceso por el que se extrae un gas de la atmósfera y se almacena. Las formaciones vegetales actúan como sumideros por su función vital principal, la fotosíntesis, en la que absorben CO<sub>2</sub> de la atmósfera o disuelto en agua y con ayuda de la luz solar lo utilizan en la elaboración de moléculas sencillas de azúcares.

### 1. Los sumideros de carbono en el Protocolo de Kioto

En el Protocolo de Kioto se consideran como sumideros ciertas actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura; se trata de mecanismos que se introdujeron para facilitar el cumplimiento de los compromisos de reducción de emisiones.

Forestación, reforestación y deforestación son las actividades que se consideran en el Protocolo de Kioto como relacionadas con sumideros de carbono; los países deben informar de las emisiones producidas y absorbidas por los sumideros, actividades que deben haberse realizado con posterioridad al 31 de diciembre de 1989 y con anterioridad al 31 de diciembre del último año del periodo de compromiso. Existen, asimismo, otras actividades adicionales como la gestión de tierras agrícolas, la gestión de bosques, pastos y restablecimiento de la vegetación.

### 2. Los sumideros de carbono en España

La definición genérica de *bosque* que se hacía en los Acuerdos de Marrakech, en los que se siguió avanzando en la línea establecida en el Protocolo de Kioto, hace referencia a una:

*“superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros a su madurez in situ”.*

La definición adoptada por España establece como parámetros básicos:

- Cubierta mínima de copas: 20%.
- Unidad mínima de superficie: 1 hectárea.

(a) Los sectores difusos son aquellos sectores no incluidos en la Ley 1/2005 en la que se regula el régimen de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero; son el sector del transporte, residencial, comercial e institucional, agrario, residuos y gases fluorados.

- Altura mínima de los árboles en su madurez: 3 metros.

En cuanto a las actividades adicionales que se pueden considerar en cuanto a la dotación de sumideros de carbono, España ha elegido la gestión de bosques y la gestión de tierras agrícolas.

Asimismo, nuestro país ha elegido rendir cuenta de estas actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura al final del periodo de compromiso.

Para el cálculo de la cifra de potencial de absorción por las actividades de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura en España en el periodo 2008–2012 se contabilizó la absorción producida por actividades de forestación y reforestación y el aumento de los *stocks* de carbono debido a la gestión de tierras agrícolas y la gestión de bosques.

Pero no todo lo que se absorbe como consecuencia de estas actividades es contabilizable. Las normas de contabilización del Protocolo de Kioto establecen que sólo aquellas absorciones producidas por actividades realizadas desde 1990, directamente inducidas por el hombre y, ante todo, verificables, pueden ser contabilizadas, y sólo se contabilizarán las absorciones producidas por estas actividades entre 2008 y 2012, es decir, no se contabiliza el carbono almacenado, sino que se contabiliza el aumento de carbono absorbido que cumple con los requisitos que establece el Protocolo, durante el periodo de compromiso.

Los procedimientos de cálculo de las posibilidades de absorción de CO<sub>2</sub> por parte de las especies son complicados. A modo de ejemplo, se pueden citar los siguientes resultados obtenidos del IPCC (Panel Intergubernamental del Cambio Climático), valorando un pie de dos especies, con un volumen de madera con corteza de 0,2 m<sup>3</sup>:

- El pino resinero podría absorber 276,85 kg CO<sub>2</sub>/árbol.
- Una encina podría absorber 401,94 kg CO<sub>2</sub>/árbol.

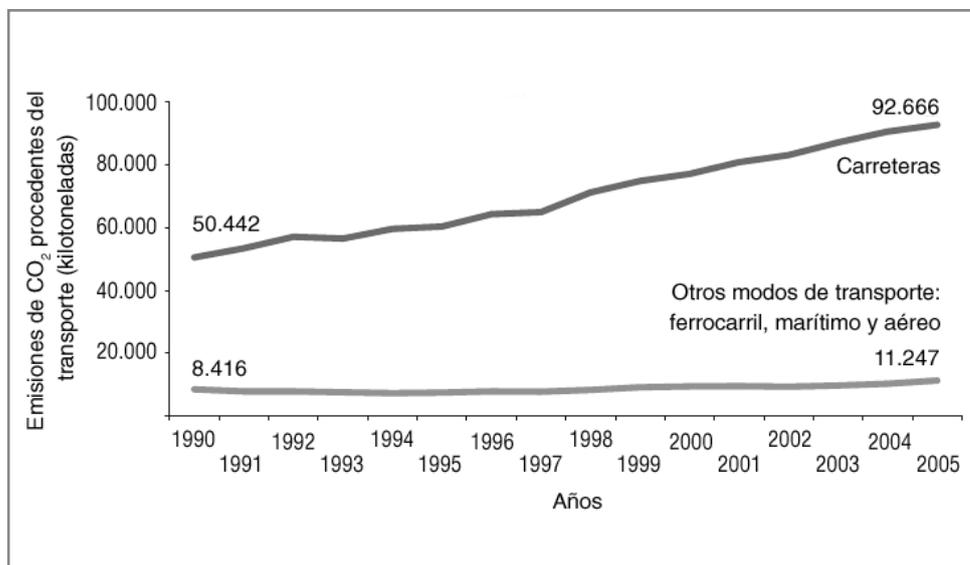


Figura 2. Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del transporte en España. (Fuente: Ministerio de Medio Ambiente).

## POTENCIALIDAD DE LA GESTIÓN DE SUMIDEROS ASOCIADOS A LAS CARRETERAS

### 1. La carretera: su responsabilidad y sus posibilidades

El transporte por carretera es una de las actividades que más contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero. La Figura 2 hace referencia a la evolución de las emisiones del transporte por carretera y su relación con otros modos de transporte.

Si bien es cierto que se ha avanzado mucho en la reducción de las emisiones unitarias de los vehículos en los últimos años y que desde el sector de la carretera se están implantando medidas para reducir el impacto de la actividad del transporte sobre el medio ambiente, es preciso seguir promoviendo mejoras en los procedimientos habituales de diseño, construcción y explotación de las carreteras, sin olvidar el importante papel que puede y debe jugar la innovación.

En los siguientes apartados se presentan algunas ideas en este sentido.

### 2. Potencialidad de la gestión de la zona de dominio público

La zona de dominio público de la carretera ofrece una superficie que es posible gestionar para la optimización de la captación de CO<sub>2</sub>. Se trata de considerar una parte de la zona de dominio público como un sumide-

ro de carbono. Desde esta perspectiva, se podrían valorar las siguientes posibilidades.

### 2.1 Medianas de las carreteras

Las medianas de las auto-vías y autopistas se pueden plantar y mantener para la máxima captación de CO<sub>2</sub>, eligiendo las especies con más potencial, dentro de las variedades que mejor se adaptan a su función y al entorno.

Asumiendo una anchura media de las medianas de las vías de gran capacidad de las redes de carreteras de España de 3 metros, la superficie total de las medianas superaría las 4.400 hectáreas, que podrían gestionarse para potenciar sus posibilidades de captación de CO<sub>2</sub>.

### 2.2. Márgenes de las carreteras

En los márgenes de nuestras carreteras es frecuente encontrar matorrales, árboles u otras especies como resultado de las plantaciones en los taludes. La elección de los tipos de vegetación más apropiados y un adecuado programa de conservación y mantenimiento permitirían aumentar las posibilidades de captación de CO<sub>2</sub> de la red de gran capacidad del país.

Si se considera la zona de dominio público que se establece en la Ley de Carreteras (una franja de 8 metros de anchura en las vías de gran capacidad y de 3 metros en otro tipo de vías), la superficie de dominio público en la Red de Carreteras del Estado alcanzaría más de 26.000 hectáreas (Foto 1).

Aunque no toda la zona de dominio público está libre de edificaciones u otros servicios, se podría valorar un aprovechamiento parcial de estas superficies para optimizar sus posibilidades de captación de CO<sub>2</sub>.

### 2.3. Gestión de los recursos hídricos

El establecimiento de acuerdos para la mejora de la gestión de los recursos hídricos próximos a las carreteras podría suponer una vía de aumento de las posibilidades de los sumideros de CO<sub>2</sub> que estos recursos suponen.



**Foto 1.** Vista global de una autopista de última generación. (Fuente: Elaboración propia).

### 2.4. Plantaciones en zonas adyacentes o próximas a la vía

Se considera la posibilidad de promover plantaciones de nuevas especies en zonas próximas a la vía, de manera que se pueda conseguir una absorción de CO<sub>2</sub> adicional asociada a la construcción o explotación de una carretera. Experiencias como la del bosque "BlueMotion", sobre la que se ha hablado en otro número de esta revista es un ejemplo de estas prácticas.

### 3. Potencialidad de la infraestructura como sumidero

Además de los sumideros contemplados en los protocolos y normativas, asociados a las cubiertas vegetales y masas arbóreas, es preciso reconocer la potencialidad de los elementos de la infraestructura en la fijación de gases de efecto invernadero. En concreto, se pueden destacar las siguientes:

- El cemento, presente en todas las estructuras de las redes de carreteras es un material que absorbe CO<sub>2</sub> a lo largo de toda su vida útil.
- De la misma manera, los pavimentos de hormigón actúan como sumideros de carbono, fijando el CO<sub>2</sub>. Un estudio realizado por Oficemen estima que un metro cuadrado de pavimento de hormigón puede absorber 1,8 kilogramos de CO<sub>2</sub> a lo largo de toda su vida útil, mientras que en el caso del suelo-cemento, este valor sería de 1,5 kilogramos de CO<sub>2</sub> por metro cuadrado.



Foto 2. Información al usuario a través de paneles de mensaje variable. (Fuente: Postigo, obras y servicios).



Foto 3. Carril exclusivo para el transporte público. (Fuente: Rafael Rueda, IDOM).

- En otros elementos de la vía se están realizando algunas experiencias iniciales de absorción de gases de efecto invernadero. Es el caso de las tecnologías que oxidan los  $\text{NO}_x$ , deteriorándolos completamente, utilizando luz para activar la reacción. Existen varias aplicaciones prácticas en España en pantallas acústicas, adoquines y firmes.

#### 4. Potencialidad de la gestión del tráfico y las infraestructuras

La congestión en las ciudades es una de las principales fuentes de gases contaminantes a la atmósfera en el contexto del transporte por carretera. Numerosos estudios han tratado de cuantificar la congestión y establecer sus impactos sociales, económicos y medioambientales, llegando, en general, a la conclusión de que una mejora en la gestión de las infraestructuras y, sobre todo, del tráfico, permitiría reducir considerablemente sus efectos negativos.

Las situaciones de congestión están en cierto modo caracterizadas: por lo general, estas situaciones se suelen producir en los accesos a las grandes ciudades y en vías urbanas, y aparecen en horas punta por la mañana, a medio día y por la tarde-noche. El resto del tiempo, la mayor parte de las infraestructuras viarias suelen presentar un flujo libre de circulación.

Por este motivo, en muchos casos, no es necesaria la construcción de nuevas infraestructuras, sino que sería preciso mejorar la gestión del tráfico en las vías existentes, contando con la notable participación de un transporte público eficiente y de calidad. Como medidas para reducir la congestión desde la perspectiva de la gestión del tráfico, cabe citar:

- Etilización de las tecnologías ITS para la gestión dinámica de la velocidad.
- Utilización de la tecnología ITS para la difusión de información de tráfico que permita a los ciudadanos reaccionar a tiempo y elegir mejor, cuando se pueda, su itinerario (Foto 2).

- Máximo aprovechamiento de la capacidad de la vía mediante la utilización de carriles reversibles.
- Construcción de carriles específicos para el transporte público, como el actual metrobus (ver Foto 3).

A grandes rasgos, se estima que la utilización de sistemas inteligentes de transporte puede reducir los tiempos de viaje en un 15%.

Sin embargo, en algunos itinerarios o tramos no es suficiente con la mejora de la gestión del tráfico para reducir la congestión, sino que es necesario realizar actuaciones sobre la propia infraestructura para mejorar su capacidad y, con ello, la fluidez del tráfico.

Además del contexto urbano, algunas vías interurbanas se encuentran bajo situación de congestión con frecuencia, generalmente con una cierta estacionalidad (desplazamientos a la costa durante el verano). En estos tramos, debe plantearse alguna actuación para la mejora de las infraestructuras. En este sentido, se valoran las siguientes medidas:

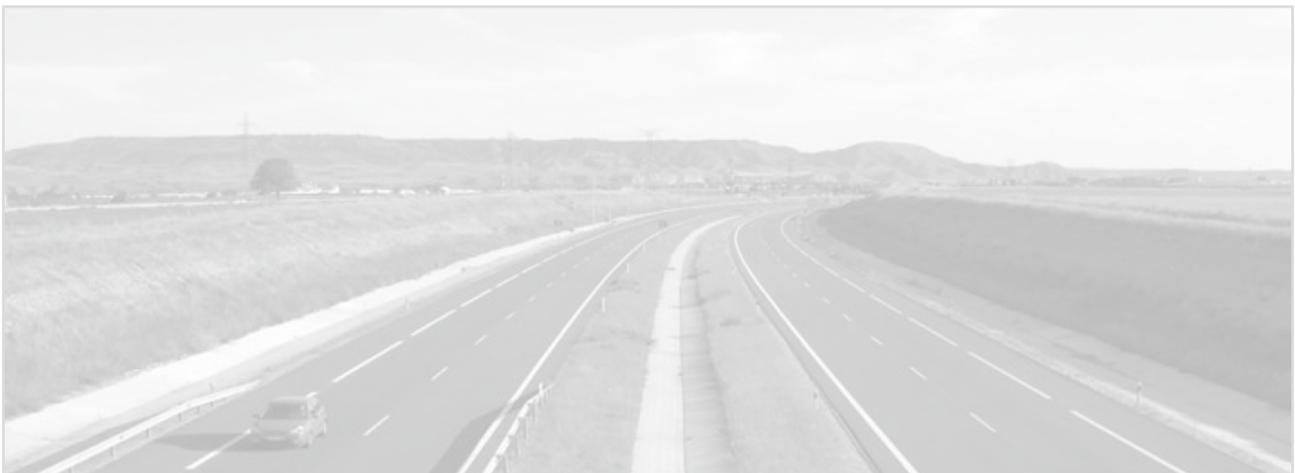
- Mejora de intersecciones, enlaces y accesos, así como otros puntos de la red viaria que actúan como *cuellos de botella*.
- Mejora de los accesos a las grandes ciudades, por medio de un aumento de la capacidad.
- Aprovechamiento de los beneficios de la construcción subterránea.
- Aumento de la capacidad de la infraestructura en vías de doble calzada, mediante la provisión de un tercer carril, situación que debería preverse en la construcción de nuevas autopistas.

## CONCLUSIONES

El sector de la carretera sigue innovando y proponiendo medidas para atenuar el impacto de su actividad en el cambio climático. Los sumideros de carbono y la gestión del tráfico y de las infraestructuras suponen aportaciones muy interesantes para reducir las emisiones del transporte por carretera, en las que se espera avanzar en los próximos años.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Especial "Carreteras y sostenibilidad", Revista Carreteras, Asociación Española de la Carretera. (Julio - agosto de 2008, número 160)
2. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
3. Síntesis de legislación de la Unión Europea. <http://europa.eu/scadplus/leg/es/s15012.htm>
4. "Carreteras descontaminantes: la tecnología NOXER". Comunicación presentada en el II Congreso Nacional de Medio Ambiente en Carreteras. Santander, abril de 2008.
5. Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources amending and subsequently repealing, Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC
6. Estrategia Española de Cambio Climático y Energía Limpia. Horizonte 2007-2012-2020. Ministerio de Medio Ambiente, 2007. 



# Paneles de mensaje variable de bajo consumo, para tráfico



Low energy consumption variable message traffic signs

Federico C. FERNÁNDEZ ALONSO

*Subdirector General de Gestión de Tráfico y Movilidad  
Dirección General de Tráfico  
Ministerio del Interior*

Enrique BELDA ESPLUGUES

*Subdirector General Adjunto de Movilidad  
Dirección General de Tráfico  
Ministerio del Interior  
Profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros  
de Caminos Canales y Puertos de Valencia*

Juan Carlos HERRANZ TORRES

*Ingeniero de Telecomunicaciones  
Codirector Departamento I+D+i  
Alba Electronica, S.L.*

Gregorio HOYO GONZÁLEZ

*Ingeniero de Telecomunicaciones  
Codirector Departamento I+D+i  
Alba Electronica, S.L.*

Julio BERNALDO GONZÁLEZ

*Director Área de Tráfico  
Grupo Postigo, S.A.*

## RESUMEN

*En los últimos años el número de Paneles de Mensaje Variable (PMVs) en las carreteras ha crecido de forma espectacular, España es uno de los países europeos con más inversión en Sistemas Inteligentes de Transporte y con más PMV's instalados.*

*Actualmente, el desarrollo tecnológico enfocado a un mayor bienestar rechaza el derroche energético y busca el respeto por el medio ambiente, no existe discusión acerca de la necesidad de conseguir la máxima eficiencia energética y el uso razonable de los recursos. Este artículo analiza los diferentes factores que intervienen en el consumo energético de un Panel de Mensaje Variable y establece los criterios técnicos para diseñar y fabricar PMV's con muy bajo consumo.*

*Palabras clave: Señalización, Panel de mensaje variable, Consumo eléctrico, LEDs.*

## ABSTRACT

*During the last years the number of Variable Message Traffic Signs (VMSs) in the Spanish roads has grown spectacularly. Spain is one of the European countries which invest most in Intelligent Systems of Transport (ITS), as well as one of the most developed when it comes to the number of installed VMS.*

*Nowadays, the technological development has become 'green'. Thus, it is now rejecting unnecessary energetic waste, and it is keen on the respect for the environment. Nobody doubts that making the most out of the energy resources is key in our well-being society. This article discusses about the different factors that play their role in the power consumption of a VMS, and sets the technical criteria to design and manufacture ultra-low-consumption VMS.*

*Key words: Traffic signs, Variable message traffic signs, Electrical consumption, LEDs.*

## PMVs ACTUALES Y CONSUMOS

Si se elije al azar un *Panel de Mensaje Variable (PMV)* de 2 zonas gráficas, con resolución de 64 x 64 píxeles y 3 líneas alfanuméricas de 12 caracteres y 320 mm de altura (Foto 1), del inventario de PMVs de las carreteras españolas, la potencia máxima consumida muy probablemente esté alrededor de los 3,5 KW.

El consumo todavía no es una prescripción técnica para los PMVs, ni está incluido dentro de las exigencias de la normativa europea. El Certificado para mercado CE recoge, en su anexo, los niveles obtenidos en los ensayos para cada una de las características de la norma EN 12966 (como es conocido, es muy importante revisar este anexo para conocer las características de los PMVs) pero no especifica el consumo, puesto que no es, actualmente, un requisito de la norma europea. En los foros técnicos, los especialistas creen razonable que alguna nueva especificación limite los consumos máximos. El valor que se baraja como límite máximo aceptable es de 2,3 KW. Como veremos a lo largo del artículo, este valor queda muy lejos de lo que permite la tecnología actual.

## ELEMENTOS QUE INFLUYEN EN EL CONSUMO DE UN PMV

En este apartado se identifican y describen los elementos del panel que poseen un impacto directo en su consumo eléctrico.

### 1. LED

Es un dispositivo semiconductor que emite luz casi-monocromática cuando se polariza de forma directa y es atra-



**Foto 1.** PMV compuesto por 2 zonas gráficas, con resolución de 64 x 64 píxeles y 3 líneas alfanuméricas de 12 caracteres de 320 mm de altura.

vesado por una corriente eléctrica. En general, los LEDs suelen tener mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos, se suele buscar un compromiso entre la intensidad luminosa que producen (mayor cuanto más grande es la intensidad que circula por ellos) y la eficiencia (mayor cuanto menor es la intensidad que circula por ellos).

Es el elemento del PMV que transforma la energía eléctrica en energía lumínica, la eficiencia de esta conversión es un parámetro primordial en el consumo eléctrico de un PMV. La elección correcta del LED, es indispensable para controlar el consumo eléctrico del panel.

### 2. Fuentes de alimentación internas

Si las fuentes internas tienen un rendimiento bajo, se necesita un mayor aporte de energía, porque se desperdicia gran parte en forma de calor.

Un diseño adecuado de las fuentes de alimentación internas permite que la energía entregada al PMV desde el sistema de alimentación externo sea aprovechada de forma eficiente.

### 3. Relación de contraste y legibilidad

La visión humana responde enérgicamente a los cambios temporales y espaciales de la potencia de los estímulos. Nuestros ojos son sensibles al contraste y no a la luminancia en términos absolutos. Si se consigue aumentar la relación de contraste en una señal luminosa, se necesita un menor estímulo lumínico para la misma sensación visual.

Un menor estímulo lumínico significa menor consumo de energía eléctrica. Por lo tanto es necesario aumentar la relación de contraste.

### 4. Electrónica de control

La electrónica de control del PMV (CPU, "firmware", "drivers" y micros), es otro de los aspectos que afectan directamente al consumo. Estos dispositivos, en sí mismos, tienen un consumo despreciable frente a los LEDs si el PMV se encuentra a máxima luminosidad, pero su impacto es importante en las horas nocturnas cuando el PMV está en niveles de luminancia bajos, o cuando no se visualiza ningún mensaje.

El objetivo es: no consumir si no se usa. Un objetivo claro, pero requiere conocimiento del uso de los PMV, de sus condiciones de contorno, y de las prestaciones de los componentes elegidos. La programación de las CPU es una de las cuestiones más determinante para reducir el

consumo de energía eléctrica de los PMVs hasta niveles realmente espectaculares

## PRESTACIONES VISUALES Y BAJO CONSUMO

### 1. Clases de la normas europea EN-12966

La Norma Europea EN-12966 es de obligado cumplimiento desde enero del 2007. El cumplimiento de esta norma, y las designaciones de clase pertinentes del PMV deben ser declaradas por el fabricante a través del Certificado de Conformidad CE.

Esta norma en su apartado 7 *Prestaciones visuales*, especifica las características ópticas que deben cumplir los PMVs. Dichas características se resumen en un conjunto de clases para el color, la luminancia emitida, relación de luminancia y anchura o ángulo de emisión. En su apartado 8 *Prestaciones físicas*, se clasifican los parámetros ambientales: temperatura, contaminación, y protección. Entre las clases que determinan los aspectos físicos y las que definen los aspectos visuales, existen más de 6.000 posibilidades que responden a las exigencias de la EN-12966.

En España, a través de los Pliegos de Prescripciones Técnicas, se está exigiendo, la clase C2 para el color (excepto para el verde que es C1), la clase L3 para la luminancia y la clase R2 para la relación de luminancia. En cuanto a la clase de anchura de haz se exige B4 y B2 justificando cada una de las clases.

A continuación, se estudian los aspectos visuales y su impacto en el consumo. En todos los puntos se tiene en cuenta las especificaciones de la EN-12966, y también, otros aspectos no especificados en la norma, como la resolución. El objetivo es establecer criterios y recomendaciones que permitan reducir el consumo, manteniendo o incluso mejorando las prestaciones visuales de los PMVs actuales.

## 2. Parámetros fotométricos

### 2.1. Luminancia

Hasta la entrada en vigor de la EN-12966, los PMVs instalados en España debían cumplir con antiguas especificaciones que exigían emitir un mínimo de 8.500 cd/m<sup>2</sup> en el color blanco de la zona gráfica y 16.000 cd/m<sup>2</sup> en el color ámbar de la zona alfanumérica.

Actualmente, con base en la norma europea EN-12966, se exige como requisito mínimo para la luminancia el

cumplimiento de la clase L3, lo que significa un mínimo de 12.400 cd/m<sup>2</sup> para el color blanco y 7.440 cd/m<sup>2</sup> para el color ámbar. Pero estos mínimos no son suficientes, hay que emitir más para cumplir con otro de los parámetros: la relación de luminancia clase R2.

Desde el punto de vista del consumo y sobre todo de prestaciones visuales, la exigencia de la clase L3 es una buena elección, en la mayoría de los casos. Esta exigencia puede resultar excesiva en algunas ubicaciones, especialmente para PMVs en entornos urbanos y vías lentas, donde la clase L2 de luminancia, cuyo mínimo es de 6.200 cd/m<sup>2</sup> para el blanco y 3.720 cd/m<sup>2</sup> para el ámbar, es adecuada con una relación de luminancia clase R2. Elegir un L2, colabora a la reducción del consumo eléctrico.

### 2.2. Relación de luminancia o contraste

Para el diseño de los sistemas de visualización se utilizan conceptos de contraste de color y relación de luminancia.

El sistema de visión humano codifica el contraste o relación de luminancia. El reconocimiento de una imagen depende de las diferencias de color y luminancia de dicha imagen con su entorno. Esto explica que una fotografía vista en un ambiente muy luminoso se perciba igual que en un ambiente menos luminoso (codificamos las diferencias). Estas diferencias tienen un umbral a partir del cual, las imágenes presentadas son legibles.

La Norma Europea EN-12966 define la relación de luminancia con la siguiente fórmula:

$$LR = \frac{(La - Lb)}{Lb}$$

Donde:

- *La* es la luminancia de la señal en estado de funcionamiento bajo iluminación externa.
- *Lb* es la luminancia de la señal apagada bajo iluminación externa.

*La* es la suma de la luminancia emitida por los LEDs más la reflejada por el PMV. Por este motivo, para mejorar el contraste o relación de luminancia hay dos posibilidades: emitir lo máximo posible, y reflejar lo menos posible.

Para reducir el consumo, hay que centrarse en disminuir el reflejo, manteniendo la relación de luminancia para clase R2, óptima para conseguir una buena legibilidad en un día soleado (Tabla 1).

Color	Relación de luminancia mínima					
	R3		R2		R1	
	En el eje de referencia	Fuera del eje de referencia	En el eje de referencia	Fuera del eje de referencia	En el eje de referencia	Fuera del eje de referencia
Blanco	16,7	8,35	10	5	5	3
Blanco/Amarillo	14,2	7,1	8,5	4,25	4,25	2,55
Amarillo	10	5	6	3	3	1,8
Verde	5	2,25	3	1,5	1,5	0,9
Rojo	4,2	2,1	2,5	1,25	1,25	0,75
Azul	1,7	0,85	1	0,5	0,5	0,3

**Tabla 1.** Relaciones de luminancia mínimas (LR) para diversos colores y clases R1, R2 y R3, bajo ángulos de ensayo en el eje de referencia y fuera del eje de referencia. Apdo. 7.4 de la EN 12966

Para disminuir la luminancia reflejada hay que tener en cuenta presente todos los factores que intervienen, y su peso sobre la reflejada total de un PMV.

Al resultar su comportamiento complejo de modelar, realizaremos un análisis basado en la experiencia adquirida en laboratorio.

### 2.2.1. Pintura

Los frontales de los PMVs se pintan con el RAL 9017 (negro tráfico). En principio, podría llegar a considerarse que una superficie negra tiene un reflejo despreciable comparado con el reflejo de los LEDs. Sin embargo, su aportación puede representar hasta un 60% del reflejo total.

Elegir un acabado de pintura adecuado, puede llegar a disminuir el reflejo a más de la mitad.

### 2.2.2. Led

Los LEDs utilizados en un PMV, en general son redondos, de 5 mm de diámetro, con encapsulado transparente. Para la extracción de luz, el LED posee un reflector (Foto 2), pero como su encapsulado es transparente, la luz incidente también es reflejada. Este reflejo depende de la densidad de LEDs por m<sup>2</sup> y su peso en las zonas gráficas puede alcanzar hasta un 70% del total.

En el mercado existen LEDs que podrían bajar la reflejada, como por ejemplo los ovales, su encapsulado suele ser tintado, y su luminosidad y anchura de haz no resultan adecuadas para optimizar el consumo.

Quizá, en un futuro no muy lejano, los mejores candidatos para sustituir a los LEDs redondos de 5 mm serán los de SMD con óptica y cuerpo negro. Aunque algunos colores

estarán disponibles este año, se deberá esperar un tiempo para evaluarlos y tener una disponibilidad completa de colores y ángulos.

### 2.2.3. Elementos intermedios

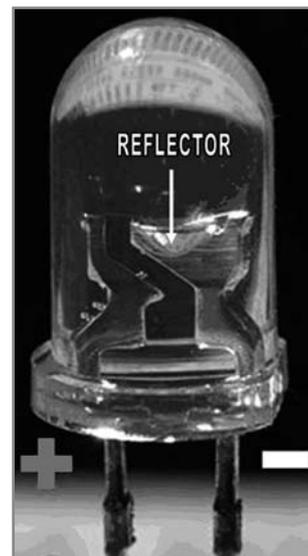
Entre los LEDs y el exterior del PMV se colocan elementos como policarbonatos, ópticas y plásticos. Estos elementos producen reflexiones, eligiéndolos de calidad adecuada su aportación al total de la reflejada no es

muy grande. Se ha comprobado, utilizando los ángulos de medida que marca la EN-12966, que su aportación es inferior al 15% del total.

La fabricación de PMVs con viseras en los frontales (Foto 3), tiene sus defensores y detractores. Desde el punto de vista de estos últimos, el inconveniente principal es que en caso de nevada puede dificultarse la visualización del panel, pero cuando hay ventisca la nieve también se pega en los frontales lisos. El problema de las viseras y la nieve tiene soluciones técnicas.

Desde el punto de consumo, las viseras proyectan sombra sobre el área de visualización, mejoran la relación de luminancia de forma espectacular y dividen la reflejada en los días soleados por un factor superior a 10.

Utilizar ciertas ópticas colocadas delante de un LED es una buena solución para aprovechar su emisión de forma más eficiente. Además, al evitar que en ángulos muy bajos el sol incida directamente sobre ellos, reducen el reflejo del PMV. Sin embargo la mejora conseguida en la relación de luminancia es inferior a la de una visera. No olvidemos que una visera proyecta sombra sobre los LEDs y sobre el resto de elementos que intervienen en el reflejo.



**Foto 2.** El reflector del LED también refleja la luz incidente.



Foto 3. PMV con viseras en el frontal.

En cualquier caso, las ópticas presentan desventajas que trataremos en el apartado referente al ángulo de visibilidad.

La colocación de viseras, es la opción más eficiente para mejorar el contraste y reducir el consumo. Cuando todo el píxel se encuentra bajo la sombra proyectada por las viseras, se puede ajustar la luminosidad emitida a los mínimos de la clase L3 (12400 cd/m<sup>2</sup> en blanco y 7440 cd/m<sup>2</sup> en ámbar). De esta forma, el consumo se reduce, situándonos además en relaciones de luminancia superiores a 30.

Otra ventaja de las viseras es que al proyectar sombra sobre el área de visualización, el aumento de temperatura interna debida al efecto solar es inferior. Gracias a ello, se consigue que los LEDs trabajen a temperaturas inferiores.

### 2.2.4. Otros elementos

Nos referimos a elementos interiores del PMV que puedan llegar a verse a través de los taladrados del frontal (por ejemplo, los circuitos impresos de las tarjetas). Normalmente, los taladros están ajustados para que el reflejo de elementos interiores e intermedios se vea reducido al mínimo.

### 2.3. Contraste de color

Diferenciar bien los colores es algo esencial a la hora de visualizar correctamente una imagen. Los colores emitidos deben diferenciarse tanto del fondo como entre ellos. A este concepto se le denomina contraste de color. Esencialmente, a mayor contraste de color, mayor es la distancia cromática entre ellos, por lo que pueden ser percibidos con más claridad.

La norma EN-12966, tiene en cuenta el contraste de color a través de las clases de color. El mayor contraste se ofrece con la clase C2, la más restrictiva. En España, salvo para el color verde (que no interviene como color

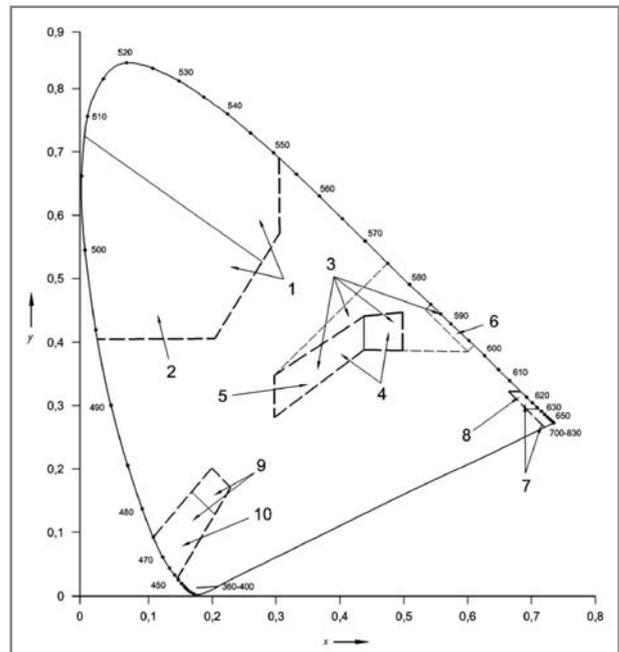


Figura 1. Diagrama de cromaticidad de la EN-12966. Las clases utilizadas en España están delimitadas por las regiones 1 (verde), 3 (blanco/amarillo), 5 (blanco), 6 (amarillo), 8 (rojo) y 10 (azul).

puro en casi ninguna señal), se pide que todos los colores cumplan con la clase C2 (Figura 1).

Aunque este parámetro parece no afectar al consumo, si se plantean requerimientos que no son necesarios, puede llegar a penalizarse.

### 2.4. Anchura de haz y ángulo de visibilidad

La EN-12966 especifica la anchura de emisión o anchura de haz posibles para los PMVs, a través de la Tabla 2.

Para cumplir con alguna de las clases anteriores, la luminancia emitida en los ángulos indicados debe ser superior al 50% de lo emitido en el eje de referencia.

Usualmente, para elegir la anchura de haz adecuada a un emplazamiento, se admite como hipótesis que fuera del ángulo de emisión, el PMV no emite luz y por tanto no es legible. Pero, como veremos más adelante, esta hipótesis no siempre es correcta.

Sin estar incluida en la EN 12966, la Tabla 3 recomienda el ancho de haz a utilizar en función de la ubicación del PMV (una tabla similar fue planteada como enmienda informativa a la EN-12966).

Según la Tabla 3, las categorías B1 y B2 permiten cumplir con las exigencias que usualmente encontramos en autovías y autopistas españolas (es decir, que la anchura

de haz cubra dos o tres carriles y un arcén). De hecho, la mayoría de los PMVs actualmente instalados en estos emplazamientos pertenecen a la clase B2 y como se puede comprobar resultan perfectamente legibles.

Es necesario elegir bien los ángulos de emisión, si se utilizan clases superiores a las necesarias se desperdicia

Clase de anchura de haz	Ángulos de ensayo (en grados)	
	Horizontal	Vertical
B1	-5	0
	+5	0
	0	-5
B2	-7	0
	+7	0
	0	-5
B3	-10	0
	+10	0
	0	-5
B4	-10	0
	+10	0
	0	-10
B5	-15	0
	+15	0
	0	-5
B6	-15	0
	+15	0
	0	-10
B7	-30	0
	+30	0
	0	-20

Tabla 2. Ángulos de ensayo para diferentes anchuras de haz.

energía iluminando zonas sin conductores. Los PMVs deben leerse a 150 m o más y, a esa distancia, en una autovía con dos carriles y un arcén, el ángulo que se necesita cubrir es muy pequeño.

La mayoría de fabricantes de PMVs tienden a cumplir con la clase B4 o incluso con la B6. ¿Por qué?.

Por diferentes motivos: es más barato fabricar todos los PMVs iguales, que optar por diferentes modelos dependiendo del emplazamiento, también es más fácil conseguir uniformidad (a mayor ángulo de emisión del LED, es menos crítico tener un buen alineamiento y por tanto una buena uniformidad).

¿Qué ocurre si el emplazamiento requiere clase B2 y se utiliza la B4? Se desperdicia energía iluminando zonas en las que no hay conductores y, además, para conseguir la misma luminosidad en el eje de referencia, se necesita multiplicar por tres la energía gastada en los LEDs.

El ángulo de emisión del led no es el mismo que el de visibilidad. Si se utilizan LEDs redondos de 15°, se cumple con creces con la clase B2, de hecho en vertical, la anchura de haz será superior a la exigida por la EN-12966. Además, cuando se supera el ángulo en el que el LED emite el 50%, la emisión de luz no desaparece (Figura 2) y el PMV puede todavía ser legible.

Si se utilizan ópticas delante del LED se puede decir que ángulo de emisión y visibilidad coinciden. Sin ópticas adicionales, el ángulo de visibilidad siempre es mayor que el de emisión. Utilizar o no ópticas depende del diseño

Clase de anchura de haz	Entorno típico
B1	Carretera de alta velocidad, dos carriles y arcén, panel situado a varios metros de altura sobre el tráfico con alturas de carácter típicas entre 320 mm y 400 mm.
B2	Carretera de alta velocidad, tres carriles y arcén, panel situado a varios metros de altura sobre el tráfico con alturas de carácter típicas entre 320 mm y 400 mm.
B3	Carretera de alta velocidad, cuatro carriles y arcén, panel situado a varios metros de altura sobre el tráfico con alturas de carácter típicas entre 320 mm y 400 mm.
B4	Carretera de velocidad intermedia, panel situado a varios metros de altura sobre el tráfico, con alturas de carácter típicas entre 160 mm y 240 mm.
B5	Áreas urbanas, panel montado en un lateral o poca altura, alturas de carácter típicas entre 100 mm y 240 mm.
B6	Igual que B5, pero con el panel montado a más altura.
B7	Para casos especiales en los que se requiera un gran ángulo de visión. NOTA 1: en entornos urbanos la clase B7 puede ser adecuada para vías lentas en las que la información es legible a corta distancia y además, dicha información puede resultar de interés para ciclistas o peatones. NOTA 2: en autopistas la clase B7 puede tener sentido en incorporaciones en curvas muy pronunciadas.
NOTA: Carretera de alta velocidad: Aquella en la que la velocidad del 85% de los vehículos supera los 100 km/h. Carretera de velocidad media: Aquella en la que la velocidad del 85% de los vehículos supera los 50 km/h, pero es inferior a los 100 km/h.	

Tabla 3. Elección de la anchura de haz según el emplazamiento.

del panel, puede ser bueno para no desperdiciar energía pero, en cualquier caso, lo que importa son las mediciones finales de consumo eléctrico del PMV.

Se han medido zonas gráficas, en principio clase B2, realizadas con LEDs de 15° con los ángulos que marca la clase B4. Como ya se ha indicado, el ángulo emisión del LED y el de visibilidad del PMV no siempre coinciden.

Al hacer referencia a la relación de luminancia, se ha indicado que lo que se percibe es el contraste, por tanto, se debe buscar el ángulo de visibilidad en el que la relación de luminancia fuera del eje, cumpla con la categoría que se busca, por ej. R2.

### 3. Legibilidad y resolución de las zonas gráficas

La legibilidad de las señales presentadas en una zona gráfica depende de muchos factores. Alguno de ellos se ha tratado con anterioridad, pero existen otros que también afectan al consumo. Estos factores son la resolución y la utilización o no de la inversión de colores.

Antes de continuar, hay que dejar claro que la potencia necesaria para que los LEDs produzcan una determinada cantidad de  $cd/m^2$  dependen fundamentalmente del área de visualización y no de la resolución o número de píxeles contenidos en dicho área. ¿Entonces por qué afecta disminuir la resolución al consumo? Por dos motivos:

- Para los PMVs disponibles hasta la fecha, menor resolución debería significar menor número de LEDs, y por tanto menos elementos que reflejen la luz del sol. Es decir, a menor número de LEDs, menor luminancia reflejada. Se puede disminuir la luminancia emitida manteniendo la relación de luminancia, y reducir el consumo.
- Con menos LEDs, se necesitan menos "drivers", y se reduce el consumo de la electrónica del PMV.

Los PMVs instalados en España son, en su gran mayoría, de resolución de 32x32 píxeles en la zona gráfica, aun-

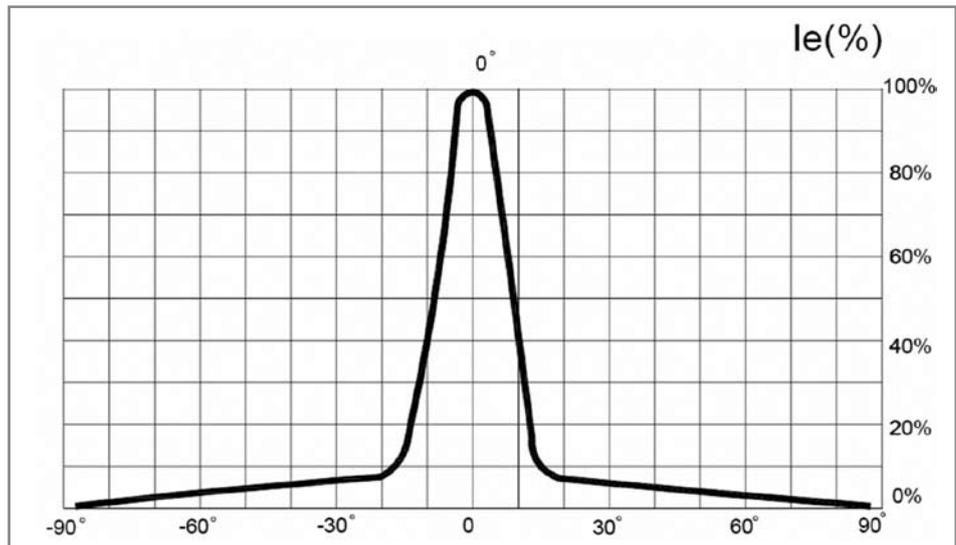


Figura 2. Diagrama de radiación de un LED comercial de 15°.

que en los últimos años ha empezado a extenderse la de 64x64. Desde el punto de vista de legibilidad, una resolución de 32x32 es suficiente para reconocer cualquier tipo de señal (Foto 4). Sin embargo, algunas recomendaciones europeas indican que para ciertos pictogramas sería preferible una resolución de 64x64<sup>[2]</sup>.

Un aspecto que relaciona la reducción consumo y la legibilidad, es la inversión de colores. Por ejemplo, una señal de limitación de velocidad con el fondo negro y caracteres en blanco. La inversión de colores es admitida por la Convención de Viena, se reduce el consumo puesto que se enciende el blanco en un número inferior de píxeles y, en estudios llevados a cabo en países nórdicos<sup>[3][4]</sup>, se ha llegado a la conclusión que las señales de limitación de velocidad y de peligro con inversión de colores mejoran la legibilidad (Foto 5).

Es posible, para los PMVs actuales, a partir de una resolución 64x64, seleccionar para cada pictograma si se desea visualizar con esa resolución, con 32x32, y la posibilidad de inversión de colores.

### 4. Resolución alfanumérica

En los PMVs actuales, la resolución alfanumérica más extendida es la de 16x11 en una tarjeta de altura 320 mm y ancho 220 mm. Desde el punto de vista de legibilidad, esta resolución proporciona un aspecto aceptable.

Existen resoluciones alternativas apoyadas en estudios de legibilidad, que consideran una resolución de 9x7 como un mínimo aceptable y óptimo para la representación del tipo de información que hay que visualizar en los PMVs. Una resolución de 9x7 tendría un menor número



Foto 4. PMV de resolución 32x32 (izquierda) frente a PMV de resolución 64x64 (derecha).

de LEDs, con lo que disminuiríamos la luminancia reflejada y por tanto el consumo.

Por el momento, y teniendo en cuenta que una resolución de 9x7 en la zona alfanumérica no permite una integración buena en la zona gráfica (con integración nos referimos alargar el texto utilizando la zona gráfica), no valoramos desde el punto de vista del consumo esta resolución.

## ALIMENTACIÓN Y LÓGICA DE CONTROL DE BAJO CONSUMO

### 1. Arquitectura y eficiencia del sistema de alimentación

La elección del sistema de alimentación más adecuado a las necesidades de un PMV de bajo consumo no es un problema trivial. Como en cualquier equipo electrónico, el sistema de alimentación es el encargado de proporcionar la energía a todos los elementos internos del PMV, transformando y adaptando la fuente de energía externa a los valores internos de alimentación que necesita el equipo. De la eficiencia de esta conversión depende en gran medida el consumo de un PMV.

Un aspecto a analizar a la hora de elegir el sistema de alimentación es la arquitectura del mismo, pudiendo optar básicamente por 2 tipos: sistema centralizado o sistema distribuido<sup>[5]</sup>.

Un sistema de alimentación *centralizado* (ver Figura 3) es aquel en el que toda la fuente de alimentación se encuentra localizada en un bloque, desde la etapa de rectificación y filtrado de la entrada de alterna hasta las

etapas finales de conversión y regulación a continua. Este sistema debe proporcionar todas las tensiones en continua que permitan alimentar de forma adecuada las distintas cargas del equipo.

En un sistema de alimentación *distribuido* (ver Figura 4) existe un primer bloque, generalmente situado próximo a la entrada de red, que rectifica el voltaje de la entrada alterna a un único voltaje intermedio de continua. Esta salida de continua, normalmente con valores de 24V ó 48V, es la que se distribuye en el equipo a modo de bus, proporcionando alimentación a un conjunto de módulos convertidores DC-DC. Estos convertidores, distribuidos por el equipo y localizados cerca de las cargas, son los que finalmente entregan la alimentación a las mismas.

En un equipo, como es el caso de los PMVs, en el que la corriente por las cargas (tarjetas de LED) excede de 100 A y que las tensiones de alimentación en continua son bajas, la fuente de alimentación debería estar próxima



Foto 5. Existen estudios que dicen que la inversión de colores mejora la legibilidad.

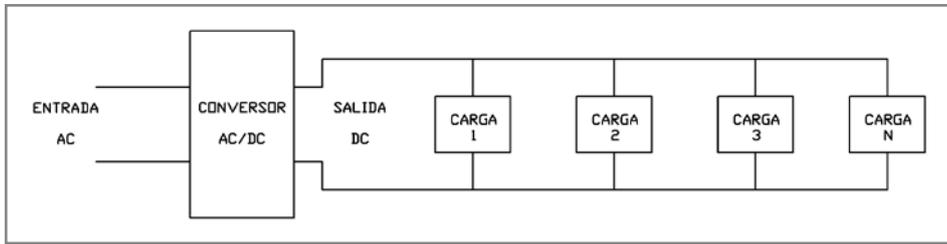


Figura 3. Sistema de Alimentación Centralizado.

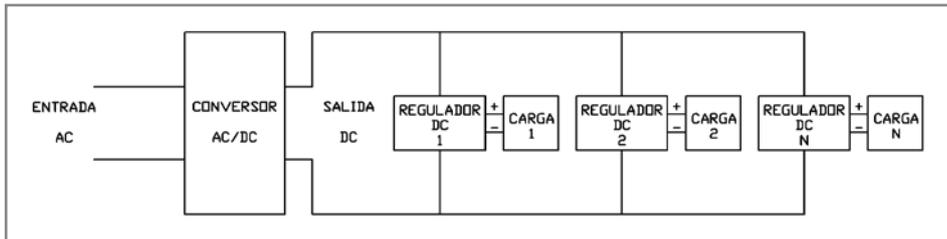


Figura 4. Sistema de Alimentación Distribuido.

- Distribución térmica de la carga: con el sistema distribuido, la potencia se disipa en múltiples dispositivos en lugar de estar focalizada en un único punto.
- Flexibilidad: no necesita un rediseño completo del sistema si se añaden nuevas cargas o nuevas tensiones de alimentación.

Otro aspecto a valorar en nuestro sistema de alimentación, desde el punto de vista funcional, es el tipo de regulación utilizado en las cargas.

Entre los distintos tipos que

se pueden plantear, se encuentran como principales alternativas la regulación lineal y la regulación conmutada. Cada uno de estos modelos presenta sus ventajas y sus inconvenientes como veremos a continuación.

Los reguladores lineales tienen las ventajas de tener poco ruido a la salida, además producen muy poco ruido y son relativamente sencillos de implementar. Una de las limitaciones de este tipo de regulación es su eficiencia: un dispositivo de regulación serie debe absorber la diferencia de voltaje entre la entrada y la salida, existiendo una gran pérdida de potencia, que se disipa en forma de calor.

La mayor ventaja del regulador conmutado es la eficiencia del circuito, debido a que el elemento serie opera sólo en las regiones de corte o saturación. La eficiencia de la conversión se encuentra entre el 80% y el 90% y por tanto la disipación de potencia es considerablemente menor que la correspondiente a un regulador lineal. Esto es un motivo para escoger este tipo de regulador cuando se pretende reducir el consumo de los equipos.

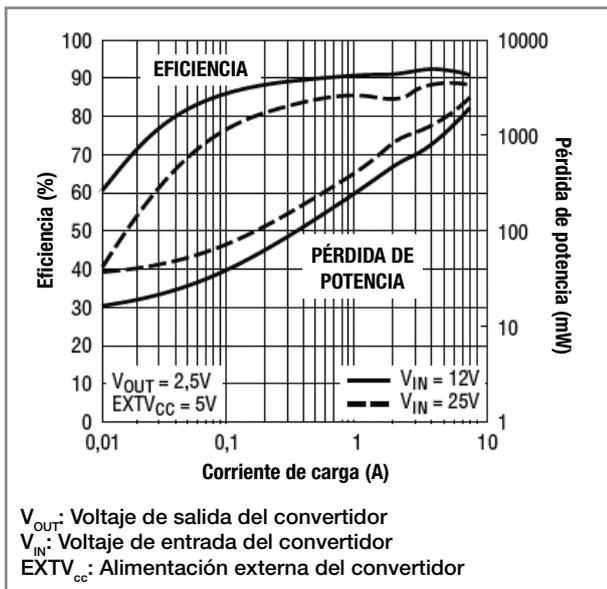


Figura 5. Eficiencia en función de la corriente de carga.

a las cargas para minimizar las pérdidas por  $I^2R$  en los cables de distribución.

En un PMV las cargas se encuentran distribuidas por todo el equipo a modo de placas visualizadoras de LED, un sistema distribuido posibilita la colocación de convertidores DC/DC próximos a la carga, permite aumentar la tensión continua del bus de alimentación, disminuyendo la corriente de distribución y reduciendo las pérdidas. Esta elección proporciona, también, otras ventajas:

- Tolerancia a fallos: el fallo de uno de los convertidores DC/DC no implica el fallo del sistema completo.

## 2. Control del LED

Existen diferentes técnicas de polarización para los LED. Estas van desde la más simple constituida por una

resistencia serie hasta las más sofisticadas, en las que el circuito de excitación del LED se basa en la utilización de generadores de corriente constante. La elección del tipo de control para el LED es otro de los factores que tiene una repercusión directa en el consumo del PMV.

Las primeras técnicas utilizan una resistencia serie conectada a la tensión de alimentación que polariza el LED en directo. Esta técnica es simple y económica, pero presenta como desventaja que la corriente de polarización del LED es fuertemente dependiente de la tensión de alimentación, así como de las variaciones de la tensión de conducción  $V_f$  del LED. Dado que los LED que existen actualmente en el mercado pueden presentar variaciones de la  $V_f$  que pueden oscilar, dependiendo de la tecnología, entre 1V y 1'5V, este método no garantiza que la corriente que circule por todos los LED sea la misma y por tanto no es posible conseguir una buena uniformidad. Si se pretende reducir este efecto, es necesario elevar la tensión de alimentación varios voltios por encima de la tensión máxima de conducción del LED. Este hecho se traduce en pérdidas por disipación de potencia en la resistencia serie de polarización.

Un método más efectivo para implementar el circuito de excitación del LED, es la utilización de "driver" de corriente constante. Este tipo de circuito presenta la ventaja, frente al anterior, de poder ajustar la corriente del LED de forma precisa e independiente de las variaciones en la tensión de conducción  $V_f$ .

Este último método de polarización de los LED permite disminuir las tensiones de alimentación para los LED hasta prácticamente la tensión de conducción del LED, evitando así las pérdidas de eficiencia por disipación en las resistencias de polarización.

Existen en el mercado una gran variedad de fabricantes que comercializan este tipo de circuitos con precios bajos. La elección del "driver" adecuado no es simple, su repercusión en el consumo de los PMVs, es comparable al consumo de los LED para niveles de iluminación de 400 lux y se convierte en el factor principal en oscuridad total o cuando el PMV no visualiza ningún mensaje.

Desde el punto de vista de reducción del consumo, las características que hay que contemplar son:

- Tensión de operación: los "drivers" deben ser compatibles con tensiones de alimentación de 3,3V ya que al disminuir la tensión de operación también disminuirá la potencia consumida por el "driver".



Foto 6. Mediciones realizadas en carretera.



Foto 7. Medición con pinza vatimétrica LH1050.

- Número de salidas por "driver": la mayoría de los "drivers" que podemos encontrar en el mercado nos ofrecen dos posibilidades en el número de salidas por "driver": 8 ó 16 salidas. Esta característica es importante en la selección de un "driver" ya que por el hecho de utilizar "drivers" de 8 salidas se duplicaría el número de "drivers" de las placas de LED. Como el consumo de los "drivers" de 8 salidas es casi idéntico a los de 16, si utilizamos "drivers" de 8 salidas, se duplicaría el consumo de la lógica.
- Corriente de operación: su consumo en condiciones de operación debe ser bajo, ya que el número de "drivers" que posee un PMV es bastante elevado (del orden de

2000). Por ejemplo, un consumo de 20 mA en cada "driver" supondría que el consumo del PMV utilizado para la lógica de control de LED es de 130W a 3,3V.

- Modo de bajo consumo: con el modo de bajo consumo es posible reducir el consumo del "driver" a valores de unos pocos microamperios cuando el PMV no está presentando ninguna información. Se hace por tanto prácticamente imprescindible esta característica, pues permite reducir el consumo de la lógica cuando el PMV se encuentra sin visualizar nada de aproximadamente 100W a 0,1W.

### MEDICIONES DEL CONSUMO

Se expone seguidamente la medición de consumo de dos tipos de PMV, realizadas con la pinza vatimétrica LEM modelo LH1050 (ver Foto 6).

El primer PMV elegido (PMV 1) es un panel de 2 zonas gráficas de 64x64 píxeles de 3 LEDs/píxel (RGB) y 3 líneas de 12 caracteres de 11x16 píxeles de 1 LED/píxel, altura de letra 320 mm. Sus características se exponen en la Tabla 4, mientras que los resultados de las medidas de consumo se adjuntan en la Tabla 5.

El segundo PMV elegido (PMV 2) ha sido un panel de 2 zonas gráficas de 64x64 píxeles de 3 LEDs/píxel (RGB) y 3 líneas de 12 caracteres de 11x16 píxeles de 1 LED/píxel, altura de letra 400 mm. Sus características se exponen en la Tabla 6. En la Foto 7 se aprecia una de las mediciones realizadas, y en la Tabla 7 los resultados obtenidos.

### VENTAJAS DE UN PMV DE BAJO CONSUMO

Como referencia de PMV de bajo consumo elegimos un modelo de 2 zonas gráficas, resolución 64x64, 3 líneas alfanuméricas y 12 caracteres con un consumo máximo inferior a 500 W.

Este consumo máximo de 500 W, supone que el panel pasa la mayor parte de vida consumiendo en el entorno de 300 W.

Las ventajas que se derivan de un diseño de este tipo son claras y algunas de ellas las exponemos a continuación: menos consumo implica:

- Facturas de luz más bajas.
- Acometidas más sencillas.

Alimentación: trifásica
Fabricante: Alba Electronica - Grupo Postigo
Situación: AP-9F - PK 1+980 creciente sentido Ferrol
Horario de medición: de 10:30 AM a 12:30 AM
Nivel 7: Máximo consumo, Protocolo DGT

Tabla 4. Características del panel PMV 1.

Aspecto	Gráfico izquierdo	Zona alfanumérica	Gráfico derecho	Nivel 7
1		XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX		431 W
2				355 W
3		XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX	XXXX XXXX XXXX	338 W
4		XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX		322W
5		PANEL LUMINOSO EN PRUEBAS		412 W
6				384 W
7		PANEL LUMINOSO EN PRUEBAS		313

Tabla 5. Mediciones de consumo máximo (PMV 1).

- Secciones de cable para transporte de energía desde la acometida mínimas.
- Alargar la vida de los LEDs: la corriente de trabajo de los LEDs es de muy pocos miliamperios. Si consideramos las curvas de vida que dan los fabricantes para distintos tipos de LEDs y a eso añadimos que la vida aumenta al disminuir la corriente, podemos asegurar que las características ópticas del PMV de bajo consumo se mantendrán por un período superior a 10 años.
- Mantenimiento del PMV más sencillo y económico: con un consumo máximo de 500 W, no es necesario la instalación de elementos de ventilación. Se evita la sustitución de filtros y ventiladores, y se mejora la estanqueidad.
- Posibilidad de plantear el funcionamiento independiente del PMV: con un consumo inferior a 500 W la ali-

Alimentación: trifásica
Fabricante: Alba Electronica – Grupo Postigo
Situación: Zona de pruebas al aire libre en las instalaciones de Alba Electronica
Horario de medición: de 12:45 AM a 14:15 AM
Nivel 7: Máximo consumo, Protocolo DGT

**Tabla 6.** Características del panel PMV 2.

mentación del PMV puede realizarse mediante paneles solares o aerogeneradores de tamaños razonables.

- No derrochar energía, y aprovechar mejor los recursos.
- Estimular la reducción del consumo de otros equipos, cuando se reduce la sección de cable que los alimenta.
- Menos emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.
- Colaborar a la sostenibilidad de nuestro planeta.

## DESARROLLOS FUTUROS

Conseguir consumos máximos en el entorno de los 200 W para los modelos de dos zonas gráficas y 3 líneas de 12 caracteres, puede ser factible, pero habrá que esperar un tiempo para incorporar nuevas tecnologías como los LEDs de cristal fotónico. Actualmente el LED aprovecha el 50% de la energía en generación de luz, y pierde el resto en luz que queda atrapada en el interior y en calor. La causa es el alto índice de refracción y la reflexión total interna en la interfase aire diodo. Philips Lumiled ha fabricado prototipos de LEDs azules ultra brillantes utilizando simetría triangular de cristal fotónico. Con estos prototipos ha conseguido un LED azul 1,5 veces más brillante que el LED convencional.

Gracias a la tecnología de cristal fotónico, en el futuro se podrán fabricar PMVs con LEDs SMD con prestaciones ópticas similares a los PMVs actuales, mayor uniformidad, menor coste y bajo consumo. Por el momento, a lo largo de este año veremos una nueva generación de LEDs SMD con ópticas mejoradas y cuerpo negro que quizá, en un plazo de dos o tres años, puedan utilizarse para PMVs de bajo consumo.

Otro aspecto que habrá que tener muy en cuenta en el futuro son los rendimientos de las fuentes a bajas corrientes, ya que los LEDs seguirán mejorando su luminosidad de forma espectacular y las corrientes consumidas serán cada vez menores.

Aspecto	Gráfico izquierdo	Zona alfanumérica	Gráfico derecho	Nivel 7 (máx.)
1		XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX		447
2				366
3				348
4				330
5		PANEL LUMINOSO EN PRUEBAS		424
6				390
7		PANEL LUMINOSO EN PRUEBAS		321
8		MMMMMMMMMMMM MMMMMMMMMMMM MMMMMMMMMMMM		484
9		MMMMMMMMMMMM MMMMMMMMMMMM MMMMMMMMMMMM		371
10		MMMMMMMMMMMM MMMMMMMMMMMM MMMMMMMMMMMM	MMMM MMMM MMMM	423
11		USO OBLIGATORIO DE CINTURON		304
12		USO OBLIGATORIO DE CINTURON		249
13		MANTENGA DISTANCIA DE SEGURIDAD		453
14		MANTENGA DISTANCIA DE SEGURIDAD		330
15		ATENCION RETENCIONES PK19 AL PK23		384 (136 a mínimo brillo)
16		ATENCION RETENCIONES PK19 AL PK23		297

**Tabla 7.** Mediciones del consumo máximo (PMV 2).

Cuando todas estas tecnologías estén maduras, los PMVs mejorarán sus características ópticas y reducirán sus consumos a valores que actualmente pueden parecer inalcanzables.

**AHORRO Y SOSTENIBILIDAD**

No sólo son ventajas económicas, la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> que se consigue con la utilización de estos PMVs es más de 85%, y en valor absoluto es del orden de 9.000 toneladas de CO<sub>2</sub>, calculado para un parque de 2.600 uds de PMVs, y comparando el consumo de los paneles convencionales y los de bajo consumo.

Esta medida puede incluirse dentro de las 31 para intensificar el ahorro y la eficiencia energética de nuestro país presentado por el Gobierno, en el apartado: medidas de ahorro eléctrico.

**CONCLUSIONES**

Es evidente la necesidad de invertir en tecnologías para que, posteriormente, encuentren su sitio en el mercado. Es conocido, también, el riesgo que esta decisión implica. Invertir en conocimiento podría llegar a ser valorado como poco rentable si el mercado considerase el precio de cada producto como criterio de selección.

Si el criterio es la eficiencia energética, el cumplimiento de las especificaciones técnicas particulares, por supuesto de las normas europeas, y la disposición del certificado para mercado CE, pasan a ser condiciones mínimas para diseñar y fabricar los paneles de mensaje variable, y las ventajas económicas van mucho más allá del precio de cada panel.

Una vez conseguida la tecnología para fabricar paneles de bajo consumo, como se comprueba en el apartado dedicado a mediciones, las potencias obtenidas para los diferentes paneles son mínimas y nunca superiores a 500 W en niveles de intensidad máximos.

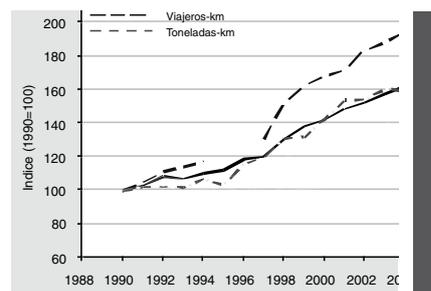
El cumplimiento de la normativa europea es compatible con consumos de energía espectacularmente pequeños, y las ventajas económicas y sociales son evidentes.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Intelligent Transport Systems Group, "Specification for variable message signs", Noviembre, 2004
2. E. Gaitanidou, E. Bekiaris, S. Matena. "Road infrastructure related issues of telematic application and other new technologies". Octubre 2007
3. Pirkko Rämä, Anna Schirokoff, Juha Luoma. "Practice and deployment of variable message signs (VMS) in Viking countries". 2004
4. Sara Nygårdhs, Gabriel Helmers. "Variable Message Signs. A literature review". 2007
5. Andrew Hilbert. "Power Distribution Architectures: The Evolution Continues". RTC Magazine. Agosto 2004. 



# Transporte y cambio climático en España: problemas y perspectivas



Transport and climate change in Spain: problems and prospects

Andrés MONZÓN DE CÁCERES

*Catedrático de Transportes  
Director del Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT)  
Universidad Politécnica de Madrid*

Pedro José PÉREZ-MARTÍNEZ

*Doctor investigador, TRANSyT  
Universidad Politécnica de Madrid*

## RESUMEN

*En este estudio se analiza la evolución de los indicadores del sector transporte y la comparación con el conjunto de la Unión Europea. Se ponen de manifiesto las debilidades del sector en España: mayor crecimiento de las emisiones de viajeros que mercancías y crecimientos dobles que en la UE.*

*Este escenario se debe a una distribución modal ineficiente: crecen más los modos menos eficientes. Las mejoras en eficiencia energética logradas con las mejoras tecnológicas de carburantes y motores, están compensadas por el aumento de recorridos y de potencia de los vehículos. Se presentan los resultados para determinar la evolución de los consumos durante los últimos 15 años. Estos datos permiten identificar los problemas para definir pautas para corregir la tendencia negativa actual.*

*Finalmente se demuestran como distintas medidas pueden ayudar a reducir las emisiones del transporte por carretera en España en un medio largo plazo. Las medidas tienen relación con las propuestas de la Estrategia Española de Eficiencia Energética – E4.*

*Palabras clave: Transporte, Transporte viario, Emisión, Cambio climático, Gas efecto invernadero GEI, Eficiencia energética.*

## ABSTRACT

*This study analyzes trends in transport sector indicators in comparison with the EU as a whole. The weaknesses of the sector in Spain are highlighted: greater growth in passenger emissions than in freight ones and growth rates twice EU levels.*

*This scenario is due to an inefficient modal distribution, and the less efficient modes are growing. Improvements in energy efficiency achieved with best fuel and engine technologies are offset by increases in journey distances and vehicle power. Findings are presented to determine the trend in consumption over the last 15 years. These data allow us to identify the problems so as to define guidelines for correcting the current negative trend.*

*Finally we show how various measures may help reduce road transport emissions in Spain in the mid-to-long term. These measures are related to the Spanish Energy Efficiency Strategy (E4) proposals.*

*Key words: Transport, Road transport, Emission, Climate change, Greenhouse gas (GG), Energy efficiency*

**E**l sector transporte en España ha crecido rápidamente en los últimos 15 años y se prevé que continúe creciendo en los próximos años. El sector transporte es la fuente de gases de efecto invernadero (GEI) con mayor crecimiento en España, especialmente a través del crecimiento del transporte por carretera<sup>(1)</sup>. En este artículo, se revisa el impacto del sector en las emisiones de GEI y se consideran los efectos que distintas medidas alternativas pueden tener en las emisiones y en los consiguientes consumos energéticos.

La reducción de las emisiones de GEI en el transporte se puede lograr: reduciendo la actividad, mejorando la eficiencia energética de los distintos modos de transporte y combustibles y cambiando la distribución modal<sup>(3)</sup>. Las medidas que pueden aplicarse en el sector transporte desde el ahorro y la mejora de la eficiencia energética están estrechamente asociadas a la naturaleza del sector<sup>(2)</sup>. Estas medidas contienen: aplicación correcta de precios de la energía, incentivos financieros y fiscales, planificación de los viajes al trabajo, planificación de las infraestructuras de transporte y de los usos del suelo, desarrollo de combustibles bajos en carbono y mayor uso de las tecnologías de las comunicaciones.

El *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)* de las Naciones Unidas considera que el ahorro y la eficiencia energética constituyen un elemento esencial hasta que las innovaciones tecnológicas en desarrollo y aún por desarrollar puedan llegar a implantarse de forma masiva<sup>(4)</sup>. IPCC destaca las principales tecnologías y prácticas comerciales de las que dispone el sector para mitigar las emisiones de GEI: vehículos energéticamente eficientes, vehículos híbridos, vehículos diesel limpios, biocombustibles, cambio modal de la carretera al ferrocarril y al transporte público y transporte no motorizado.

Del mismo IPCC refleja las tecnologías y prácticas que pretenden ser comercializadas antes de 2030: biocombustibles de segunda generación, aviones energéticamente más eficientes, vehículos híbridos y eléctricos más avanzados con baterías más potentes y fiables.

La disminución de la actividad del transporte y la mejora de la eficiencia energética no son los únicos factores que conducen a una economía del transporte baja en emisiones de GEI. La economía será baja en emisiones si lo son los combustibles empleados en suministrar las distintas formas de energía motriz que se requieren para desempeñar la actividad de transporte<sup>(3)</sup>. No sólo se trata

de que no se emita GEI en el consumo de la energía final, sino en la cadena completa de transformaciones energéticas que permiten disponer de esa energía final<sup>(4)</sup>.

## TRANSPORTE Y GASES DE EFECTO INVERNADERO

En 1990, el transporte consumía el 39,5% de la energía primaria total en España y en 2004 el 40,7%<sup>(7)</sup>. En 2004, el consumo final energético del sector transporte fue algo más de 38 millones de tep (toneladas equivalentes de petróleo). Además de ser el sector económico con mayor consumo final energético, el transporte es el sector con mayor consumo de derivados del petróleo (55,2%, 2004). En términos absolutos, las emisiones de GEI procedentes del transporte han crecido en este periodo un 66%<sup>(9)</sup>. A un ritmo de crecimiento anual de 3,7%, las emisiones pueden llegar a doblarse en poco más de 20 años. El crecimiento de estas emisiones es debido fundamentalmente al transporte de viajeros y mercancías por carretera. Sólo el transporte por carretera es responsable del 75% del total de las emisiones del sector.

El crecimiento de emisiones de GEI del sector del transporte no se explica por el crecimiento demográfico ni tampoco por el crecimiento económico, puesto que tienen ratios de crecimiento menores. Eso indica que los procesos productivos en nuestro país tienen un consumo creciente de transporte, contrariamente a los objetivos comunitarios de generar crecimiento económico con menores aumentos de los flujos de transporte de viajeros y mercancías<sup>(1)</sup>.

Por otra parte, el consumo anual de los 26 millones de vehículos de carretera es de 34.696 millones litros de combustible (mayoritariamente gasolina y gasóleo). De este total, el consumo del parque de automóviles (19,5 millones) supone el 54%, los 2,4 millones de camiones el 33%, las furgonetas el 10% y los autobuses y las motos el 3%. Debe destacarse que el consumo de la flota de camiones constituye el 60% del combustible utilizado por los coches. El consumo urbano constituye el 22% del consumo total, de los cuales el 73% corresponde a vehículos con motores diesel. Estos consumos medios varían en función del tipo de motor y vehículo. Para más detalle puede consultarse la Tabla 1.

La evolución reciente de la demanda de transporte y sus emisiones de GEI en nuestro país han seguido pautas de crecimiento mucho más aceleradas que en el conjunto de la UE, como muestra la Figura 1. La movilidad de personas y mercancías crece a un ritmo muy superior a la de nuestros vecinos europeos. Se observa, además,

Modo de transporte	Tráfico Interurbano (10 <sup>6</sup> veh-km)	Parque total (vehículos)	Interurbano	Consumo Urbano (10 <sup>6</sup> litros)	Total	Consumo Medio (l/100 km)
<b>Motor gasolina</b>						
Motos	1.229	1.612.482	80	43	122	6
Furgonetas	6.979	737.024	942	235	1.177	13
Coches	67.327	12.035.098	6.323	1.783	8.106	9
Todos	75.535	14.384.604	7.344	2.071	9.415	10
<b>Motor diesel</b>						
Camiones	30.482	2.419.908	9.054	578	9.632	30
Autobuses	1.424	56.957	400	55	455	28
Furgonetas	14.831	1.592.039	1.763	588	2.351	12
Coches	119.532	7.506.821	8.501	4.367	12.868	7
Todos	166.269	11.575.725	19.719	5.562	25.281	12

Fuente: elaboración propia a partir de las referencias (7), (10) y (6).

**Tabla 1.** Tráfico, parque y consumo de petróleo por modo de transporte y tipo de combustible, España 2004.

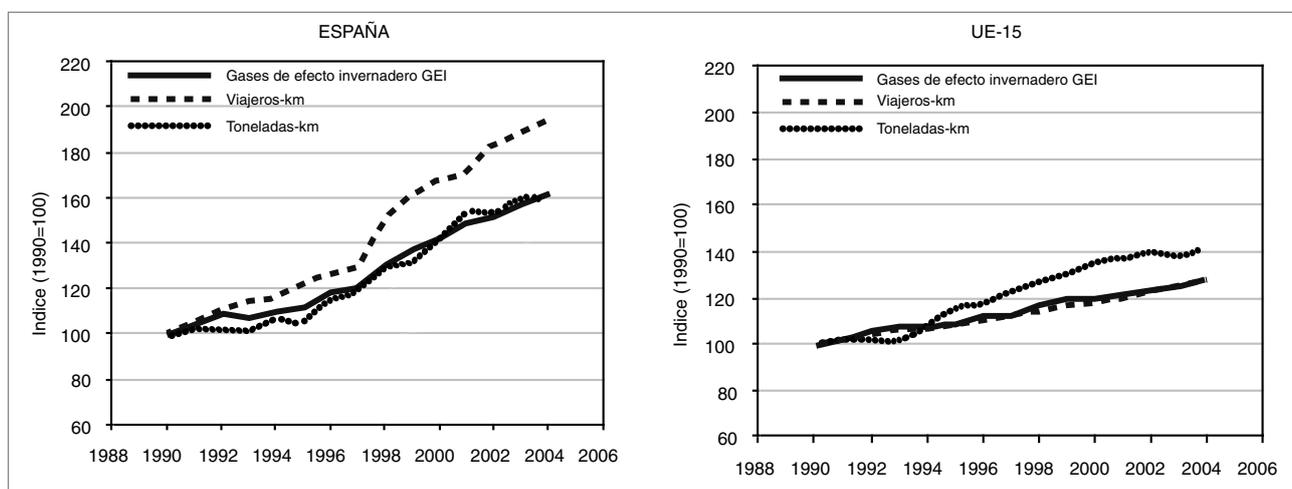
que el crecimiento del transporte de viajeros es mayor que el de mercancías, cuando en Europa la tendencia es la contraria. Estos datos ponen de manifiesto la mayor gravedad del problema en nuestro país y que, en nuestro caso, la movilidad de viajeros es aún más preocupante que la de mercancías.

Se necesita, por tanto, una acción decidida para ofertar alternativas a la movilidad mecanizada, y en particular al coche, para alcanzar los bienes y destinos que garantizan el bienestar de la sociedad. Pero el cambio no se producirá sólo mejorando y ampliando la oferta, sino que es preciso un cambio de mentalidad en la elección del modo de transporte, de modo que la responsabilidad en el viaje se traslade a los ciudadanos, a los empresarios y a los responsables de la ordenación territorial y desarrollo urbano.

## INEFICIENTE DISTRIBUCIÓN MODAL E INTENSIDAD ENERGÉTICA

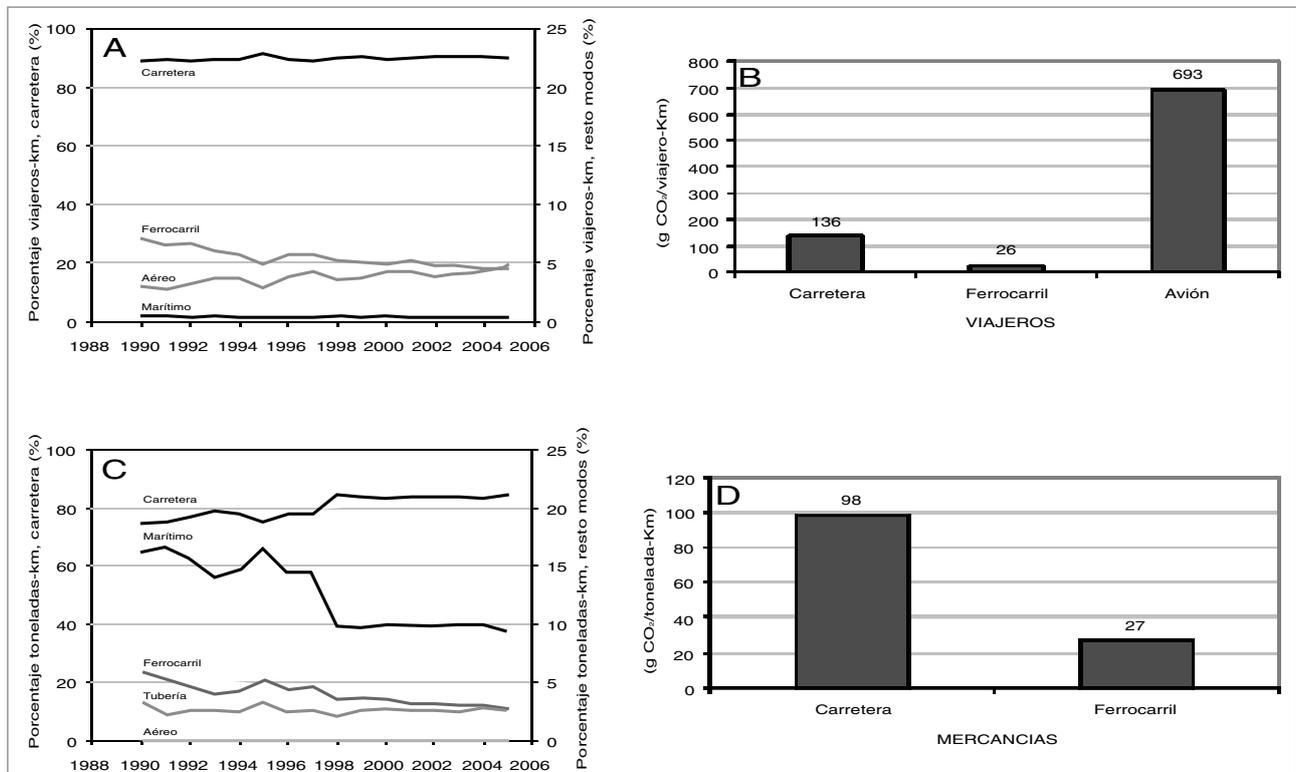
Las tendencias generales anteriores son debidas, además de al aumento de la actividad de transporte, al importante desequilibrio modal y a la ineficiencia energética: el ferrocarril, en un escenario de demanda creciente, no sólo no crece en términos absolutos, sino que sigue perdiendo cuota de mercado, tanto en viajeros como en mercancías, alcanzando valores claramente inferiores a la media europea.

En 2005 el transporte por carretera representó el 90% de los viajeros-km transportados, mientras que el avión participó con el 5%, el ferrocarril con el 4,7% y el barco el 0,3%. El mayor crecimiento entre 1995 y 2005 ha correspondido al transporte aéreo (131,7%). La Figura 2a,



Fuente: elaboración propia a partir de la referencia (1).

**Figura 1.** Evolución gases de efecto invernadero GEI y demanda de transporte en España y en Europa (1990-2004).



Fuente: elaboración propia a partir de las referencias (7) y (9).

muestra una disminución del reparto del ferrocarril y un estancamiento del transporte marítimo.

En 2005 el transporte por carretera representó el 85% de las toneladas-km transportadas, mientras que el barco participó con el 9,6%, y el ferrocarril y el transporte por tubería representaron el 2,7% cada uno. El mayor crecimiento entre 1995 y 2005 ha correspondido al transporte por carretera (72,5%). La Figura 2c, muestra un cambio significativo de los modos ferroviario y marítimo de cabotaje hacia el modo carretera.

La intensidad energética, definida como megajulios (MJ) por viajero-km o tonelada-km (en término de emisiones, gramos de CO<sub>2</sub> equivalentes), viene determinada por dos factores: la energía requerida para mover el vehículo y la utilización de la capacidad del vehículo. La intensidad energética y de emisiones de la carretera es 5 veces superior a la del transporte ferroviario en el caso del transporte de viajeros (Figura 2b), y de 4 veces en el de mercancías (Figura 2d). Por ello la tendencia decreciente del transporte por ferrocarril explica una parte del crecimiento acelerado de las emisiones en nuestro país.

Puede afirmarse que nuestro país se encuentra en el peor de los escenarios posibles, pues no sólo su situación actual es de las más deficientes de Europa, sino que

la tendencia es a empeorar más, y de manera acelerada. Las emisiones de GEI crecen a un ritmo superior al de nuestros vecinos comunitarios, y además los modos dominantes y crecientes son los menos eficientes energéticamente.

### LA POSICIÓN DOMINANTE DEL TRANSPORTE POR CARRETERA

La Figura 3 arroja algunas luces sobre las razones del enorme desequilibrio modal del apartado anterior. El primer gráfico (A) expresa con claridad el crecimiento en el período 1990-2005 del parque y del nivel de motorización, superior al 50%. En 2005 el parque superó los 25 millones de vehículos y el nivel de motorización fue de más de 600 vehículos por 1.000 habitantes.

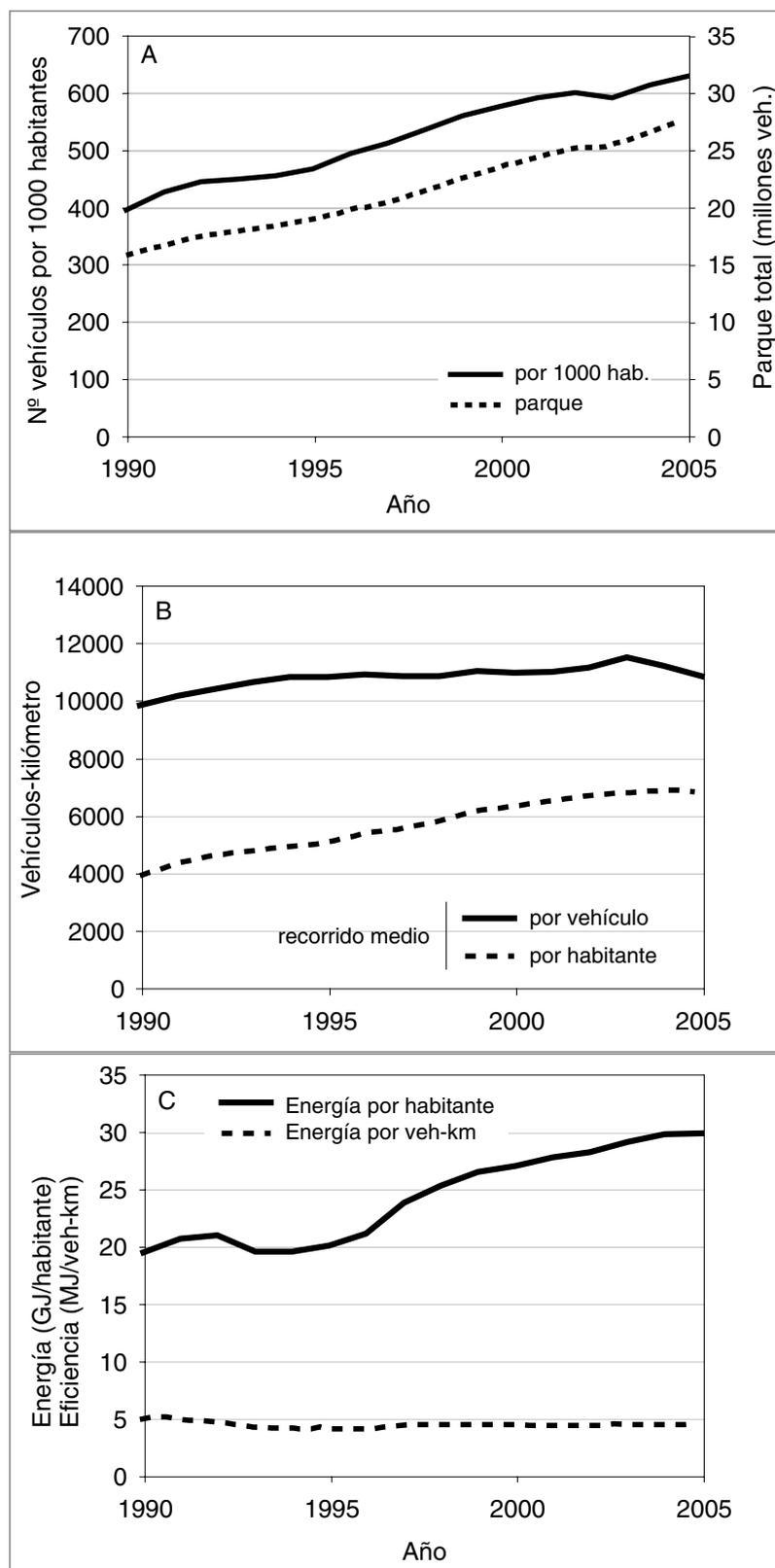
Es interesante ver en la Figura 3, que la distancia media recorrida por vehículo (B) permanece constante e igual a 10.700 kilómetros por año, así que el incremento de los vehículos-km totales es debido fundamentalmente a un incremento de la movilidad privada utilizando vehículos de viajeros nuevos. El recorrido medio por habitante ha aumentado el 76%, lo cual quiere decir que se hacen más viajes por persona y a distancias mayores. Se ha pasado, en el lapso de 15 años, de

recorrer 3.851 kilómetros por habitante y año, a 6.778 km, con el consiguiente aumento de consumos y emisiones de GEI. Un estudio del Reino Unido revela que la causa fundamental del aumento de las distancias por habitante recorridas en coche es el aumento del nivel de motorización<sup>(6)</sup>.

Como el consumo medio por vehículo es prácticamente constante (Figura 3, C), consecuentemente está aumentando el consumo de energía por habitante paralelamente a los vkm por habitante. El consumo de energía por habitante ha pasado de 20 GJ en 1990 a 30 GJ en 2005. Aunque ha mejorado la eficiencia de los motores y carburantes, al tiempo ha aumentando la potencia y tamaño de los automóviles, por lo que no ha habido ganancias netas en consumos medios por vehículo-km, que siguen en torno a los 5 MJ/vehículo-km (0,12 l/km). O lo que es lo mismo 119 gep/vehículo-km (gramos equivalentes de petróleo por cada unidad vehículo-km).

### ESCENARIOS TENDENCIALES DE EMISIONES DE CO<sub>2</sub> Y POSIBLES ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR DEL TRANSPORTE

Ante la delicada situación del sector transporte en España sólo cabe una acción decidida, reuniendo esfuerzos desde diversos campos de acción. Para ello es necesario definir unos escenarios de futuro y establecer unos objetivos de mejora. El escenario tendencial actual (BAU) tiene un crecimiento anual de las emisiones del 3,7%. Por ello se precisa de un escenario de reducción (RED) con el objetivo de disminuir los GEI 20% en el horizonte del año 2020. Este escenario debe pasar por el cumplimiento del Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión en 2010 (+ 37% sobre el nivel de 1990). Esto supone una reducción global de emisiones sobre el escenario tendencial entre 2005 y 2020 de 1.145 Millones de tCO<sub>2</sub>.



Fuente: elaboración propia a partir de las referencias (7) y (10).

**Figura 3.** Evolución del transporte por carretera en España: motorización (A), recorridos medios por vehículo y habitante (B) y consumos medios por habitante y vehículo-km (C).

Emisiones		2020 (MtCO <sub>2</sub> )	Acumulado 2004-2020 (MtCO <sub>2</sub> )
Escenario Tendencial BAU (1)		193,3	2.500,9
Ahorros medidas	TCC: tecnológicas coches combustibles	48,7	380,0
	DMM: distribución modal mercancías	13,7	106,1
	MTI: modal tráfico interurbano	8,3	65,0
	MTU: modal tráfico urbano	15,4	123,1
	UE: uso eficiente	54,8	470,4
	Total ahorro (2)	141,0	1.144,6
Escenario de Reducción RED (1-2)		52,4	1.356,6

**Tabla 2.** Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> 2004-2020 para cada grupo de medidas.

La reducción sólo puede conseguirse con una clara política de reducción de emisiones, que incluya un conjunto de medidas de eficiencia en todos los campos, buscando sinergias entre ellas y coordinando institucionalmente un Plan de Acción. El cambio de tendencia debería lograrse mediante las siguientes actuaciones:

- mejoras tecnológicas en vehículos y combustibles (TCC),
- cambio en la distribución modal de mercancías (DMM),
- mejora de la distribución modal de la demanda interurbana de viajeros (MTI),
- mejora de la distribución modal de la demanda urbana de viajeros, reducción de la longitud y número de viajes motorizados (MTU), y
- uso eficiente de los vehículos (UE).

El potencial de reducción de estas medidas dependerá de cómo se apliquen, el control y seguimiento que se haga, por lo que no se pueden dar cifras exactas. No obstante, siguiendo las propuestas del Plan de Acción de la Estrategia de Eficiencia Energética (E4), los objetivos podrían ser los que se indican en la Tabla 2. Como puede comprobarse se requiere un esfuerzo muy grande, pues supondría reducir a casi la cuarta parte las emisiones tendenciales en 2020, pasando de 193 a 52 millones de tCO<sub>2</sub>. Este esfuerzo supondría reducir casi a la mitad las emisiones previstas en el período 2005-2020, aumentando de forma progresiva la intensificación de las medidas.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El transporte en España es responsable de casi el 31% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Si los

factores que generan la actividad de transporte continúan, las emisiones de CO<sub>2</sub> podrán incrementarse en más de un 157% sobre el nivel del Protocolo de Kioto en 2020 (año base de referencia 1990).

Bajo el Protocolo de Kioto, España se compromete entre 2008 y

2012 a reducir anualmente los gases de efecto invernadero hasta alcanzar 15% de incremento sobre los niveles de 1990. Durante el período 1990-2020, las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al transporte se espera que se incrementen en 196%, contabilizando 193,3 millones de toneladas de carbono en 2020.

La reducción de las emisiones del transporte será difícil si los factores que han incrementado las emisiones en el pasado son factores importantes en el incremento de las emisiones futuras. Aunque las medidas de gestión de los sistemas de transporte tienen una reducción potencial de las emisiones limitada, dichas medidas son necesarias para disminuir otras externalidades del transporte: accidentes, congestión, ruido y contaminación atmosférica. Estas medidas son importantes teniendo en cuenta que las emisiones de otros sectores económicos han disminuido o han crecido en menor proporción que las del transporte.

Este estudio evalúa un rango de escenarios futuros que se corresponden con una serie de opciones de reducción de emisiones. Entre estas opciones, la eficiencia en el uso de los vehículos ofrece el mayor potencial y es clave para reducir drásticamente las emisiones de carbono junto con las mejoras tecnológicas de los vehículos y los combustibles.

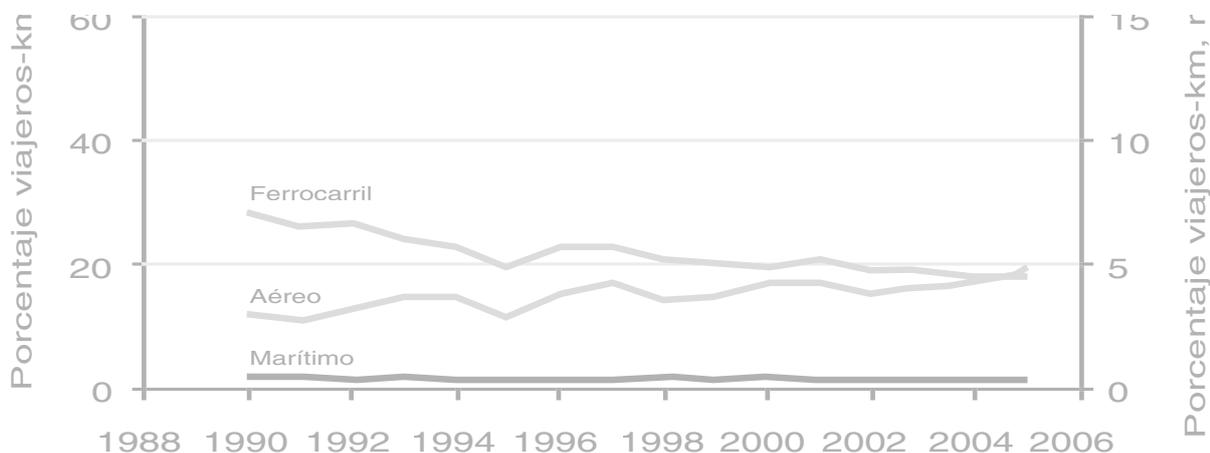
La eficiencia en el uso vehicular representa una gestión apropiada del sistema de transporte y podría reducir las emisiones base pronosticadas en 2020 en 28%. Las mejoras en la tecnología de vehículos y combustibles continúan las tendencias pasadas de la intensidad energética de los modos de transporte de viajeros y mercancías y podrían reducir las emisiones base estimadas en 2020 en 25%.

Cambios en los repartos modales, mercancías, viajeros interurbanos y urbanos, podrían reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> en otro 19% y conducir a estabilizar las emisiones en

52,4 millones de toneladas de carbono en 2020: cualquier reducción significativa adicional de las emisiones de CO<sub>2</sub> precisaría la introducción a gran escala de medidas adicionales como combustibles bajos en carbono, medidas fiscales y teletrabajo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AEMA AGENCIA EUROPEA MEDIO AMBIENTE. (2006). "Transport and environment: facing a dilemma". TERM 2005. Copenhague.
2. IDAE INSTITUTO DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO ENERGÍA. (2006). "Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España E4". Madrid.
3. JOHANSSON, B. (1995). "Strategies for reducing emissions of air pollutants from the Swedish transportation sector". *Transportation Research Part A* 29 (5), pp. 371-385.
4. KAHN RIBEIRO, S., KOBAYASHI, S., BEUTHE, M., GASCA, J., GREENE, D., LEE, D.S., MUROMACHI, Y., NEWTON, P.J., PLOTKIN, S., SPERLING, D., WIT, R., y ZHOU, P.J. (2007). Transport and its infrastructure. En: B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave y L.A. Meyer (eds.) "Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 323-385.
5. KWON, T.H. y PRESTON, J. (2005). "Driving Forces behind the Growth of Per-capita Car Driving Distance in the UK, 1970 to 2000". *Transport Reviews* 25 (4), pp. 467-490.
6. ME MINISTERIO DE ECONOMÍA. (2006). "Informe de Recaudación Tributaria". Madrid.
7. MFO MINISTERIO DE FOMENTO. (2006). "Los transportes y los servicios postales". Madrid.
8. MP MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. (2006). "Plan Nacional de Asignación de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, 2008-2012". Madrid.
9. MMA MINISTERIO MEDIO AMBIENTE. (2006). "Inventario de Gases de Efecto Invernadero de España-Edición 2006 (serie 1990-2005), sumario de resultados". Madrid.
10. MI MINISTERIO DEL INTERIOR. (2006). "Anuario Estadístico General 2005". Madrid.
11. PÉREZ-MARTÍNEZ, P.J. (2007). "Mobility and environment in Spain", en: G. MORRISON y S. RAUCH (eds.) *Highway and Urban Environment, Proceedings of the 8th Highway and Urban Environment Symposium*. Springer, Dordrecht, pp. 35-43.
12. RODENBURG, C.A., UBBELS, B. y NIJKAMP, P. (2002). "Policy scenarios for achieving sustainable transportation in Europe". *Transport Reviews* 22 (4), pp. 449-472.
13. SCHIPPER, L., SCHOLL, L. y PRICE, L. (1997). "Energy use and carbon emissions from freight in 10 industrialized countries: an analysis of trends from 1973 to 1992". *Tranpn Res.-D* 2 (1): pp. 57-76.
14. VAN WEE, B., JANSE, P., y VAN DEN BRINK, R. (2005). "Comparing energy use and environmental performance of land transport modes". *Transport Reviews* 25 (1), pp. 3-24 pp. 



# Biocombustibles: experiencia de utilización en la EMT de Madrid



Biofuels: use experience in EMT-Madrid

Juan Ángel TERRÓN ALONSO

Director de Ingeniería  
Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT)

## RESUMEN

*La necesidad de evolucionar hacia fuentes de energía alternativas renovables es un hecho cada vez más notorio en la sociedad actual. Las nuevas energías procedentes de materias vegetales deben ser probadas por empresas de transporte, comprometidas con el medio ambiente para demostrar que su empleo es posible en el campo de la automoción.*

*Empresa Municipal de Transportes de Madrid ha estado utilizando biocombustibles (biodiesel y bioetanol) en su flota de autobuses desde hace más de una década, participando en varios proyectos europeos al respecto. Todo ello le permite extraer conclusiones sobre el empleo de este tipo de carburantes que pueden ser útiles para otros operadores de transporte urbano.*

*En el artículo se exponen las características de los combustibles utilizados así como sus condicionantes de uso para el transporte urbano mostrando los resultados cuantitativos y cualitativos de su utilización.*

*Palabras clave: Medioambiente, Transporte, Transporte urbano, Autobús, Biocombustible, Biodiesel, Bioetanol, Etanol, Combustible, Emisión.*

## ABSTRACT

*The need to move towards alternative renewable energy sources is an increasingly evident reality in today's society. New energies from vegetable matter must be tried out by environmentally committed transport companies so as to demonstrate that their use is feasible in the automotive field.*

*The Madrid Municipal transport Company (EMT) has been using biofuels (biodiesel and bioethanol) in its bus fleet for more than a decade, taking part in various European projects in the field. This allows it to draw conclusions on the use of this type of fuel that may be of use to other urban transport operators.*

*This paper sets out the characteristics of the fuels used and the constraints on their application in urban transport, showing the quantitative and qualitative results of their use.*

*Key words: Environment, Transport, Urban transport, Bus, Biofuel, Biodiesel, Bioethanol, Ethanol, Fuel, Emission.*

## ¿POR QUÉ EL EMPLEO DE COMBUSTIBLES ALTERNATIVOS EN EL TRANSPORTE PÚBLICO?

Actualmente, más del 98% del transporte por carretera emplea derivados del petróleo como combustible.

Entre los años 2005 y 2015 se estima que la producción de petróleo alcanzará su máximo histórico (30 billones de barriles anuales), lo que significa el doble de lo que se producía en la década de los 70.

Los mismos observadores estiman también que la producción de crudo irá disminuyendo en el futuro, tanto por las políticas de diversificación de los países consumidores como por las políticas de restricción impuestas por los países productores.

Asimismo, los fuertes incrementos de precio del barril de crudo, solo frenados por la actual crisis financiera mundial, que en algún momento estuvieron a punto de crear situaciones preocupantes para la economía occidental, precios fijados por unos pocos países (en algún caso unas pocas personas físicas), hacen replantearse el panorama energético de la sociedad actual (ver Figura 1).

Todo lo que se ha expresado en los párrafos anteriores es válido tanto para el petróleo como para el gas natural, diferenciándose en lo básico, únicamente en los diferentes países de producción de cada uno de ellos (que en algún caso también coinciden).

Las estimaciones más optimistas, teniendo en cuenta también los futuros descubrimientos de bolsas de gas o de crudo, manteniendo el consumo en sus valores actuales, señalan que el petróleo se acabará en unos 50 años y que el gas natural lo hará en un plazo no superior a los 70 años.

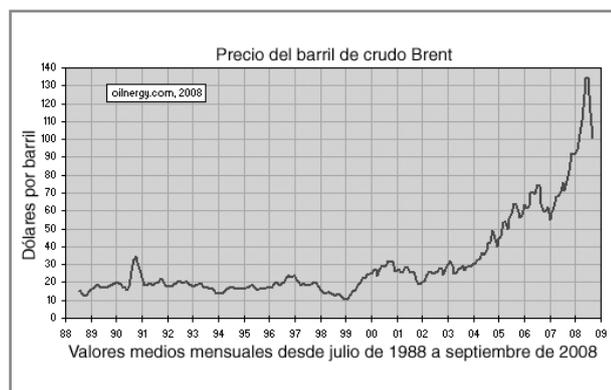


Figura 1. Evolución del precio del petróleo.

En el paleolítico, el hombre no cultivaba la tierra; se limitaba a recoger los frutos que aquella tenía. En el neolítico el hombre cultivaba la tierra, sembraba para después obtener cosechas que le permitieran subsistir en el futuro. Esto, que a todos nos parece *lógico*, no es lo que se ha estado haciendo en el campo energético hasta ahora. Aquí estamos en el paleolítico energético y debemos evolucionar hacia el neolítico, cultivando nuevas energías renovables para poder tener algún futuro.

De todo esto surge la necesidad de sustituir las fuentes de energía tradicionales por otras que permitan su utilización permanente, es decir, surge la necesidad de emplear energías alternativas *renovables*.

En otro orden de cosas, independientemente tanto de las visiones más catastrofistas de aquellos que creen que la sociedad actual va hacia el apocalipsis gracias al desastre ecológico que causa nuestra forma de vida como de las visiones optimistas de aquellos que dicen que no pasa nada y que estamos dentro de las fluctuaciones estadísticas normales en los distintos parámetros del planeta tierra, resulta evidente que el tipo de sociedad actual con el elevado consumo de energía que emplea, tiene un impacto medioambiental que es necesario controlar en mayor medida de lo que se ha ido haciendo hasta el momento.

En los próximos 50 años se espera un aumento de las temperaturas medias del planeta en torno a los 3 °C, sin que los expertos se pongan de acuerdo en las consecuencias que ello reportará.

Asimismo se ha constatado que la masa de hielo de los casquetes árticos ha disminuido un 30% en los últimos 25 años, que la capa de ozono troposférico ha variado sustancialmente en algunas zonas del globo, que las emisiones de gases contaminantes reglados (CO, HC, NO<sub>x</sub>, partículas) han alterado la calidad del aire y su composición en las grandes urbes del planeta y que las emisiones de los no reglados, de efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, etc) pueden haber influido en los cambios globales más arriba descritos.

De todo ello surge la necesidad de emplear energías alternativas no contaminantes o que, al menos, sus emisiones sean controladas, reducidas y reutilizadas sin que el empleo de aquellas varíe el medio ambiente ni sus características esenciales que permitan continuar con la vida en las generaciones futuras, tal y como la conocemos.

Se trata, por tanto, de pasar de un ciclo abierto en el empleo de la energía, con un gasto positivo en el total

del ciclo de empleo de la energía fósil, a un ciclo cerrado, con un gasto total nulo en el empleo de la energía de tipo biomasa.

Por todo lo anterior podemos ahora contestar a la pregunta que inicialmente hemos planteado: ¿Por qué el empleo de combustibles alternativos en el transporte público?.

La respuesta es: necesidad de utilización de energías renovables, que no se agoten con su utilización a lo largo del tiempo, y necesidad de empleo de energías que no modifiquen el medioambiente con su empleo.

## DESARROLLO SOSTENIBLE Y TRANSPORTE

De todo ello surgen dos nuevas clasificaciones de las energías empleadas actualmente:

- Contaminantes/no contaminantes.
- Renovables/no renovables.

En los extremos, como ejemplo de la energía contaminante y no renovable, se encuentra el gasóleo (en general, los derivados directos del petróleo) y como energía renovable y no contaminante se encuentra el hidrógeno.

Como factor clave en la sociedad actual con previsión de futuro, aparece el concepto de *desarrollo sostenible*, que es la evolución que puede llevar a cabo la sociedad durante un período infinito de tiempo sin consumir los recursos del planeta. Para que el desarrollo sea sostenible deben darse las condiciones siguientes:

- Emplear energías renovables,
- Ser socialmente aceptable, y
- Ser económicamente viable.

La aceptación por parte de la sociedad de un determinado tipo de energía ligada al desarrollo puede variar a lo largo del tiempo; por ejemplo, el biodiesel era muy aceptable hace unos años y en la actualidad está cuestionándose su uso debido a los presuntos *efectos colaterales* provocados en los precios de determinados alimentos: no es de recibo que el precio de productos básicos se eleve mucho porque se destina a *quemar* en los vehículos de las clases acomodadas las materias primas destinadas a la fabricación de alimentos de las clases más desfavorecidas.

Las condiciones para que un combustible alternativo pueda ser utilizado en flotas de vehículos para el transporte son las siguientes:

- Que posean viabilidad técnica; es decir, que puedan ser empleados en los motores y sistemas de propulsión actualmente en uso, por ejemplo que pueda emplearse en motores de combustión que cumplan con las normas en vigor y que no alteren sus parámetros de homologación.
- Que exista una seguridad en el suministro del combustible, ajeno a las situaciones del mercado, extendiéndose esta seguridad tanto a la propia existencia de suministro como a que el combustible posea una calidad determinada y que esta calidad también esté asegurada a lo largo del tiempo.
- Que posea una neutralidad de costes con respecto a los combustibles tradicionales ya que no se puede esperar que ninguna empresa o particular emplee por propia voluntad un combustible que le va a incrementar sus costes de explotación.

## EMT DE MADRID Y LAS ENERGÍAS ALTERNATIVAS

La EMT de Madrid, con sus 7.700 trabajadores, 2.060 autobuses, 500 millones de viajeros y 100 millones de km recorridos anuales, es una de las mayores empresas europeas de transporte urbano. Desde hace décadas, EMT de Madrid ha estado preocupada y comprometida con el medio ambiente, buscando soluciones a la movilidad sostenible y destinando gran cantidad de recursos a la investigación y participación en proyectos y empleo de energías alternativas en el transporte urbano.

EMT de Madrid desea no solo estar en los vagones de cabeza del tren del desarrollo sostenible y empleo de energías renovables, sino que desea ser la locomotora del mismo, impulsando con su empleo al sector del transporte urbano de viajeros de superficie.

De este modo, se continúa con el empleo de varios tipos de energía, tal y como ha venido siendo tradición en Madrid desde hace más de 130 años, con las empresas precursoras de EMT de Madrid, la cual se fundó hace ya 61 años. En dichas compañías siempre se utilizó más de un combustible aunque es cierto que en la memoria colectiva de la población solo se recuerda el gasóleo, ya que ha sido el combustible único durante el período más recordado, desde 1972 hasta 1994. Sin embargo, con esa excepción, siempre han

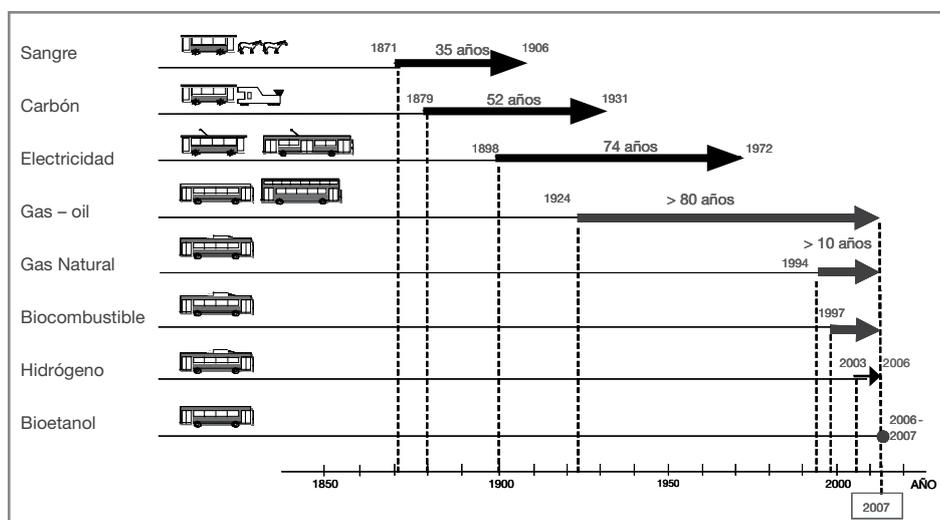


Figura 2. Evolución de la Energía de Tracción en Madrid.

Año	Biocarburantes (%)	Gas Natural (%)	Hidrógeno (%)	Total (%)
2005	2	-	-	2
2010	6	2	-	8
2015	7	5	2	14
2020	8	10	5	23

Tabla 1. Estrategia de carburantes alternativos. Guía inicial (Libro Verde de la UE sobre Seguridad en el Abastecimiento Energético).

coexistido varias fuentes de energía en el transporte colectivo urbano de viajeros por superficie en Madrid, tal y como se aprecia en la Figura 2.

Este compromiso de EMT se refleja en las cifras que se expondrán a continuación.

La UE, en su *Libro Verde sobre Seguridad en el Abastecimiento Energético* indica que promoverá las acciones necesarias para conseguir que en 2020 el 25% del transporte por carretera emplee combustibles alternativos (el 10% del transporte con biocarburantes, el 10% con gas natural y el 5% con hidrógeno, ver Tabla 1).

Entretanto, en EMT de Madrid se alcanzará la cifra del 80% en 2008 y del 100% en 2009, incrementándose además el tamaño de la flota de vehículos, tal y como se puede apreciar en la Tabla 2, que representa la evolución actual y prevista del parque móvil de EMT de Madrid.

Una vez indicada la posición de EMT de Madrid en cuanto al uso de energías alternativas, se van a detallar seguidamente los proyectos en los que interviene o ha intervenido en los últimos tiempos en cuanto a la utilización de biocombustibles (biodiesel y bioetanol), aunque hay que señalar que también ha participado en proyectos de hidrógeno y que actualmente dispone de una de

las flotas más grandes de Europa de autobuses a gas natural comprimido y electricidad (ver Foto 1).

## EMPLEO DEL BIODIESEL

La realización de ensayos con biodiesel en EMT de Madrid se remonta al año 1997. En estas fechas se comenzaron a utilizar dos autobuses Pegaso 6424 denominados BIOBUSES empleando una mezcla de 30% de éster metílico derivado de aceite de girasol y un 70% de gasóleo convencional (Foto 2). En este proyecto participaron también IDAE, INSIA, Repsol y CLH, y estuvieron utilizándose los autobuses hasta 1999.

Los resultados que se obtuvieron en aquellas fechas, con un biodiesel de una calidad muy diferente al actual, arrojaron un incremento de consumo del 4,11%, algunas obstrucciones de inyectores y un fuerte olor a *freiduría* en los gases de escape.

A partir del año 2.003 EMT realizó pruebas con vehículos propulsados por éster metílico de aceite de semillas fabricado en España. Entre 2.003 y 2.005 se llevaron a cabo ensayos con autobuses que cumplieran con la normativa EURO II, utilizando combustible compuesto por un 95% gasóleo y 5% biocombustible. Una vez recorridos más de 250.000 km, se documentó un incremento de consumo del 1%.

En 2.004 se realizaron pruebas con autobuses con motores que cumplieran con las Normas EURO II y III, usando biodiesel cada vez en mayor proporción de biocombustible. En una primera fase se utilizó un compuesto formado por un 80% de gasóleo y un 20% de biocombustible, para pasar posteriormente a una mezcla de un 50% gasóleo y un 50% de biocombustible, y por último a un 100% de biocombustible. Recorridos más de 600.000 km, se registró un incremento de consumo con el B100 de un 7%.

El biodiesel que se ha empleado desde esta fecha cumple la norma EN 14214, no presenta olores fuertes en los

Año	Biodiesel	GNC	Etanol	Transmisión eléctrica	Electricidad	Hidrógeno	Total
2004	4	155	-	20	-	4	183 (9,3%)
2005	13	165	-	20	-	3	201 (10,1%)
2006	211	204	5	20	-	3	443 (22,0%)
2007	880	351	5	20	10	-	1266 (62,2%)
2008	1264	351	5	20	20	-	1660 (80,6%)
2009	1678	375	5	20	20	2	2100 (100%)
2010	1743	410	5	20	20	2	2200 (100%)
2011	1825	410	5	10	20	2	2272 (100%)

**Tabla 2.** Evolución flota energía alternativa en EMT de Madrid.

gases de escape y posee unas características parecidas al gasóleo en determinados parámetros que le hacen poder ser utilizado como combustible en motores de combustión interna, especialmente en mezclas con gasóleo convencional (ver Tabla 3).

Desde el año 2005 se ha continuado con el empleo de biodiesel en los autobuses de EMT de Madrid en diferentes proporciones de mezcla (20%, 30%, 50%) llegando a emplearlo puro en un centenar de vehículos durante más de un año.

Las características más importantes a tener en cuenta para la utilización del biocombustible en autobuses urbanos se refieren a su grado de acidez, que puede alterar el comportamiento de algunas gomas y retenes de los motores y del circuito de almacenamiento y alimentación de combustible, el índice de iodo, que indica en cierto modo la facilidad de degradación del combustible, aceite y formación de lacas en los inyectores, su compatibilidad con el agua, que es mucho mayor que en el caso del gasóleo, su menor poder calorífico que aquel, lo que hace que el consumo de combustible aumente y su más alto punto de obstrucción de filtro frío, que puede hacer que el paso del biocombustible por los filtros en días de baja temperatura se dificulte mucho llegando a impedir arrancar los motores.

Todas estas características específicas, así como la totalidad de los parámetros contenidos en la norma EN 14214, deben ser tenidas en cuenta a la hora de emplear biocombustibles dado que las condiciones de operación pueden recomendar el empleo de mayor o menor proporción de mezcla en el biodiesel para que no surjan incidencias operativas. La citada norma europea es la que debe cumplir todo biocombustible para poder ser empleado en automoción. Con ella se pretende que todos los biocombustibles empleados tengan unas uniformes características de calidad, cuyos parámetros han sido fijados a fin de no ocasionar daños a los motores en los que se utilicen.



**Foto 1.** Autobús de la EMT accionado mediante gas natural.



**Foto 2.** Autobús Pegaso 6424 propulsado con biodiesel.

Los resultados de varios años de empleo de biodiesel en los autobuses reflejan que no han existido disfunciones en el funcionamiento y la operatividad de los mismos a consecuencia del uso de biodiesel, excepto en días con temperaturas inferiores a - 10°C en aquellos vehículos que empleaban biodiesel puro.

No se han producido ensuciamientos de cámaras de combustión, inyectores, etc. manteniéndose los mismos niveles de averías en motores de los vehículos que han empleado biodiesel como en aquellos de contraste que empleaban gasóleo convencional.

Las emisiones de gases de escape se mantuvieron en el mismo orden de magnitud que empleando gasóleo, con

la excepción de los NO<sub>x</sub> que tienen tendencia a incrementarse (ver Tabla 4).

En el pasado existieron algunas incidencias con algunas gomas y retenes en toda la línea de combustible, incluidos los surtidores, que se deterioraron con facilidad, debiendo ser sustituidos por materiales resistentes a los ésteres metílicos. Esta circunstancia ya no representa un problema puesto que en las nuevas motorizaciones suelen estar certificadas por los constructores para ciertas proporciones de biodiesel.

Debido a que su poder detergente es mayor que el del gasóleo, los biocombustibles *limpian* las acumulaciones de carbonilla y suciedad existentes en los tanques de almacenamiento de las estaciones de suministro y de los propios autobuses, desprendiendo esta suciedad que acaba en los filtros de admisión de combustible de los motores, por lo que dichos filtros deben estar más controlados en las operaciones de mantenimiento.

Finalmente, el efecto más significativo del empleo de biodiesel es el aumento del consumo que se produce frente al empleo del gasóleo convencional y que se cifra en hasta un 6%-8% empleándolo puro.

Las ventajas en el uso de los biocombustibles hay que buscarlas en el orden global: permiten aprovechar terrenos agrícolas baldíos y terrenos de retirada, contribuyen a generar empleo en zonas rurales, la dependencia del petróleo disminuye, son renovables en la fracción de uso del biocombustible y, por tanto, se considera que casi no emiten CO<sub>2</sub> en esa fracción (Foto 3).

Además, en los últimos tiempos el precio del biodiesel es menor que el del gasóleo, aún teniendo en cuenta la corrección por un mayor gasto de combustible y es de suponer que de forma permanente estará gravado con menos impuestos (ver Figura 3).

Propiedad	Unidad	Biodiesel mezcla 30/70	Biocombustible girasol 100%	Gasóleo 100%
Densidad a 15°	kg/l	0,86	0,554	0,84
Número de cetano	-	51	54,4	49
Punto de inflamación	°C	70	177	64
Viscosidad a 37,8°C	cSt	3,3	4,1	3,26
Poder calorífico superior	kJ/l	43.900	39.800	45.400
Punto de obstrucción del filtro frío	°C	-11	-5	-13

Tabla 3. Propiedades características biodiesel, biocombustible y gasóleo.

Compuesto	Unidad	Biodiesel mezcla 30/70	Biocombustible girasol 100%	Gasóleo 100%
CO <sub>2</sub> máximo por combustión	kg/l	2,62	2,44	2,64
CO <sub>2</sub> (70% recombinado)	kg/l	2,00	0,73	2,64
Hidrocarburos sin quemar	g/kW h	0,33	0,40	0,43
Compuestos de nitrógeno	g/kW h	2,26	2,37	2,24
Monóxido de carbono	g/kW h	1,68	1,59	1,90
Compuestos de azufre	kg/l	0,59	-	0,84
Opacidad de gases	escala de Bosch	1,06	0,58	1,30

Tabla 4. Comparativa de emisiones.

Los inconvenientes fundamentales derivados del empleo de biocombustibles se refieren por un lado, al incremento de consumo de carburante que se produce y, por otro, a los presuntos *daños colaterales* que el empleo de semillas alimentarias para fabricar combustible puede producir en los precios de alimentos básicos, especialmente en algunas zonas del planeta, aunque esto se corregirá en el futuro al emplearse biocombustibles de 2ª generación que se obtienen a partir de los desechos de las plantas y no de las semillas.

Asimismo se puede considerar como inconveniente que la absorción del CO<sub>2</sub> por las plantas que son materia prima para la fabricación del biocombustible no se produce en los mismos lugares en los que se emite el CO<sub>2</sub> a la atmósfera, con lo que la calidad del aire de los lugares donde se consuma biodiesel, principalmente en las ciudades, no se mejora por este motivo.

Actualmente el suministro en cantidad y calidad del biodiesel no está asegurado. Existen multitud de fábricas pero la estabilidad, homogeneidad y calidad de su producción

ABIERTO  
PLAZO DE  
INSCRIPCIÓN

# V Máster en Túneles y Obras Subterráneas

010  
www.master-aetos.com  
2

Fechas: Enero- Octubre 2010

Duración: 600 horas

Título propio de Postgrado  
de la Universidad Politécnica de Madrid

Organizado por



COLEGIO DE INGENIEROS  
DE CAMINOS, CANALES  
Y PUERTOS



AETOS  
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA  
DE TÚNELES Y OBRAS  
SUBTERRÁNEAS



Fundación Agustín  
de Betancourt

Con la colaboración de

ASSOCIATION  
INTERNATIONALE DES TRAVAUX  
EN SOUTERRAIN  
AITES



ITA  
INTERNATIONAL  
TUNELLING  
ASSOCIATION

Información e inscripciones  
Secretaría de AETOS  
C/ Montalbán, 3 4º izda.  
28014 Madrid  
Tfno. y fax: 91 523 36 83  
master@aetos.es

(cumpliendo de forma continuada la Norma EN 14214) no está asegurada, como tampoco lo está el volumen que se requeriría para que todo el parque automovilístico empleara un porcentaje representativo de biocombustible como carburante.

Todo ello hace que, si se mantiene el precio de los biocombustibles, si se mantiene su calidad, y si se asegura la producción futura con regularidad (lo que en el momento actual no existe) el uso de los biocombustibles en EMT de Madrid, podrá generalizarse en torno a porcentajes de mezcla del orden del 20%, alcanzándose los objetivos citados anteriormente en este artículo para toda su flota diesel.



**Foto 3.** Los autobuses que consumen biodiesel, como el de la fotografía, consumen un 6-8% más que los que utilizan gasóleo convencional, pero casi no emiten CO<sub>2</sub> y además el biodiesel es más barato, incluso con el mayor consumo.

## EMPLEO DEL BIOETANOL

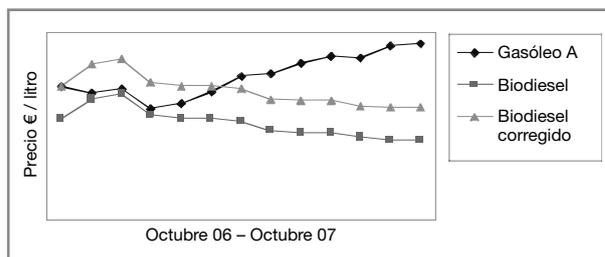
El bioetanol es el otro biocombustible empleado en EMT de Madrid; en este caso dentro del proyecto de demostración (proyecto BEST) de la Unión Europea.

En el proyecto BEST participan varias ciudades europeas, además de San Paulo de Brasil y Nanyang de China (ver Figura 4) y se trata de extender el uso del bioetanol a más ciudades y países europeos, ya que hasta ahora, especialmente en vehículos pesados, su utilización en Europa se restringe a la ciudad de Estocolmo. Sin embargo, el empleo del biodiesel en vehículos ligeros y de ciclo Otto está extendido en América, especialmente en EEUU y Brasil.

El objetivo del proyecto BEST también es demostrar la posibilidad de emplear bioetanol como combustible renovable en diferentes escenarios geográficos y climáticos y en diferentes tipos de vehículos y motores.

EMT de Madrid participa asociado al Ayuntamiento de Madrid, habiendo adquirido 5 autobuses que funcionan con bioetanol en ciclo diesel desde junio de 2006 (Foto 4).

El combustible empleado en los autobuses está compuesto por un 95% de bioetanol y un 5% de productos desnaturalizantes y mejoradores de ignición. El bioetanol es un combustible más inflamable que la gasolina, agresivo con algunos plásticos de los vehículos, puede ser irritante para la piel y las mucosas si entra en contacto directo con estas y, sobre todo, tiene un poder calorífico muy inferior al del gasóleo lo que conlleva un aumento en el volumen de combustible consumido para igualdad de recorrido efectuado.



**Figura 3.** Evolución de los precios del gasóleo y del biodiesel.



**Figura 4** Ciudades participantes del proyecto BEST.

Estas características hacen que los vehículos deban ir equipados con sistemas automáticos de extinción de incendios y depósitos adicionales de combustible ya que el consumo asciende, en tráfico urbano, hasta cerca de 1 litro por cada km recorrido.

Los motores que emplean los autobuses de bioetanol, por ahora todos de un único fabricante sueco, tienen

menor potencia específica que los equivalentes de gasóleo, pero son perfectamente adecuados para su empleo en el transporte urbano regular (ver Tabla 5). Estos motores han sido desarrollados específicamente para su empleo con bioetanol.

Durante los 30 meses que llevan de servicio los autobuses de etanol en EMT de Madrid, han demostrado que se adecuan correctamente a la operativa diaria de las líneas regulares de transporte urbano de Madrid, sin que existan problemas o inconvenientes derivados del uso del bioetanol como combustible.

**CONCLUSIONES**

Las conclusiones de los años de experiencia de EMT en el uso de biocombustibles se pueden exponer en varias áreas:

- Técnicas y operativas:
  - No existen problemas de explotación ni funcionamiento en los vehículos con biocombustibles, adaptándose perfectamente a las líneas en las que operaron.
  - El estado de conservación de los motores con biocombustibles no presenta diferencias significativas con los de gasóleo.
  - Las pérdidas de potencia, aún existiendo, no son apreciables en la operativa diaria, aunque ello repercute en un incremento de consumo de combustible.
- Medioambientales:
  - La disminución de emisiones de contaminantes reglados, aún cuando es relevante, se debe más al desarrollo efectuado en los propios diseños de los motores que al empleo de biocombustibles.
  - El mayor beneficio se observa en la disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel global, teniendo en cuenta el ciclo completo de vida del biocombustible, es decir, teniendo en cuenta la absorción de CO<sub>2</sub> por los elementos vegetales de los que se extrae el biocombustible (ver Figura 5).
  - La ventaja fundamental del empleo de biocombustibles se debe a su carácter de energía renovable, así como a la posibilidad de diversificación del origen de las materias primas empleadas en su fabricación que



Foto 3. Uno de los autobuses de la EMT que funcionan con bioetanol.

Motor de ciclo diesel	8.974 cm <sup>3</sup>
6 cilindros en línea	4 tiempos
Potencia máxima	170 kW (231 C.V.) a 2.000 r.p.m.
Par máximo	1.035 Nm (105 kg-m) a 1.200 r.p.m.
Potencia específica	19 kW/litro
Relación de compresión	24:1

Tabla 5. Datos técnicos del motor de bioetanol.

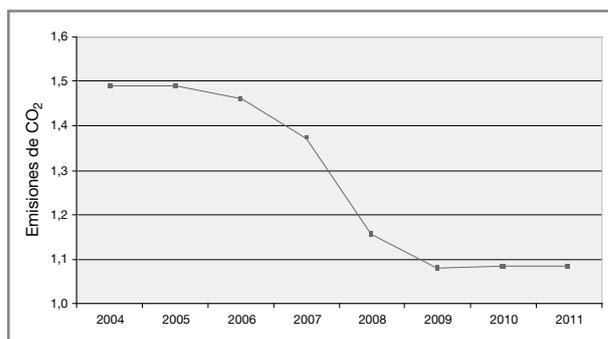


Figura 5. Emisiones de CO<sub>2</sub> de la flota de la EMT.

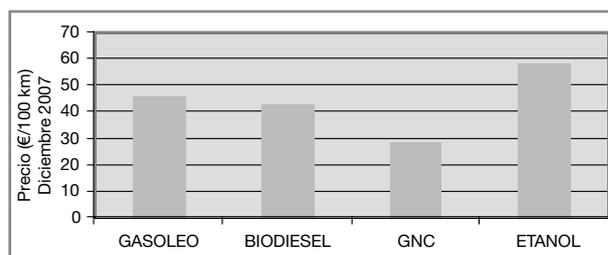


Figura 6. Coste comparativo del combustible.

puede contribuir al empleo de terrenos baldíos, evitan la desertización del medio ambiente y aumentar el empleo rural.

- Económicas:

– El aumento del consumo específico que se produce en los motores térmicos de los vehículos en los que se utilizan biocombustibles es la principal desventaja inicial. Sin embargo este mayor consumo se palía en el caso del biodiesel debido al menor precio actual de los biocombustibles, lo que no ocurre, por ahora, con el bioetanol, cuyo precio unitario hace que el coste final del transporte efectuado con él sea mucho más caro que el que se lleva a cabo con otros combustibles.

– En la Figura 6 se representa una comparativa de los costes kilométricos de los combustibles más utilizados en el transporte urbano con datos correspondientes a 2008.

– Las ayudas a los biocombustibles, traducidas en una adecuada política fiscal y de incentivos de todo tipo, podrán hacer que el mercado de los mismos aumente, ampliándose su empleo a todo tipo de vehículos, contribuyendo con ello a que el desarrollo y la movilidad de nuestro tipo de sociedad pueda mantenerse a lo largo del tiempo siendo, en consecuencia, cada vez más sostenible.

## BIBLIOGRAFIA

1. "Assosiation for the study of Pek Oil and Gas (ASPO)". Informe marzo 2008.
2. ASPO-USA. World Oil Conference. 2008.
3. "Memoria EMT de Madrid 2007".
4. "Libro Verde UE Seguridad Abastecimiento Energético". Bruselas. Noviembre 2000.
5. Shell Internacional Petroleum. Annual Report 2004, 2007.
6. "Bioethanol Fuell Foundation". Informe Septiembre 2008.
7. Websites:
  - Oilnergy.com.
  - Emtmadrid.es.
  - Peakoil.net.
  - Shell.com.
  - Best-europe.org.
  - Europa.eu. 

## Meteorología & Vialidad Invernal

MeteoGroup te ofrece:

- ▶ Pronóstico meteorológico a medida
- ▶ Previsiones localizadas en la red vial
- ▶ Alertas meteorológicas anticipadas
  - Aviso previo con mínimo 72 horas
  - Alertas vías FAX, mail, SMS,...
  - Pronósticos a 10 días vista
- ▶ Contacto telefónico con meteorólogos

Beneficiate de:

- ▶ Ahorros económicos
- ▶ Planificación de turnos
- ▶ Minimizar efectos de la meteorología invernal

Hora	T° aire 1.5 m	T° Calzada	Situación Calzada	T° Rocío	Cant.Prec. (mm/h)	Sit. Atmosf.	Cota Nieve (m)
13/12/2008-16h	2.5	2.6	Húmeda	0.2	1.2		1446
13/12/2008-17h	2.5	2.7	Húmeda	0.3	1.0		1375
13/12/2008-18h	2.1	1.5	Nieve	0.1	0.8		1295
13/12/2008-19h	1.2	1.1	Nieve	-0.1	0.6		1193
13/12/2008-20h	0.5	0.3	Nieve	-0.3	0.7		1064
13/12/2008-21h	0.1	0.1	Nieve	-1.0	0.1		934
13/12/2008-22h	-0.3	-0.1	Nieve	-1.2	0.0		815
13/12/2008-23h	-0.8	-0.2	Hielo	-1.6	0.0		742

Ejemplo. Tabla de pronóstico meteorológico hora a hora

### ▶ Aplicación web privada [www.meteovial.es](http://www.meteovial.es)

Tablas de previsión hora a hora  
Mapas de pronóstico meteorológico zonal  
Variables meteorológicas en gráficas



# MeteoGroup

Telf. +34 91 548 04 00  
info@meteoGroup.es  
[www.meteoGroup.es](http://www.meteoGroup.es)

# Metodología para el inventario de emisiones contaminantes y consumo energético en zonas urbanas. Aplicación a Sevilla



Methodology for atmospheric emission and energy consumption inventory in urban areas. Application to Seville

Jesús RACERO MORENO

*Profesor Contratado Doctor  
Dpto de Organización Industrial y Gestión de Empresas  
Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Universidad de Sevilla*

Ignacio EGUÍA SALINAS

*Profesor Titular de Universidad  
Dpto de Organización Industrial y Gestión de Empresas  
Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Universidad de Sevilla*

Fernando GUERRERO LÓPEZ

*Director Técnico Área de Movilidad Sostenible  
ISOIN*

Manuel BADA TOMÁS

*Jefe de proyecto Área de Movilidad Sostenible  
ISOIN*

## RESUMEN

*El desarrollo social y económico está muy ligado a la energía y al transporte. La intensificación energética asociada al sector transporte es uno de los principales factores asociados al incremento de las emisiones contaminantes.*

*En los últimos años, ha crecido el interés por la reducción de emisiones contaminantes debida al transporte. El crecimiento y dispersión de las ciudades ha contribuido a que los avances tecnológicos en materia de motores no hayan tenido el impacto esperado, en la medida que aumentaba la dispersión de ciudades y por tanto el consumo energético y emisiones contaminantes. Los nuevos enfoques se orientan hacia la retirada del mayor número de vehículos en circulación mediante programas de movilidad sostenible aplicados en entornos urbanos.*

*El siguiente trabajo muestra un método para el desarrollo de inventarios energéticos y ambientales, y su integración en una herramienta de planificación para el análisis de estrategias orientada a la movilidad sostenible.*

*Palabras clave: Transporte urbano, Contaminación, CO<sub>2</sub>, Emisiones tráfico urbano, Movilidad sostenible, Planificación del tráfico, Sevilla.*

**ABSTRACT**

*Energy and transport are indispensable ingredients for economic and social development. At the same time conventional forms of energy production, distribution and consumption as well as sustainable transport and mobility patterns are linked to environmental degradation.*

*The last decade, the cities growth and spread has contributed to increase the pollution and energy consumption. The approaches are aimed to reduce the traffic flow through plans for sustainable mobility.*

*This work shows a decision support system able to help local administrators in reducing the impact of air pollution due to urban traffic. The method designed is a framework, including a transportation planning tool and a comprehensive model to estimate pollutants emissions. The hourly traffic flow data is obtained from transportation planning, and the emission model integrated is based on COPERT methodology. Detail traffic data have been collected and analyzed from the city of Seville to test the methodology.*

**Key words:** *Urban transport, Pollution, CO<sub>2</sub>, Sustainable mobility, Emission inventory, Traffic transportation planning, Sevilla.*



Actualmente, la contaminación atmosférica es un serio problema en la gestión y planificación de áreas urbanas. A nivel europeo, el transporte por carretera es uno de los principales sectores emisores de contaminantes, suponiendo el 23% de gases con efecto invernadero (CO<sub>2</sub>), el 66% de las emisiones de NO<sub>x</sub>, el 87% de monóxidos de carbono (CO), el 2,5% de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y una fuente importante de emisiones de compuestos volátiles (VOC)<sup>(9)</sup>.

En España, los niveles de emisión de CO<sub>2</sub> han superado los objetivos establecidos en el protocolo de Kyoto para el año 2012 (Figura 1). El sector del transporte por carretera supone el 40% de las emisiones de todos los sectores, siendo el vehículo privado el responsable del 60% de las emisiones de gases de efecto invernadero en zonas urbanas y origen de otros contaminantes, como del 80% del ruido.

Con relación al transporte, las autoridades tienen la capacidad de influir sobre la reducción de emisiones mediante la aplicación de diferentes estrategias, como es la imposición de normativas que limiten las emisiones a los nuevos vehículos fabricados<sup>(6)</sup>.

Actualmente, la no disponibilidad de herramientas que permitan evaluar *a priori* estrategias de mejora de la eficiencia energética y reducción de emisiones es un

hándicap que imposibilita el buen funcionamiento de las autoridades en temas medioambientales y tráfico.

El siguiente trabajo presenta una metodología integrada en una herramienta de planificación del tráfico para la realización de inventarios de emisiones atmosférica debida al tráfico urbano, con capacidad para analizar y evaluar estrategias de mejora de la eficiencia energética y calidad medioambiental.

## MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DEBIDAS AL TRÁFICO

Los métodos de estimación de inventario de emisión atmosférica debida al tráfico están compuestos por dos fases<sup>(1)(14)</sup>. La primera fase se centra en determinar la intensidad del tráfico y la velocidad media de circulación. Esta información puede ser obtenida bien mediante modelos de transporte<sup>(4)</sup> o bien mediante contadores/detectores de tráfico<sup>(2)</sup>. La segunda fase tiene como objetivo la clasificación del parque automotor para posteriormente definir las expresiones y factores de emisión (por contaminante) en función de la distancia, velocidad y tipo de vehículos.

Los métodos para la realización de inventario de emisiones pueden ser de dos tipos<sup>(5)</sup>:

- *Métodos "Bottom-Up" o microescala*, donde las estimaciones son realizadas a nivel de calle en todo el área

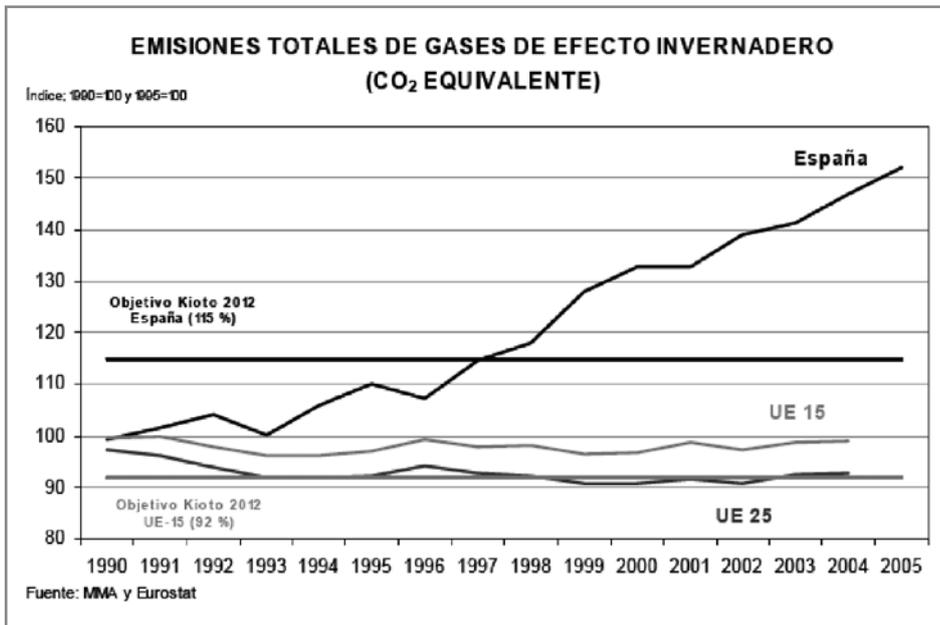


Figura 1. Objetivos y evolución de las emisiones de GEI.

de estudio para posteriormente ser agregados y agrupados por categorías, zonas u horarios<sup>(15)</sup>.

- Métodos "Top-Down" o macroescala, caracterizados porque las estimaciones son realizadas de forma agregada en tiempo y zona<sup>(20)</sup>.

Los métodos "Top-Down" son empleados cuando la información existente está desfasada o resulta difícil obtener información desagregada. En muchos casos este tipo de métodos se emplean en ciudades de tamaño mediano/pequeño, donde la información sobre movilidad y composición del parque automotor es complicada de obtener.

Fundamentalmente, ambos métodos se diferencian en los datos de entrada y en la presentación de los resultados obtenidos. Independiente de la metodología empleada, la estimación de las emisiones contaminantes debidas al tráfico utiliza expresiones diseñadas, validadas y recomendadas por entidades gubernamentales.

En Europa, las expresiones de estimación de emisiones debidas al tráfico urbano están recogidas en el capítulo 7 de la guía EMEP/CORINAIR<sup>(10)</sup>, donde se provee de un programa informático, COPERT<sup>(16)</sup>, para la automatización del proceso. El modelo matemático recogido en COPERT está basado en la descripción de la flota de vehículos y una serie de parámetros genéricos como son el consumo de combustible, la función de emisión por tipo de contaminante dependiente de la velocidad

media, la distancia media recorrida por vehículo y la tipología de conducción.

En los Estados Unidos, la EPA ("Environmental Protection Agency") propone la metodología MOBILE<sup>(11)</sup>.

Finalmente, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) recomienda la utilización de métodos de inventarios muy similares a los seguidos en Europa y EEUU pero con menor grado de detalle<sup>(13)</sup>.

En la literatura, el análisis de resultados es realizado en tres niveles de agregación

(espacial, temporal o por categoría de vehículo). El nivel de detalle depende de los objetivos fijados en el estudio (a nivel regional o a nivel local), y de la disponibilidad de información y tiempo necesario para obtener dichos resultados.

La mayoría de los inventarios de emisiones realizados en la literatura se basan en metodologías "Top-Down"<sup>(14,15)</sup> donde el nivel de precisión es bajo o solo analizan un número pequeño de calles. El enfoque seguido en este trabajo está basado en un enfoque "Bottom-Up" donde se estiman las emisiones contaminantes para toda una ciudad en una determinada hora del día (hora punta). La intensidad del tráfico en cada calle de la ciudad, necesaria para el método, se obtiene mediante la resolución óptima de un modelo de asignación cuyos resultados han sido calibrados mediante contadores de vehículos.

### METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES EN ZONAS URBANAS

La metodología empleada está dividida en dos fases (Figura 2). La primera fase está orientada a la estimación de la intensidad de tráfico y la velocidad media en cada calle del viario mediante un modelo de asignación de tráfico. La segunda fase consiste en la estimación de las emisiones contaminantes por tramo o calle y categoría de vehículo mediante un modelo de emisión de contaminantes.

Los datos de entradas del modelo de asignación de tráfico son:

- Descripción detallada del viario (Oferta). Especificación de longitudes, número de carriles y funciones volumen-retraso.
- Demanda de viajes expresada en forma de matriz Origen-Destino. Esta matriz sintetiza la movilidad horaria entre zonas. La matriz de demanda es actualizada a partir de los datos de contadores mediante procesos de calibración y extrapolación.

El modelo de asignación empleado para la estimación del flujo de tráfico es una extensión del modelo propuesto por Beckman<sup>(3)</sup>. El modelo se caracteriza porque contempla las dos condiciones de Wardrop<sup>(19)</sup> y puede ser resuelto de forma óptima mediante la aplicación del algoritmo de Frank-Wolfe<sup>(12)</sup>.

En muchos casos, los municipios disponen de información sobre conteo de vehículos en determinadas vías. El proceso de estimación de intensidad puede ser ajustado y calibrado con los datos de conteo, proporcionando estimaciones más ajustadas a la realidad<sup>(18)</sup>.

La segunda fase estima las emisiones contaminantes en todos los tramos en base a las velocidades medias y las expresiones matemáticas propuestas en COPERT. Las ecuaciones para la estimación de emisiones están clasificadas por categoría de vehículo y tipo de contaminante. Cada categoría está caracterizada por diversos factores como son: la legislación vigente en la matriculación (antigüedad), el tipo de vehículo (cilindrada, combustible) y la clase a la que pertenece (camión, coche, furgoneta).

Finalmente, los resultados obtenidos en la fase 2 pueden ser agregados para describir la contribución de cada tipo de contaminante por tramos o realizar estudios zonales.

## INVENTARIO DE EMISIONES EN LA ZONA METROPOLITANA DE SEVILLA

El proceso descrito en el apartado anterior ha sido empleado para la obtención de un inventario de emisiones contaminantes debidas al tráfico urbano. En concreto se ha utilizado como escenario la zona urbana y metropolitana de Sevilla. La zona presenta una población superior al millón de habitantes donde el vehículo privado es el principal medio de transporte.

La primera fase aplicada a Sevilla ha sido dividida en tres tareas: actualización del viario, obtención de los flujos o intensidad de tráfico y estimación de la velocidad media. Para la obtención de flujos se ha utilizado una herramienta de planificación de transporte<sup>(17)</sup> donde se han

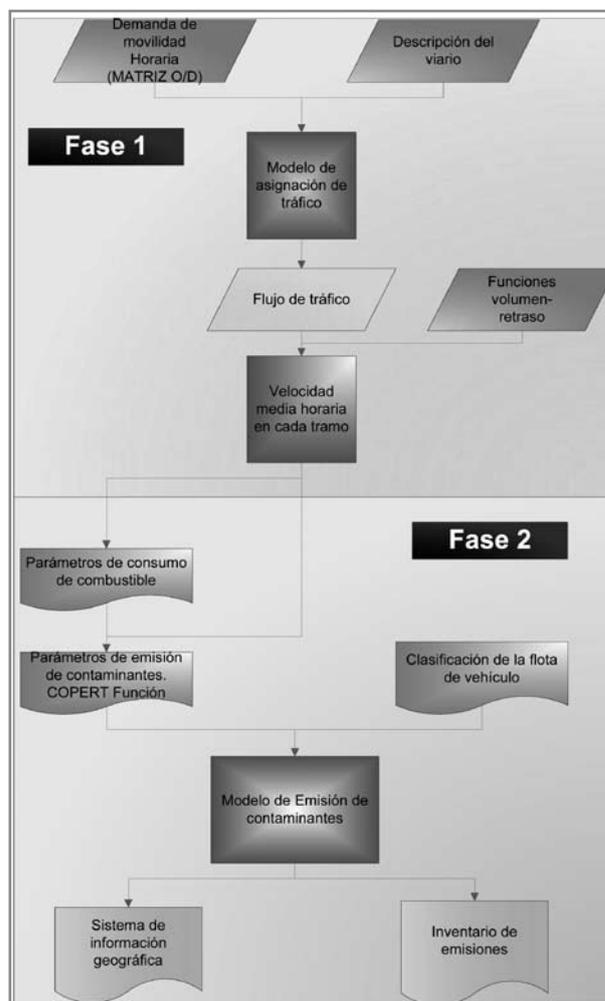


Figura 2. Metodología para el inventario de emisiones.

actualizado los datos del viario (modo de transporte, longitud, números de carriles), se han definido las funciones volumen-retraso por tipología de calles (35 funciones para Sevilla) y se ha utilizado una matriz de demanda (actualizada con datos de contadores) de movilidad de 8h a 9h de la mañana.

Modelado el viario (Oferta) y la demanda de viajes, se procede a la resolución del modelo de asignación que ofrece, por cada tramo, el volumen o intensidad de vehículos. Se ha desarrollado una herramienta que contiene un módulo de resolución del algoritmo de asignación y calibración con datos de conteo que, completamente integrado con el sistema de información geográfica, ofrece resultados gráficos y no gráficos sobre intensidades, tiempos de viaje y velocidades por tramo.

La velocidad media de desplazamiento en cada tramo es obtenida mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$Velocidad(l) = Longitud(l) / F(l,a)$$

	Antes de 1990	1990-1994	1995-1997	1997-2001	2002-2006	TOTAL
Probabilidad	0,10021	0,15905	0,17540	0,20338	0,36196	1,00000

Tabla 1. Porcentajes del Parque de Vehículos agrupado por antigüedad.

Donde, *Velocidad(l)* es la velocidad media en el tramo *l*, *Longitud(l)* es la longitud del tramo *l* y *F(l,a)* es la función volumen-retraso asignada al tramo *l* que tiene los atributos *a* (cada tramo en función de sus atributos se le asigna una de las 35 funciones predefinidas)

La siguiente fase está centrada en la clasificación y categorización del parque automovilístico. La flota de vehículos asociada al área de estudio es obtenida de la información sobre matriculación disponible en la Dirección General de Tráfico<sup>(17)</sup>. Estos datos son procesados para obtener como resultado el porcentaje de vehículos por categoría. Las categorías definidas están estructuradas en función de la cilindrada del motor, el combustible, el tipo de vehículo, el año de matriculación y la legislación existente en el año de matriculación.

El resultado al final de la tarea es un árbol de porcentajes donde las hojas muestran el porcentaje de vehículos asociado a una categoría y los nodos intermedios representan el porcentaje relativo (Tabla 1). En Sevilla se han definido un total de 79 categorías.

La siguiente tarea, en esta fase, consiste en aplicar el modelo de emisión. El modelo de emisión (integrado en la herramienta desarrollada) contiene todas las expresiones/ecuaciones, según categoría de vehículo y contaminante, recomendadas por la guía EMEP/CORINAIR<sup>(8)</sup>. El proceso de estimación obtiene, en base a la longitud del tramo, la velocidad media e intensidad de tráfico, las emisiones de cada contaminante en cada tramo:

$$E_{lp} = \sum_{i=1}^N L_i \times P_i \times \delta_{il} \times T_l \times F_{pi}(V_l) \quad \forall l, p$$

Donde:

$E_{lp}$ : Emisión del contaminante *p* en una hora en el tramo *l* (gramos/hora),

$L_i$ : Longitud del tramo *l* (Kilómetros),

$P_i$ : Porcentaje de vehículos de la categoría *i*,

$N$ : Número de categorías,

$T_l$ : Intensidad de tráfico en el tramo *l* (vehículos/hora),

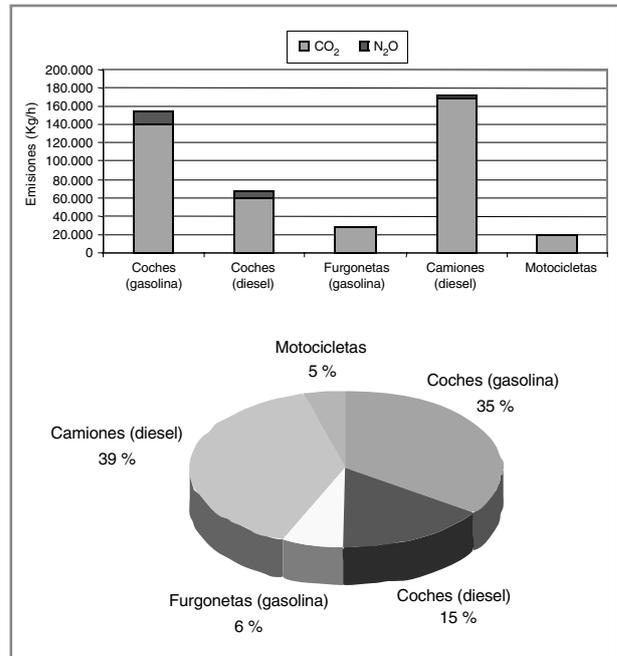


Figura 3. Emisiones totales del GEI (Gases de efecto invernadero) según categoría

$\delta_{il}$ : Parámetro del tramo *l* y categoría *i* (vale 1 si la categoría *i* puede circular por el tramo *l* ó 0 si no),

$V_l$ : Velocidad media en el tramo *l* (kilómetro/hora), y

$F_{pi}$ : Ecuación de emisión del contaminante *p* en la categoría *i* (gramos/kilómetro).

La principal característica del método empleado es la posibilidad de analizar de forma desagregada las emisiones. Por ejemplo, es posible analizar las emisiones de cada contaminante por categorías de vehículos o por tramos de la red viaria (Figura 4). Posteriormente, estos resultados pueden ser agregados para mostrar resultados globales de la zona en estudio.

También es posible realizar análisis según grupo de contaminantes, como por ejemplo mostrar emisiones de gases de efecto invernadero según categorías de vehículos (Figura 3). En resumen, los resultados desagregados pueden ser analizados y tratados con el objetivo de comparar y evaluar estrategias.

Como se ha comentado, los resultados pueden ser agregados para estimar las emisiones totales en una zona (Tabla 2).

# Plantas Asfálticas Modulares SIM-AMMANN

**Todo un éxito**



## SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS

Han pasado ya dos años desde que el fabricante SIM- AMMANN, ante la creciente demanda internacional de los distintos mercados, decidió acometer un proyecto de planta asfáltica móvil/modular.

La idea era construir una planta fácilmente transportable, y que tuviera un periodo de instalación corto. Aparte de esto, no se quiso renunciar a las ventajas de capacidades de una planta fija. Nació el proyecto SPPEYD BATCH.

Con estas premisas a mediados de 2006, se fabricó la primera SB 210. Esta planta estaba preparada para fabricar 210 tn/h con una serie de ventajas que seguirían sus predecesoras.

Sin cimentaciones, con módulos con conexiones rápidas que no exceden de los 3 metros de ancho para facilitar su transporte, tenía todas las ventajas de una planta móvil, pero desaparecían los inconvenientes de los módulos sobre remolque, tales como el paso de sus ITV correspondientes y adecuación a las nuevas reglamentaciones de tráfico, permisos especiales, etc...

Con unas pequeñas modificaciones salió la SB 180 para cubrir esa rango de producción de las 180 Tn/h.

Tras comprobar el buen funcionamiento de este modelo, en la feria de BAUMA de 2007, y a petición principalmente del mercado Español, SIM presenta la SB 280. ¡Todo un reto el alcanzar las 280 Tn/h en una planta móvil!

La primera unidad SB 280 que vendió EMSA, se montó en Zaragoza para la empresa OHL. El resultado obtenido, gracias por supuesto a apoyo del personal de esta gran constructora ha sido muy satisfactorio, y ha tenido como consecuencia la compra de la segunda unidad de este modelo.

Otra de las grandes constructoras, FCC ha adquirido dos unidades SPEEDY BATCH, una para Rumania y otra para España.

La última de la familia ha sido la SB 150 presentada en la feria de SAMOTER, planta necesaria para cubrir las necesidades de mercados emergentes.

La buena aceptación de esta nueva gama se traduce en más de 45 unidades vendidas, de las cuales un 20 % han sido vendidas a empresas Españolas. Cifra muy considerable si contamos que, de estas ventas la mayoría ha sido del modelo SB 280, planta que solamente lleva un año en el mercado.

## PLANTAS FIJAS

A pesar de la buena aceptación de las plantas modulares, la planta fija SIM-AMMANN, esta teniendo una buena aceptación entre nuestros clientes.

Grandes Empresas así lo han demostrado, como TECNOFIRMES que ha elegido una instalación muy completa CB 280 (280 Tn/h al 3 % de humedad), EIFFAGE Valencia con otra planta CB 280. Ambas plantas se han instalado con depósitos verticales y sistemas de reciclado.

DOPEMA empresa constructora ubicada en CASTALLA (ALICANTE), ha decidido instalar una CB 130 con silo de producto terminado para abastecer la demanda local de zona.

## PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE SALAMANCA ¿UNA 350 SUPERQUICK? MEJOR TRES.

Para completar esta gama de producto móvil, SIM AMMANN diseñó la 350 SUPERQUICK, planta que sin ser modular en todos sus componentes, si tiene bastantes elementos similares a la gama SPEEDY BATCH, como por ejemplo los tanques premontados.

Con estas premisas, el primer cliente en España en comprar este modelo fue la empresa PAS, que aún teniendo dos plantas fijas SIM CB 250 montadas juntas, demandó

SPEEDY BATCH 210 de la empresa ARIAS HERMANOS en Galicia.



CB 280 de Tecnofirmes en Tarragona.



SUPER QUICK 350 de PAS trabajando en Ávila.



SB 280 de la empresa OHL en Zaragoza.



SB280 de la empresa ARNÓ en Lérida.



SB 210 de FCC en Filiasi (Rumanía).



una planta de mayor producción pero rápidamente montable y sin cimentaciones.

PAS adquirió la primera unidad en 2006, y dado el buen funcionamiento de la misma, planteo cambiar las dos unidades fijas y sustituirlas por otras dos SQ 350.

Debido a la buena imagen que tienen estas plantas a nivel mundial, no se tardó demasiado tiempo en llegar a un acuerdo con dos empresas extranjeras, montándose la primera de las dos plantas fijas, en Dubai y la segunda en Noruega.

Actualmente con tres SUPER QUICK 350 rápidamente montables, Pavimentos Asfálticos de Salamanca se coloca como una de las primeras empresas con capacidad de acometer obras de gran envergadura en un plazo de tiempo muy breve.

## SITUACIÓN ACTUAL

Durante los últimos años, la demanda a nivel mundial de plantas asfálticas, y la incorporación de esta nueva línea de producto ha situado al grupo AMMANN en el primer fabricante a nivel mundial muy por delante del resto de fabricantes, con mas de 180 plantas construidas en 2007.

El aumento de obras en los últimos países incorporados a la CEE, Oriente medio, Sudamerica, etc..., ha provocado que empresas Españolas acometan obras en

ellos. La ventaja del fabricante que representamos, al estar presente en más de 77 países en el mundo, hace que muchas compañías del sector se decidan por la adquisición de una SIM AMMANN debido a la facilidad de servicio en todos estos países.

Un claro ejemplo es el de FCC que ha adquirido una SB 210 para Rumanía y una AMMANN JUST BLACK 240 para COSTA RICA.

## TENDENCIAS

Las exigencias medioambientales, los altos costos de los ligantes, combustibles, etc... están marcando las pautas de los fabricantes que investigan para dar una solución adecuada a estas demandas del mercado.

La mayoría de los clientes, demandan por este motivo, quemadores mixtos que permiten elegir el tipo de combustible más económico dependiendo de la ubicación de la planta. Las instalaciones con quemadores de gas están cada vez más en aumento, por la cantidad de ventajas que tiene en cuanto a medioambiente, mantenimiento, y limpieza de las instalaciones.

Hoy en día no se entiende una planta sin sistema de aportación de material reciclado, siendo el sistema de aportación al mezclador la solución más rentable. Los sistemas de reciclado en caliente siguen con sus

procesos de perfeccionamiento, pero su elevado costo de inversión y mantenimiento, limitan mucho su adquisición.

En cuanto a las producciones y tipos de plantas SIM exigidas en nuestro mercado, un 70% han sido plantas móviles modulares, frente a un 30% de instalaciones fijas. Con un 70% de plantas de producciones de más de 280 Tn/h.

El planteamiento grandes plantas con producciones de 400 tn/h con un gran número de selecciones, grandes silos de áridos en caliente, y con varios silos de producto terminado, equipadas con sistemas de aportación de reciclado, fibras, betunes modificados con polímeros o polvo de caucho, etc... capaces de abastecer a varias empresas en una misma zona, parece que pueda ser una buena solución viable a la reducción de costos de producción, y homogenización de precios en una región.

Como conclusión EMSA de la mano de SIM AMMANN ha alcanzado unos buenos resultados y está preparada para afrontar los retos futuros que nos demanden nuestros clientes.

Rafael Cegarra Beltri  
Departamento de Plantas Asfálticas

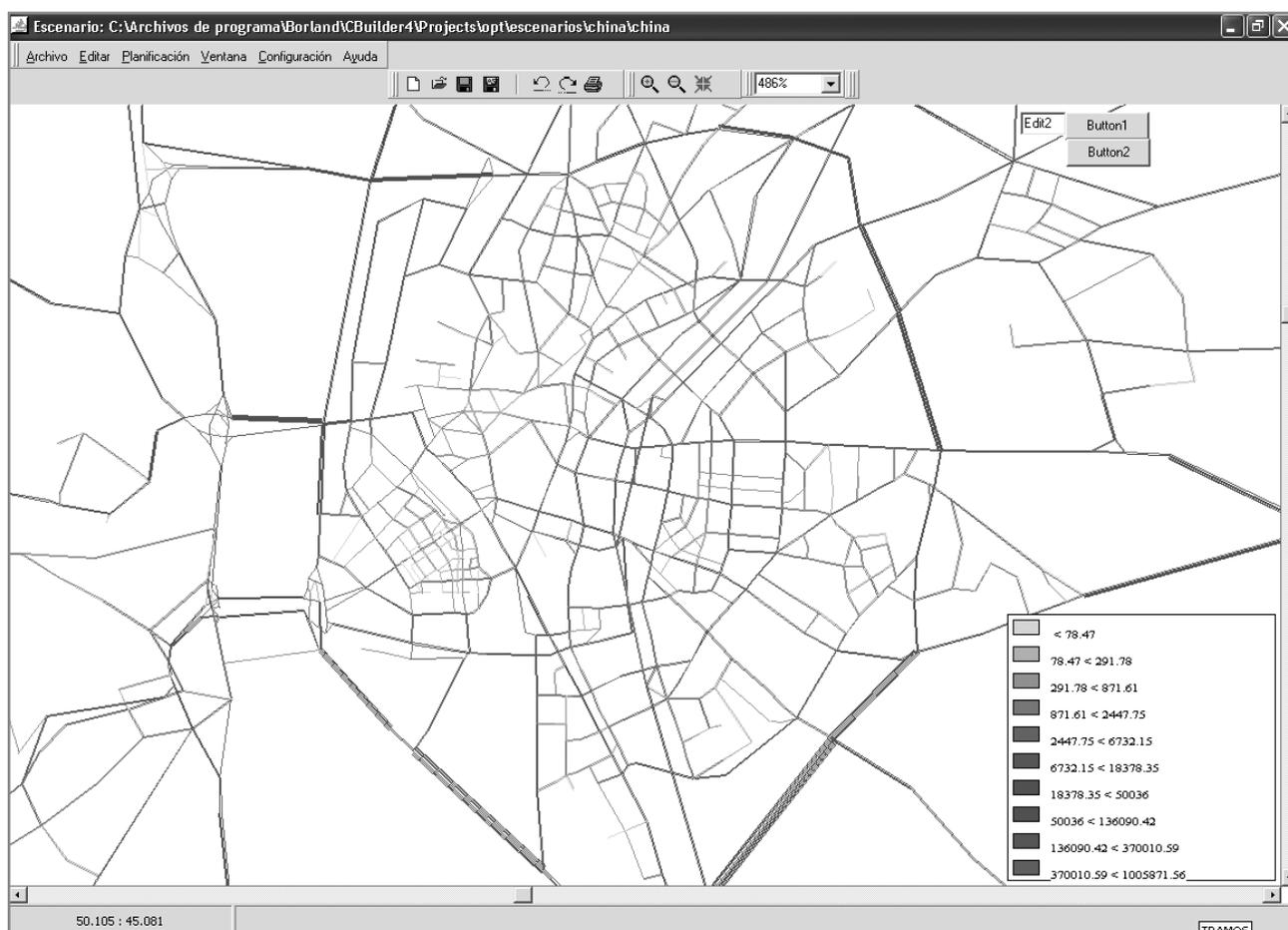


Figura 4. Emisiones de CO para la zona central del viario (en g·h<sup>-1</sup>).

## COMPARACIÓN CON MÉTODO “TOP-DOWN” COPERT

La imposibilidad de calibración de la estimación de emisiones con medidas de campo por la existencia de otros emisores, obliga a tomar dos medidas alternativas de calibración y validación. La primera es calibrar y validar los resultados del modelo de asignación (intensidad de tráfico) con los datos recopilados por los contadores de tráfico. La segunda, consiste en comparar los resultados de emisiones obtenidos para la zona metropolitana de Sevilla con los proporcionados con la última versión del programa informático COPERT. La relación entre ambos es analizada para determinar que las diferencias son mínimas (Tabla 3).

En COPERT IV<sup>(16)</sup>, la clasificación de vehículos empleada coincide con la utilizada en el estudio y las velocidades utilizadas son en base a medias obtenidas en un periodo de tiempo. La comparación muestra cómo las emisiones contaminantes obtenidas por ambas metodologías son muy similares.

NO <sub>x</sub> [t NO <sub>2</sub> /h]	CO [t/h]	COV [t Ch1.85/h]	SO <sub>2</sub> [t/h]	CO <sub>2</sub> [t/h]	N <sub>2</sub> O [t/h]
4,103	10,325	2,479	0,068	416,367	24,367

Tabla 2. Emisiones totales para Sevilla entre 8h-9h.

## ANÁLISIS DE ACTUACIONES PARA UNA MOVILIDAD SOSTENIBLE

### 1. Peatonalización

En los últimos años, las peatonalizaciones de centros histórico-comerciales se han convertido en una de las principales actuaciones en el ámbito de la movilidad sostenible con el objetivo de reducir la presión ambiental en determinadas zonas. A continuación se presenta una aplicación de la metodología para el análisis de una futura peatonalización y de las implicaciones energéticas y medioambientales en la zona y en el conjunto del municipio.

El estudio se centra en el análisis de la peatonalización de dos vías, la Avenida de la Constitución (actualmente



**Construcción-Conservación de carreteras**  
**Producción industrial de materiales para carreteras**  
**Obras medioambientales**  
**Servicios**


**Probisa**



  
**Una sociedad de EUROVIA**



ya peatonalizada) y la calle O'Donnell (Figura 5).

La peatonalización se efectúa modificando las propiedades de los tramos sobre los que se quiere actuar. En concreto se modifica la modalidad de transporte, prohibiendo la circulación de vehículos privados en dichos tramos (Foto 1). Aplicando nuevamente la metodología (únicamente el proceso de asignación y calibración de intensidades de vehículos), los resultados obtenidos sirven para ver cómo la circulación por la red se reordena. Esto implica distintos flujos circulando por la red, distintas velocidades medias en los tramos y por consiguiente distintos consumos y emisiones.

Analizando la variación de los consumos energéticos, que es fiel reflejo de las emisiones de gases, se obtiene una reducción de más de mil litros de combustible, y una reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> aproximada de 200 toneladas en la hora punta (Tabla 4).

También se ha analizado la peatonalización de las dos vías de forma conjunta y los resultados obtenidos reflejan un ahorro de aproximadamente 1250 litros de combustible en hora punta (Tabla 5).

Los resultados obtenidos en el estudio de peatonalización de ambas vías de forma individual y conjunta indican un ahorro energético de: un 1,4% solo la calle O'Donnell, 0'6% solo la Avda. de la Constitución y un 1,3% con ambas. Aunque pueda sorprender que una actuación conjunta no ofrezca mejores resultados que una actuación individual, en este caso la peatonalización conjunta provoca un mayor aumento de las distancias recorridas en los desplazamientos y por tanto menor eficiencia energética (Foto 2).

	NOx (t NO <sub>2</sub> ·h <sup>-1</sup> )	CO (t·h <sup>-1</sup> )	COV (t Ch <sub>1,85</sub> ·h <sup>-1</sup> )	SO <sub>2</sub> (t·h <sup>-1</sup> )	CO <sub>2</sub> (t·h <sup>-1</sup> )
(A) COPERT	3,95	15,025	2,65	0,075	503.775
(B) Aprox.	4,103	10,325	2,479	0,068	416,367
Relación (A/B)	0,96	1,45	1,06	1,102	1,20

Tabla 3. Comparativa entre COPERT (A) y la metodología desagregada en Sevilla (B).

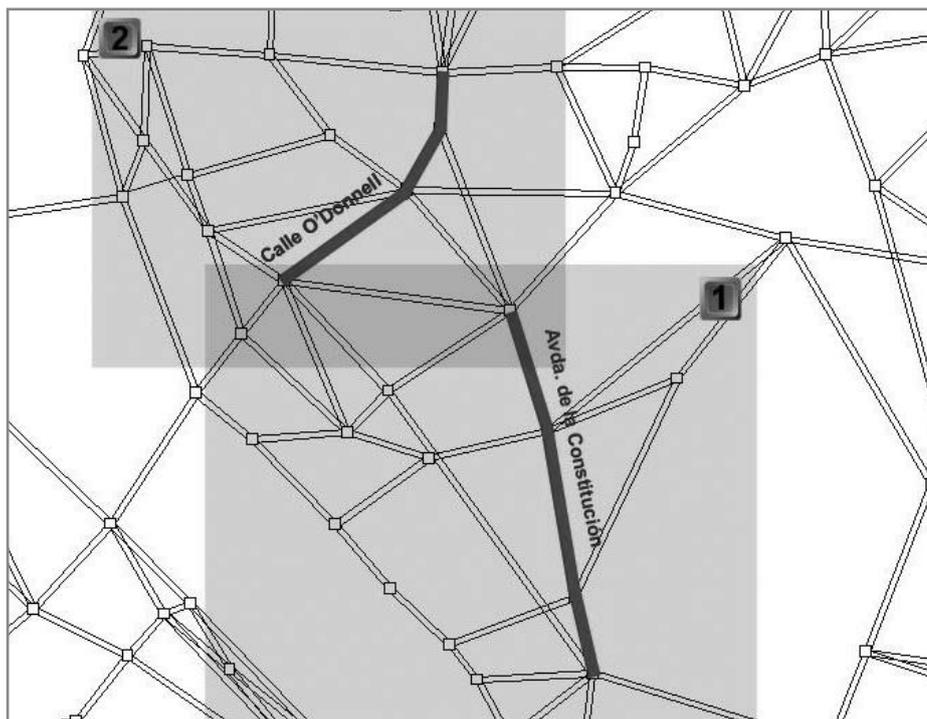


Figura 5. Representación del área a peatonalizar.



Foto 1. Avenida de la Constitución antes (izquierda) y después (derecha) de la peatonalización (Fuente: Agenda local 21 de Sevilla)

La principal conclusión del estudio de peatonalización indica que mediante medidas individuales es posible reducir el consumo energético y por tanto las emisiones contaminantes en centros urbanos. Pero estas medidas implican una reducción del número total de vehículos en circulación, por ello es necesario complementar las actuaciones con la potenciación de otros medios de transporte alternativos.



Foto 2. Calle O'Donnell. Características físicas de la calle céntrica (izquierda) y problemas de circulación y gestión de mercancías en la zona (derecha). (Fuente google MAPS).

Tipo de vehículo	Consumo situación inicial (litros)	Consumo tras la peatonalización (litros)
Autobuses	1.720	1.720
Camiones y Furgonetas	33.262	33.910
Turismos	54.750	53.572
Motocicletas	2.112	2.092
Otros vehículos	1.219	1.219
Total	93.064	92.514

Tabla 4. Comparativa del consumo de combustible en Sevilla antes y después de peatonalizar la Avda. de la Constitución

Tipo de vehículo	Consumo situación inicial (litros)	Consumo tras la peatonalización (litros)
Autobuses	1.720	1.720
Camiones y Furgonetas	33.262	33.596
Turismos	54.750	53.209
Motocicletas	2.112	2.077
Otros vehículos	1.219	1.210
Total	93.064	91.812

Tabla 5. Comparativa del consumo de combustible en Sevilla antes y después de peatonalizar la Av. de la Constitución y la calle O'Donnell conjuntamente.

## 2. Limitación de la velocidad máxima

Una de las actuaciones que está cobrando fuerza es el control y reducción de la velocidad máxima de circulación en avenidas y calles. Aunque la velocidad de circulación en ciudad no puede superar los 50 km/h existen avenidas donde esa velocidad es superada. El objetivo de la siguiente actuación es analizar cómo influye un aumento del control de la velocidad en una avenida cuyas caracte-

rísticas incentivan a los conductores a superar el umbral de velocidad máxima.

La actuación realizada sobre la Avda. Torneo (Figura 6) consiste en modificar las funciones volumen-retraso de los tramos que componen la vía en estudio. La modificación de estas funciones se hará de forma que la velocidad máxima en los tramos sea de 50 km/h. Para ello en cada uno de los tramos se obtendrá la velocidad en flujo libre y en función de ella, se ajusta las funciones de coste de forma que la velocidad en flujo libre de los tramos afectados por la actuación sea de 50 km/h.

El análisis comparativo con respecto a esta nueva situación refleja una reducción de la intensidad en ambos sentidos de circulación de la vía. La limitación de la velocidad a 50 km/h en Torneo implica que se produzca un aumento de los tiempos de viaje, lo que hará que en la redistribución de los vehículos en la zona, haya menos conductores que opten por circular por ella. La velocidad media de recorrido de los tramos disminuye aproximadamente en un 15% respecto a la que tenía inicialmente (Foto 3).

Analizando de forma local los resultados, es importante destacar que el consumo aumenta en cada uno de los tramos, pese a que disminuya la intensidad que circula por ellos. Según el modelo empleado para estimar el consumo energético, éste aumenta cuando decrece la velocidad media en el tramo, por lo que en este caso es un factor más importante que la intensidad.

Sin embargo no sucede igual con los consumos globales que decrecen tras la actuación. La Tabla 6 compara los resultados de consumo de la situación inicial y la actual y hace referencia al intervalo de tiempo de 8 a 9 de la mañana en Sevilla en su conjunto.

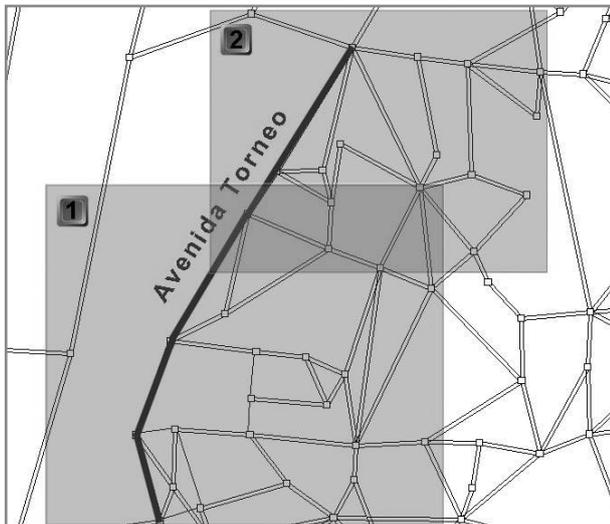


Figura 6. Zonas de estudio de la Avda. Torneo.



Foto 3. Calle Torneo. Circulación intensa de vehículos.

El ahorro de combustible es de 1.337 litros en el intervalo de 8 a 9 horas de un día laborable, lo que supone a lo largo del día 19.096 litros (la hora punta supone un 7% del consumo diario).

### 3. Análisis y mejora de la movilidad a zonas

Un proyecto de movilidad sostenible busca actuaciones que mejoren la movilidad sin que ello repercuta en la calidad de vida ni afecte el crecimiento socio-económico de la zona. El siguiente conjunto de actuaciones están orientadas al análisis de la influencia sobre el consumo, el cambio en el modo de transporte de los usuarios que se desplazan hacia una zona con gran afluencia de viajeros (Isla de la Cartuja, aproximadamente 14.000 trabajadores y un centro educativo con 5.000 estudiantes). Se han valorado dos posibles actuaciones:

- El cambio a modo de transporte colectivo para desplazarse a Cartuja de un porcentaje de usuarios del vehículo privado.
- El aumento de la tasa de ocupación en vehículo privado de un porcentaje de usuarios que se desplazan diariamente a la Cartuja.

Tipo de vehículo	Consumo situación inicial (litros)	Consumo tras la actuación (litros)
Autobuses	1.720	1.720
Camiones y Furgonetas	33.262	33.565
Turismos	54.750	53.156
Motocicletas	2.112	2.077
Otros vehículos	1.219	1.209
<b>Total</b>	<b>93.064</b>	<b>91.727</b>

Tabla 6. Comparación de consumo de la situación inicial con la actuación en Avda. Torneo.

Tipo de vehículo	Consumo situación inicial (litros)	Consumo tras la actuación (litros)
Autobuses	24.575	24.575
Camiones y Furgonetas	475.166	464.031
Turismos	782.148	733.819
Motocicletas	30.171	28.708
Otros vehículos	17.420	16.680
<b>Total</b>	<b>1.329.479</b>	<b>1.267.813</b>

Tabla 7. Comparativa del consumo de combustible antes y después de cambiar a modo de transporte colectivo.

Las encuestas de movilidad realizadas a 543 usuarios del vehículo privado, indican que 377 conductores manifiestan su disponibilidad a cambiar a modo de transporte colectivo (tipo autobús), si éste prestara servicio. Esto supone que el 69% de los encuestados manifiestan buena disposición para cambiar de modo de transporte.

Para estimar el consumo ahorrado al cambiar a un modo de transporte colectivo, se ha modificado la matriz O-D, alterando de esa forma la demanda de viajes que se traslada a Cartuja. Al no disponer del número de encuestados según el lugar de procedencia, se ha aplicado un reparto proporcional de los usuarios de vehículo privado que tengan como lugar de origen o destino la Isla de la Cartuja.

Modificada la matriz O - D, el número de usuarios del vehículo privado que se desplazan a Cartuja disminuye. Se realiza una asignación de tráfico con la matriz obtenida y se calcula el consumo energético. A partir de los datos de consumo derivados de la asignación efectuada, obtenemos el ahorro energético.

En la Tabla 7 se muestran los consumos diarios en Sevilla en su conjunto antes y después de que el 69% de los usuarios del vehículo privado cambien a modo de transporte colectivo.

Comprometidos con  
**La sostenibilidad**



**Construcciones y Obras L.Lorente, S.A.**



C/ Aluminio, nº 17 - 47012 Valladolid - Tel. 983 218 191 - Fax: 983 218 192  
Paseo de la Castellana, nº 163 - 28046 Madrid - Tel. 915 672 548 - Fax: 915 672 528

Tipo de vehículo	Consumo situación inicial (litros)	Consumo tras la actuación (litros)
Autobuses	24.575	24.575
Camiones y Furgonetas	475.166	466.086
Turismos	782.148	737.363
Motocicletas	30.171	28.827
Otros vehículos	17.420	16.761
<b>Total</b>	<b>1.329.479</b>	<b>1.273.612</b>

**Tabla 8.** Comparativa del consumo de combustible antes y después de aumentar la tasa de ocupación.

El cambio de modo de transporte colectivo supone un ahorro de 61.667 litros al día, por parte de los usuarios que dejan de utilizar su vehículo privado.

Por otra parte, mediante el análisis de la matriz O – D, obtenemos cómo varía la demanda de viajes y por tanto, el número de viajeros que utilizarían el modo de transporte colectivo. Según esto, diariamente 5.546 usuarios del vehículo privado que se desplazan a la Cartuja, emplearían el transporte colectivo. La distancia diaria que dejan de recorrer estos usuarios es de 275.829 km y en función del número de autobuses, se tendrá un coste asociado al consumo de las nuevas líneas de transporte. En concreto si se contrataran minibuses de 12 plazas, el coste en consumo asociado a esta medida sería de 4.996 litros al día. El consumo unitario de estos autobuses se ha estimado en 22,06 l/100 km.

Por lo tanto, teniendo en cuenta lo que se deja de consumir por aquellos usuarios de vehículo privado que cambian al modo de transporte colectivo, y el coste en consumo de establecer líneas de transporte colectivo con minibuses de 12 plazas, obtenemos un ahorro neto de 56.671 litros de combustible al día.

Es importante tener en cuenta que este resultado considera a todos los viajeros que se desplazan diariamente a la Cartuja, desde todos los puntos del área metropolitana que oferten o demanden viajes a esa zona, ya que el objetivo es probar la admisibilidad de la metodología para hacer este tipo de estudios.

El aumento del nivel de ocupación del vehículo privado es una de las actuaciones que se están priorizando en muchas ciudades. La siguiente aplicación fue complementaria a la actuación descrita anteriormente y nuevamente aplicada a la zona de la isla de la Cartuja.

Una encuesta realizada a 329 usuarios del vehículo privado, que se desplazan diariamente a la Cartuja, muestra que 229 de ellos (un 70%) estarían dispuestos a com-

partir vehículo para efectuar sus desplazamientos. La actuación analiza un aumento de la tasa de ocupación de los vehículos, de forma que el 75% de los que están dispuestos a compartir el vehículo aumentan su tasa de ocupación a 2 personas y el resto a 3.

El primer paso sería actualizar la matriz O – D, modificando las filas y columnas asociadas a los centros de viajes que se encuentren en la Cartuja. Al aumentar la tasa de ocupación, tendrá que disminuir el número de viajes totales en la matriz. Según las encuestas, el 70% de los encuestados estaría dispuesto a compartir vehículo para sus desplazamientos. Al no disponer de la procedencia de los encuestados, se procede a la aplicación de este porcentaje a todos los usuarios de vehículo privado que se desplazan a la Cartuja, reduciendo de forma proporcional el número de viajes al introducir las tasas de ocupación comentadas con anterioridad.

Una vez se ha modificado la matriz O – D, se realiza una asignación y a partir de ella, se calcula el consumo energético, obteniendo en cada tramo información sobre intensidad de vehículos, tiempos de viaje, velocidad media y consumo energético.

En la Tabla 8 se muestra una comparación de los resultados de consumo diario, obtenidos tras aumentar el nivel de ocupación frente a la situación inicial.

Al contrario que en el caso anterior de cambio de modo de transporte, donde se cubría la demanda originada por aquellos usuarios que abandonaban el uso de su vehículo particular, mediante la creación de nuevas líneas de transporte, en esta situación no se incurre en ningún coste desde el punto de vista de consumo.

## CONCLUSIONES

Los nuevos compromisos y futuras leyes ambientales, tanto en España como en Europa, obligarán a las autoridades locales al establecimiento de estrategias para la reducción de emisiones. La necesidad de herramientas de análisis y evaluación de inventarios se hace indispensable tanto como punto de partida previo a la implantación de estrategias, como para evaluar los resultados.

La principal contribución del trabajo reside en la descripción de una metodología a seguir en la realización de inventarios de emisiones en grandes áreas. Esta metodología se ha desarrollado a través de una herramienta integrada que puede ser empleada por las autoridades locales como soporte y ayuda a la evaluación de alternativas y medidas correctoras.

Por último, destacar que el método presentado es muy útil tanto en el contexto de planificación de transporte como en gestión de la calidad ambiental de zonas metropolitanas. Además, puede ser empleado como una herramienta de ayuda a la toma de decisiones, en el ámbito del tráfico urbano, para la evaluación de las implicaciones de las políticas de gestión del tráfico y para la reducción de emisiones contaminantes.

## AGRADECIMIENTOS

El siguiente trabajo ha sido desarrollado dentro del proyecto *Diseño y desarrollo de métodos de estimación y mejora de la eficiencia energética y calidad medioambiental en entornos ATMS-ATIS* financiado por el Ministerio de Fomento.

La aplicación de las actuaciones asociadas a planes de movilidad sostenible ha sido posible gracias a la información proporcionada por la Agencia Andaluza de la Energía.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bailey, B. "Atmospheric process evaluation of mobile source emissions", College of Engineering, Centre for Environmental Research and Technology (CE-CERT), University of California, Riverside, CA, 1995.
- Baldasano, J. "Guidelines and Formulation of an Upgrade Source Emission Model for Atmospheric Pollutants", Air Pollution Emissions Inventory, CMP, 1998
- Beckman, M.J., McGuire, C.B., Wisten C.B. "Studies in the Economics of Transportation". New Haven: Yale University Press, 1956.
- Cardelino, C. "Daily variability of motor vehicle emissions derived from traffic counter data", J Air Waste Manage Assoc 48, pp. 637-645, 1998.
- COST 319, "Estimation of pollutant emissions from transport", 1993.
- Covile, R.N., Hutchinson, E.J. Warren, R.F. "The transport sector as a source of air pollution". Atmospheric Environment, 35, 1537-1565, 2001
- DGT. Dirección General de Tráfico. "Estadísticas de matriculación". 2006
- Eggleston, H.S., Gaudioso, D., Gorissen, N., Jourmard, R., Rijkeboer, R.C., Samaras, Z., Zierock K.H. "CORINAIR Working Group on Emission Factors for Calculating 1990 Emissions from Road Traffic". Volume 1: Methodology and Emission Factors. Contract no. B4-3045(91)10 PH, Bruselas, 1992.
- EEA. "Environmental signals 2000". European Environment Agency. Copenhagen, 2000.
- EMEP/CORINAIR. "Atmospheric Emission Inventory GuideBook", 1999.
- EPA. "User's Guide to MOBILE6.0. Mobile Source Emission Factor Model". EPA420-R-02-001. United States Environmental Protection Agency, 2002.
- Frank, M., Wolfe, P. "An algorithm for quadratic programming". Naval research logistics quarterly 3 (1-2), 95-110, 1956.
- IPCC/OECD/IEA: "Revised guidelines for national greenhouse gas inventories". Intergovernmental Panel on Climate Change working group 1, Technical Support Unit, Hadley Centre, Bracknell, U.K. 1997.
- Jourmard, R. "Methods of estimation of atmospheric emissions from transport". European scientist network /and scientific state-of-the-art action COST 319, INRETS, 1998.
- Negrenti, E., "Bottom-up traffic Emission models", COST 319 - Estimation of pollutant emissions from transport, Pre-proceedings of the workshop on 27-28 1995 at ULB - Brussels, 1995.
- Ntziachristos, L. Samaras, Z. "COPERT III Version 2.1: Methodology and emission factors". European Topic Centre on Air Emissions, European Environmental Agency, 2000.
- Racero, J. "Planificación del transporte y técnicas de simulación para el análisis de problemas de tráfico en entornos urbanos". Tesis doctoral. Universidad de Sevilla, 2003.
- Spiess, H. "A gradient approach for the O-D matrix Adjustment problem". Heinz Spiess. Emme/2 Support Center. 1990.
- Wardrop, J. G. "Some theoretical aspects of road traffic research". Proceedings of the Institution of Civil Engineers, Part II, Vol. 1, 325-378, 1952.
- Zachariadis, T., Samaras, Z. "Comparison of microscale and macroscale traffic emission estimation tools" : DGV, COPERT and KEMIS, 1995. 

# Concentración urbana: hacia una nueva cultura de la movilidad



Urban concentration: towards a new mobility culture

Luis Ángel GUZMÁN GARCÍA

Estudiante Doctorado Universidad Politécnica de Madrid  
Centro de Investigación del Transporte – TRANSyT-UPM

Daniel DE LA HOZ SÁNCHEZ

Profesor Investigador Universidad Politécnica de Madrid  
Centro de Investigación del Transporte – TRANSyT-UPM

## RESUMEN

*Las morfologías urbanas están sufriendo en las últimas décadas cambios significativos. Estructuras básicamente monocéntricas están siendo sustituidas por formas policéntricas bajo un proceso de suburbanización extensiva. Estas estructuras policéntricas explican en mejor medida las nuevas pautas de movilidad que existen en las ciudades. En general, este proceso de dispersión creciente ha conducido en gran número de ciudades a un aumento de la movilidad en cuanto a las distancias medias recorridas.*

*El objetivo de este documento es analizar la evolución que la región de Madrid ha experimentado en los últimos años, focalizando la atención en los cambios espaciales de sus flujos de movilidad asociados al fenómeno de la dispersión urbana para visualizar la dirección que está tomando la región en cuanto a su estructura transporte-territorio. El análisis se ha realizado tanto desde el punto de vista global, como desde un punto de vista segregado por corredores, para visualizar las potenciales diferencias evolutivas de las diferentes sub-regiones territoriales.*

*Palabras clave: Movilidad, Ciudad, Madrid, Territorio, Movilidad sostenible, Estructura urbana, Equilibrio territorial, Policentrismo, Dispersión urbana.*

## ABSTRACT

*Urban morphologies have undergone significant changes in recent decades. Basically monocentric structures are being replaced by polycentric ones in a process of extensive suburbanization. These polycentric structures better explain the new mobility patterns in cities. The growing process of dispersal has generally led to an increase in mobility as to average distances travelled.*

*This document aims to analyze the trends experienced in the Madrid region in recent years, focussing attention on spatial changes in its mobility flows associated with the phenomenon of urban dispersal as regards its territory/transport structure. Our analysis is made both overall and from a perspective segregated by corridors so as to highlight potential trend differences between the various territorial subregions.*

*Key words: Mobility, City, Madrid, Territory, Sustainable mobility, Urban structure, Territorial balance, Polycentrism, Urban dispersal.*

Las morfologías urbanas están sufriendo en las últimas décadas cambios significativos. Estructuras básicamente monocéntricas están siendo sustituidas por formas policéntricas bajo un proceso de suburbanización extensiva. Estas estructuras policéntricas explican en mejor medida las nuevas pautas de movilidad que existen en las ciudades.

En general, este proceso de dispersión creciente ha conducido en gran número de ciudades a un aumento de la movilidad en cuanto a las distancias medias recorridas<sup>(12)</sup>. La localización o relocalización de actividades residenciales y productivas en las áreas periféricas de las ciudades, es un hecho creciente y expansivo, que genera relaciones mucho más dispersas, fragmentadas y descentralizadas. En gran medida este cambio asociado a una dispersión de actividades, muchas veces asociadas a los desplazamientos al trabajo o de "commuting", viene acompañado de un mayor uso del automóvil, creando en cierto modo, una dependencia sobre ese medio de transporte. Estos hechos hacen que exista un interés creciente en las relaciones existentes entre las estructuras urbanas y las pautas de movilidad<sup>(6)</sup> (Foto 1).

Una primera reflexión sobre este aspecto conduce a preguntarse si las estructuras policéntricas a las que van confluendo las ciudades, dando como resultado nuevas distribuciones de población y empleo, reorganizan la movilidad hacia contextos más sostenibles. De hecho, el policentrismo es claramente asociado con pautas específicas de movilidad en las que los entornos monocéntricos, las pautas de movilidad están asociadas a la movilidad con el centro urbano, mientras que las ciudades policéntricas, la movilidad es mucho más difusa.

El grado de policentrismo y las pautas de movilidad que se generan han sido analizadas por diferentes autores. Van der Laan categoriza en tres tipos de policentrismo: el primero en el que las áreas suburbanas atraen mucha más movilidad incluidos viajes desde el distrito central o centro urbano. En el segundo, se genera una movilidad segregada en la que los mercados de actividad del centro y la periferia están claramente separados, generando una movilidad mayoritariamente en el área central para aquellas personas que residen en

el centro y periurbana para aquellas que residen en la periferia. Finalmente, en tercer lugar una movilidad interconectada entre el centro y la periferia. El hecho es que el incremento de la dispersión urbana genera cambios en la posibilidad de movilidad existentes dentro del sistema transporte-territorio de la región. Este aumento de las posibilidades de interacción, y por tanto, de las distancias resultantes de movilidad en cada región, puede representarse por la Figura 1.

En el eje vertical está representada la distancia de los desplazamientos y en el horizontal se encuentra el grado de dispersión existente en la región, el cual varía desde 0 para la concentración de actividades en una estructura monocéntrica, hasta 1 en el caso de una distribución uniforme de población y empleo. El equilibrio existente en la ciudad entre población, actividades y accesibilidad dará como resultado la ubicación de ésta en el cuadro en contextos de mayor o menor demanda de transporte. En todo caso, dada una determinada distribución de actividades (residenciales y productivas) parece claro que existe un rango de posibilidades sobre la que ciudad puede estar y que vendrán derivadas de las decisiones de diferentes actores: hogares, empresas y como no, autoridades públicas que regulan el sistema en el que el resto de agentes toman sus decisiones.

La movilidad, vista como un hecho físico de desplazamiento, es una actividad, como bien se sabe, derivada y por tanto depende de la localización de las actividades, pero al mismo tiempo es una decisión personal, una elección de los individuos que deciden cómo, cuándo y en qué modo desplazarse, en relación a sus propios intereses y dentro de las posibilidades que el sistema

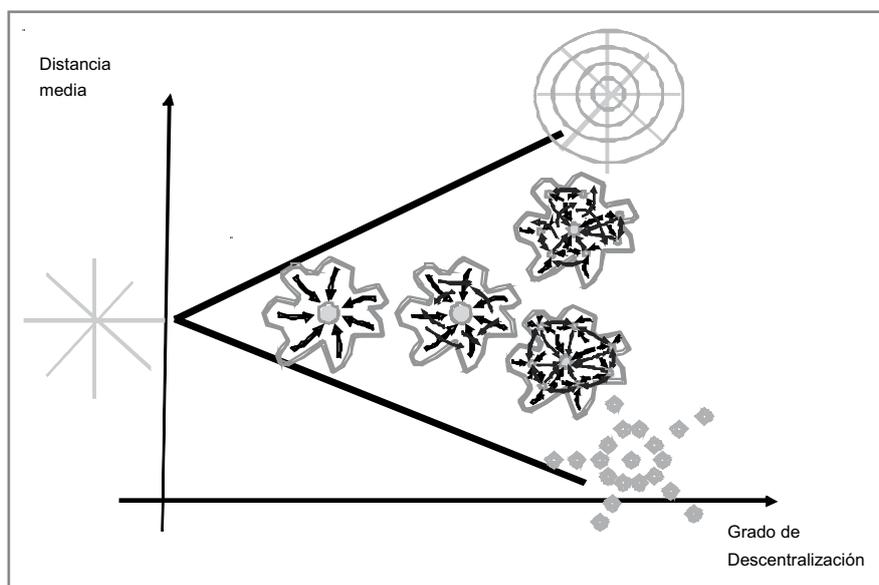


Figura 1. De estructuras monocéntricas a policéntricas.



Foto 1. *Dispersión urbana de baja densidad asociada a vías de alta capacidad.*

les ofrece y/o condiciona. Es por ello que las pautas de movilidad derivadas de una determinada situación territorial dependen del marco político, económico, geográfico y socio-demográfico de la ciudad. De ahí la complejidad de asociar fácilmente relaciones entre estructuras urbanas y pautas de movilidad.

En todo caso, lo que parece claro es que la dispersión urbana de población y empleo puede conducir a escenarios de menores distancias recorridas pero al mismo tiempo, esta transformación aumenta el potencial de incremento de esta distancia a cotas mucho más altas. De hecho, entre algunos investigadores se ha acuñado el término de *"Excess Commuting"* (exceso de desplazamientos al trabajo) como aquella diferencia entre el mínimo tiempo o distancia total que se podría dar en un área urbana según una determinada distribución de empleos y población (trabajadores) y el que realmente existe<sup>(10, 6, 7, 13)</sup>. El resultado es que las ciudades presentan en general un exceso de desplazamiento que podría ser reducido con una relocalización de actividades ya sean residenciales como laborales (cálculos basados en problemas de optimización del transporte).

Sin embargo, el crecimiento de los espacios residenciales bajo estándares de baja densidad que hacen necesarios los complejos tipo campus para alojar el resto de funciones urbanas (*parques* comerciales, empresariales, industriales, residenciales, etc.), así como la estructuras fragmentadas de espacios diferenciados (*"zoning"* o zonificación), que separa los usos, el trabajo, el estudio y la residencia, no sólo induce a un alargamiento de las distancias empleadas, sino que éstas irremediablemente han de ser realizadas en vehículo privado. Una de las claves para que el transporte público sea eficiente y tenga costes razonables es que la ciudad tenga una razonablemente alta densidad demográfica. En las ciudades den-



Foto 2. *Retenciones en la entrada a la ciudad (Cuesta de San Vicente).*

sas, las distancias son menores y, consecuentemente, los viajes a pie y en bicicleta resultan una opción válida.

El objetivo de este documento es analizar la evolución que la región de Madrid ha experimentado en los últimos años focalizando la atención en los cambios espaciales de sus flujos de movilidad asociados al fenómeno de la dispersión urbana para visualizar la dirección que está tomando la región en cuanto a su estructura transporte-territorio. El análisis se ha realizado tanto desde el punto de vista global, como desde un punto de vista segregado por corredores para visualizar las potenciales diferencias evolutivas de las diferentes sub-regiones territoriales.

## LA TENDENCIA URBANA EN MADRID

La demanda de movilidad en la Comunidad de Madrid crece de forma continua. El número de desplazamientos en día laborable, según la última encuesta de movilidad de Madrid de 2004<sup>(17)</sup> alcanza los 14,5 millones de viajes, lo que representa un incremento de un 38,6% con respecto a la anterior encuesta de 1996<sup>(16)</sup>.

En cuanto al reparto modal, entre 1996 y 2004, se ha producido una pérdida global de cuota del transporte público, favoreciendo el transporte privado. La distribución modal de la movilidad en términos de reparto público-privado ofrece una clara pauta de variación espacial, según la cual la importancia del transporte público crece claramente en las zonas centrales y la del vehículo privado en la periferia.

Desde el punto de vista espacial, históricamente los desplazamientos realizados diariamente en el ámbito metropolitano de Madrid tenían una alta componente gravitatoria, es decir hacia la almendra central, sin embargo,

los patrones de movilidad han ido cambiando progresivamente, dando una mayor importancia a los movimientos periféricos.

De esta manera, y tomando como referencia las encuestas domiciliarias de 1996 y 2004<sup>(16,17)</sup>, se puede apreciar que:

- Los viajes interiores al municipio de Madrid pierden peso en el conjunto global: del 57,1% al 48,57% entre 1996 y 2004, respectivamente.
- Los viajes radiales corona metropolitana-almendra y corona metropolitana-periferia urbana crecen, pero en menor medida que el resto, con lo que experimentan un ligero retroceso en términos relativos.
- Finalmente, los viajes con origen o destino fuera del municipio de Madrid son los que más crecen. En especial, crecen los viajes internos a la corona metropolitana, al pasar de un 17,2% a un 23,4%.

Esta situación pone de manifiesto un cambio significativo en el período 1996-2004; la corona metropolitana ha crecido en importancia, como fruto del proceso de dispersión de actividades. Esto tiene importantes efectos sobre el reparto modal y la eficiencia del sistema, dado que los mayores crecimientos se producen precisamente en aquellas relaciones en las que el coche es el modo dominante.

Esta nueva periferia metropolitana de Madrid se caracteriza por densidades residenciales bajas o medias asociadas a desarrollos de viviendas en edificaciones unifamiliares o en complejos residenciales de poca altura con equipamientos

intersticiales (zonas ajardinadas, piscinas, pistas deportivas), y además por la existencia de nuevas centralidades. Áreas residenciales y piezas funcionales se sitúan de forma discontinua, dejando espacios intersticiales entre sí, de lo que resulta un paisaje fragmentado y disperso.

Esta situación, combinada con el constante proceso de crecimiento de la población, hace que el peso relativo del municipio de Madrid respecto a las coronas metropolitana y regional vaya decreciendo. Hoy el área metropolitana de Madrid constituye un espacio extenso que no tiene

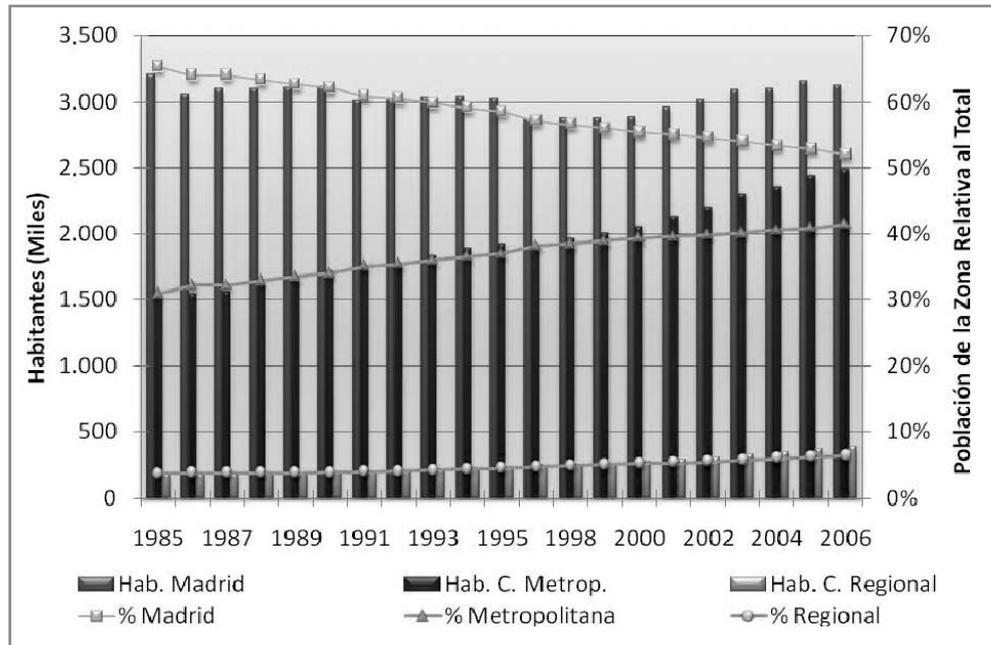


Figura 2. Evolución de la población en la Comunidad de Madrid (Fuente: Instituto Estadístico de Madrid y elaboración propia).

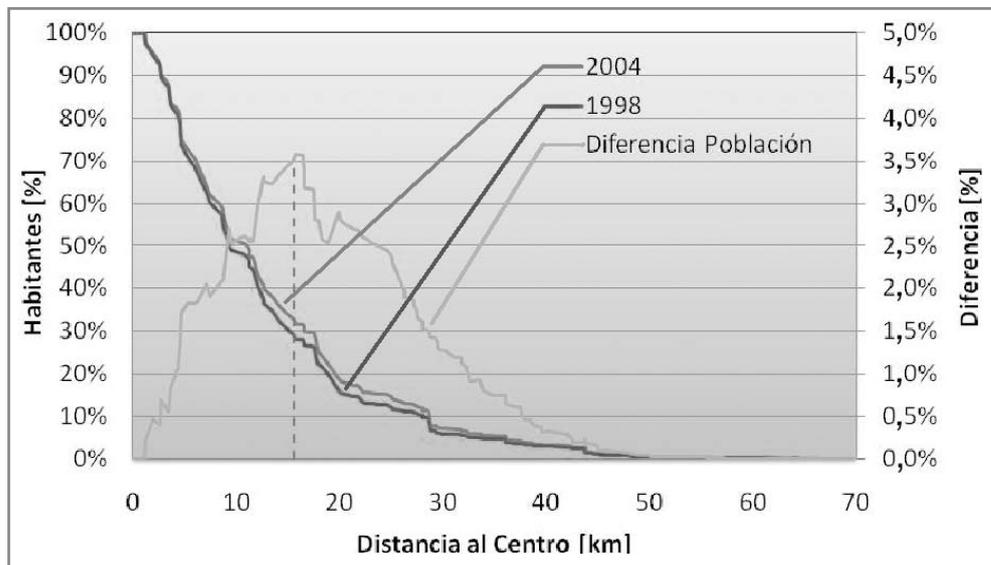


Figura 3. Distribución de la población acumulada respecto al centro de Madrid (Fuente: basado en los datos del Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid).

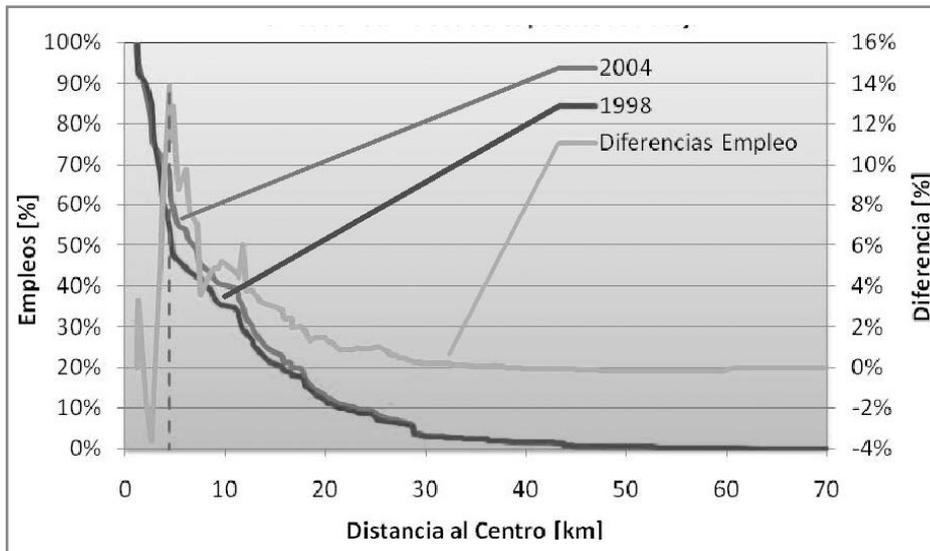


Figura 4. Distribución Acumulada de Puestos de Trabajo (Fuente: Basado en los datos del Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid).

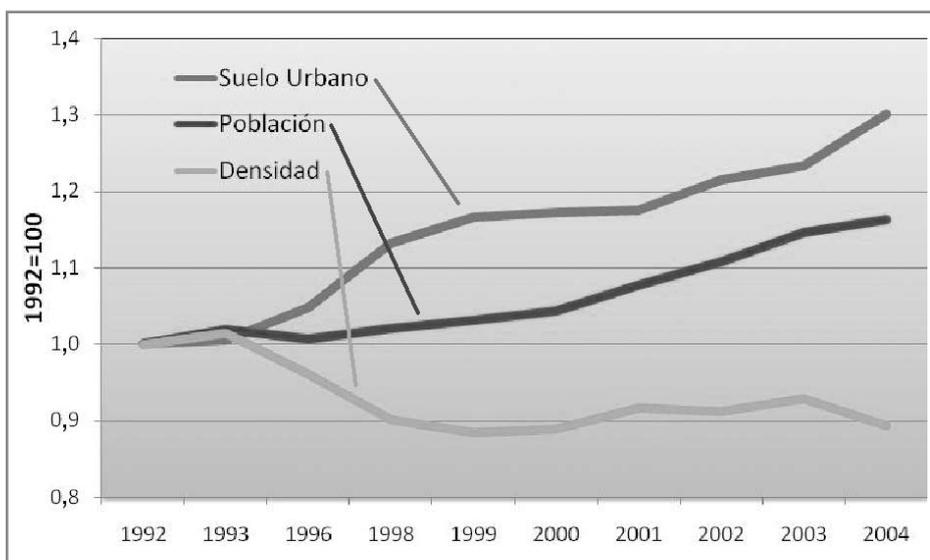


Figura 5. Evolución del Suelo, Población y Densidad (1992-2004) (Fuente: Basado en los datos del Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid).

límites claros, en el que la periferia metropolitana tiene un peso creciente frente al municipio central: si la población del municipio de Madrid se multiplicó por 1,9 en la segunda mitad del siglo pasado, la de la corona metropolitana lo hizo por 26,1; por esta razón, el tamaño y forma de la ciudad parece ser un factor importante para la generación de viajes, tal como se muestra en la Figura 2, donde la población en el municipio de Madrid crece a lo largo de los años, pero su proporción respecto al resto de la Comunidad muestra un descenso constante.

La influencia entre la estructura urbana y la infraestructura del transporte en la eficiencia económica está presente de forma continua en la definición de las políticas urbanas,

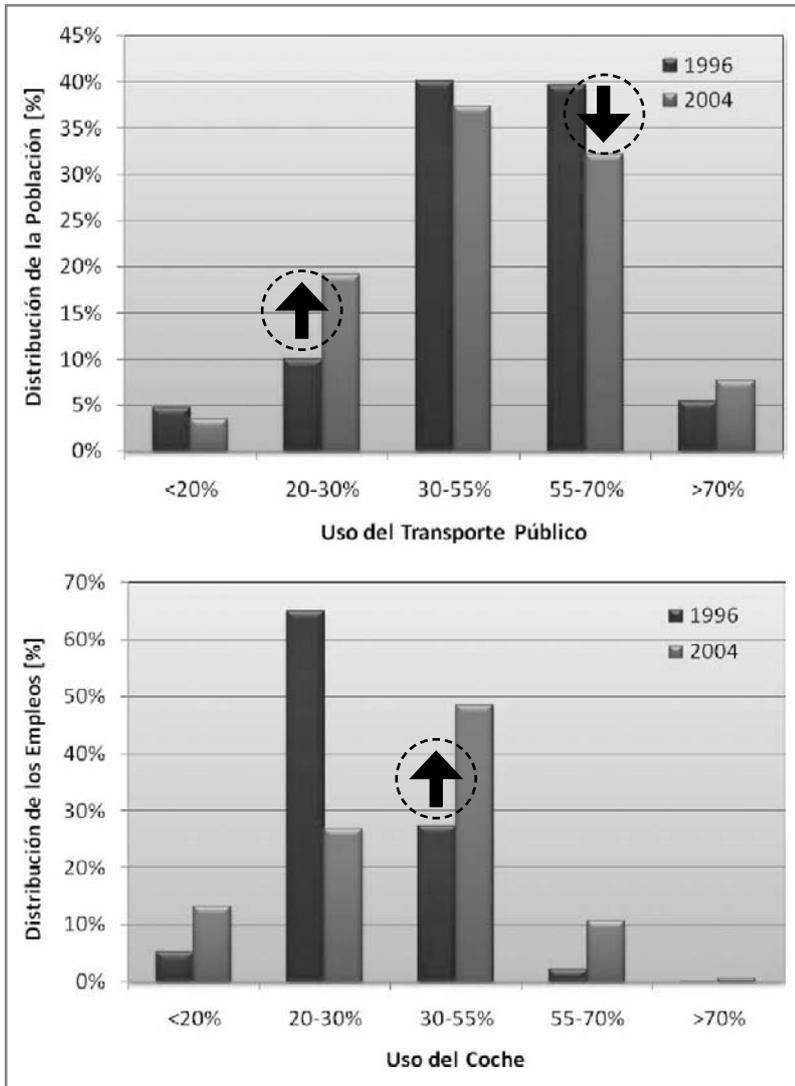
sobre todo en un escenario de creación de "mega-ciudades". La dispersión y el uso intensivo del vehículo privado están normalmente asociados a altos niveles de servicio en las infraestructuras y, por tanto, a un alto consumo de recursos, lo cual conduce a un escenario de menor eficiencia económica<sup>(11)</sup>.

En la Figura 3 se muestra cómo ha evolucionado la distribución de población en la Comunidad de Madrid a lo largo de los últimos años. Se aprecia el crecimiento del peso de las áreas periféricas frente a las centrales, particularmente en un radio de entre 10 a 30 km del centro.

Por otro lado, la distribución de los lugares de empleo (Figura 4) muestra que su localización también ha sufrido un proceso de dispersión, es decir, se están generando más puestos de empleo en las zonas externas que las internas, aumentando su peso relativo. De esta manera, la región mantiene una tendencia hacia la dispersión, tanto en población como en empleo, lo cual puede conducir hacia escenarios de un mayor desequilibrio territorial.

Este desplazamiento territorial de la población aumenta las necesidades de movilidad (por el aumento de las distancias) y sitúa al transporte público en peores condiciones de competencia relativa con respecto al vehículo privado (por las menores densidades de población), condicionando de manera grave el equilibrio modal de las pautas de movilidad en la región de Madrid.

A lo largo de los últimos años se ha registrado en Madrid un intenso y progresivo proceso de expansión y reestructuración territorial, con la dominante de la perifurización, ya sea en forma de *urbanización periférica* (en los años sesenta y setenta) o *suburbanización y periurbanización* (en los últimos decenios). En estos cincuenta



**Figura 6.** Reparto Modal Según la Distribución de la Población y del Empleo. (Fuente: Basado en datos de la EDM96, EDM04<sup>16,17</sup> y del Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid).

años Madrid ha pasado de ciudad nuclear a metrópoli monocéntrica y posteriormente a región metropolitana. Unas de esas transformaciones es el acelerado crecimiento de la población, lo que combinado con la poca disponibilidad de espacio en el centro, así como su alta valorización, hace que la ciudad experimente una reorganización de su estructura urbana.

En la Figura 5 se puede notar la evolución de la estructura urbana de la Comunidad, donde se observa el crecimiento sufrido por la población y el suelo urbano desde 1992. Se puede apreciar como el suelo destinado a uso urbano ha crecido mucho más que la población. El resultado ha sido un descenso de la densidad media que unido a la dispersión de población conduce a escenarios territoriales difusos.

Este crecimiento de población y empleo en áreas periféricas están directamente vinculado el modo de transporte utilizado. Realizando un análisis de la localización residencial y del empleo en función del reparto modal de cada zona, se percibe como se está produciendo una ubicación de residentes en las zonas de menor potencial de uso de transporte público, de la misma manera, la tendencia creciente a ubicar empleos en zonas donde el uso del coche es predominante, solo contribuye a la dispersión de las actividades.

Según los datos de la Figura 6 se observa que las zonas en donde la población crece con mayor rapidez, son las mismas zonas donde precisamente el uso del transporte público es menor, lo que refuerza la tendencia de una mayor dependencia del coche. Y la dispersión se ve impulsada por la cada vez mayor tendencia de localizar núcleos generadores de empleo en zonas donde el transporte público es muy poco competitivo.

Esta evolución de localización del empleo, ahora por coronas (Figura 7), refuerza claramente el proceso de deslocalización de los puestos de trabajo, ya que la tendencia dice que se busca suelo más barato y un intento para evitar los problemas de aglomeración.

Aunque en 2004 el nivel de empleo en el centro de Madrid se mantiene prácticamente estable con respecto a 1996 (pasa de 38% a 39%), la diferencia importante se presenta en la periferia urbana y la corona metropolitana, donde parece haber una migración de puestos de empleo de una hacia la otra.

### EQUILIBRIOS TERRITORIALES EN MADRID

Al hablar de la estructura urbana de una ciudad, una forma de explicarla es a través de la distribución y localización de la población y los lugares donde se concentra el empleo. En este caso, se describirá el equilibrio urbano como una diferencia acumulada de población vs. ubicación de empleos, expresando esta diferencia basados en la distancia media al centro de la ciudad.

La localización de las personas se describe por una distribución acumulada de su localización según las distancias

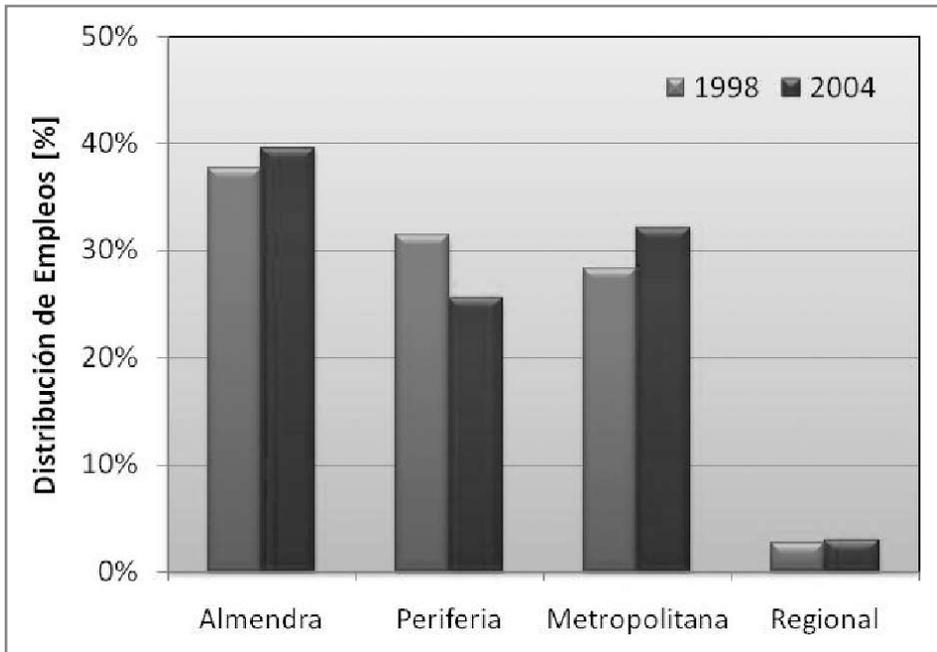


Figura 7. Distribución de empleos en la Comunidad de Madrid (Fuente: Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid).

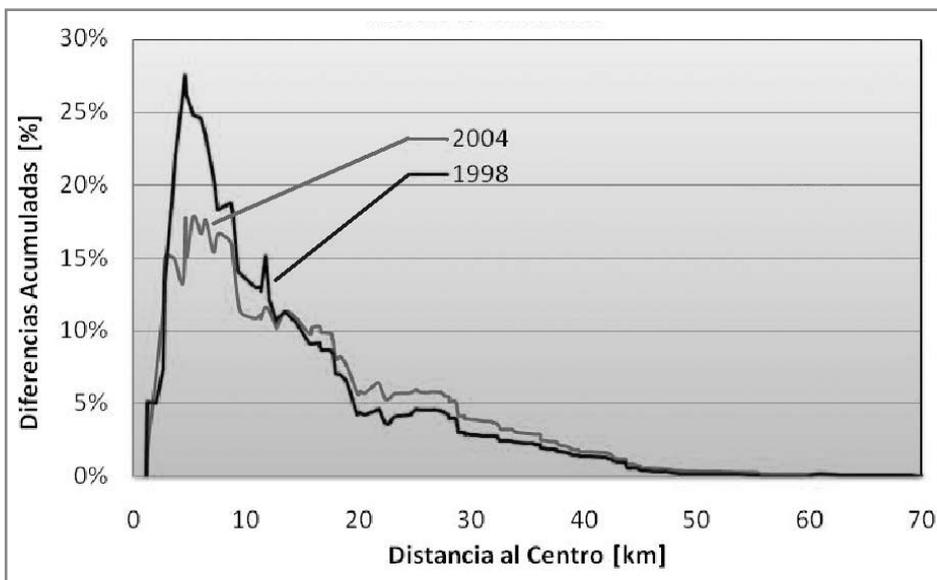


Figura 8. Diferencias Acumuladas de Población (Fuente: Basado en los datos del Instituto Estadístico de la Comunidad de Madrid).

desde sus zonas de residencia hasta el centro de la ciudad. De manera similar se describe la localización de los puestos de trabajo. El proceso de diferencias acumuladas se puede definir, por tanto, de la siguiente manera:

$$g(x_k) = \sum_{j=k}^n [PE(x_j) - E(x_j)]$$

$$g(x_1) = 0$$

Donde:

$g(x_k)$  = Diferencias acumuladas

$PE(x)$  = Distribución acumulada de personas empleadas

$E(x)$  = Distribución acumulada de empleos

Esta función representa las diferencias acumuladas entre las distribuciones de los trabajadores y los empleos. Así en la Figura 8 se representa la proporción de trabajadores que deben desplazarse hacia el centro con el fin de poder acceder a su lugar de empleo. Aunque en la región el equilibrio ha mejorado (pasa de 28% a 17% en sus máximos), aún sigue existiendo un potencial claro de mejora. También es importante ver que en las zonas más externas el desequilibrio ha aumentado, lo que quiere decir que ha crecido más el peso de población de esas zonas que su correspondiente peso de puestos de trabajo.

En este sentido, y si se considera tal y como se conceptualiza en la teoría económica urbana, que dice que los trabajadores intentan minimizar su distancia de desplazamiento entre sus residencias y sus trabajos

bajo ciertas condiciones de contorno, se podría decir que el escenario óptimo podría alcanzarse en el momento en que la distribución de los puestos de trabajo según la distancia al centro sea igual a la distribución de la población.

Al analizar este fenómeno por corredores, en la Figura 9 se nota que hay zonas que están más equilibradas que otras. Por ejemplo, en los corredores de las carreteras de la A-1, A-6 y de A-42, su población ha aumen-

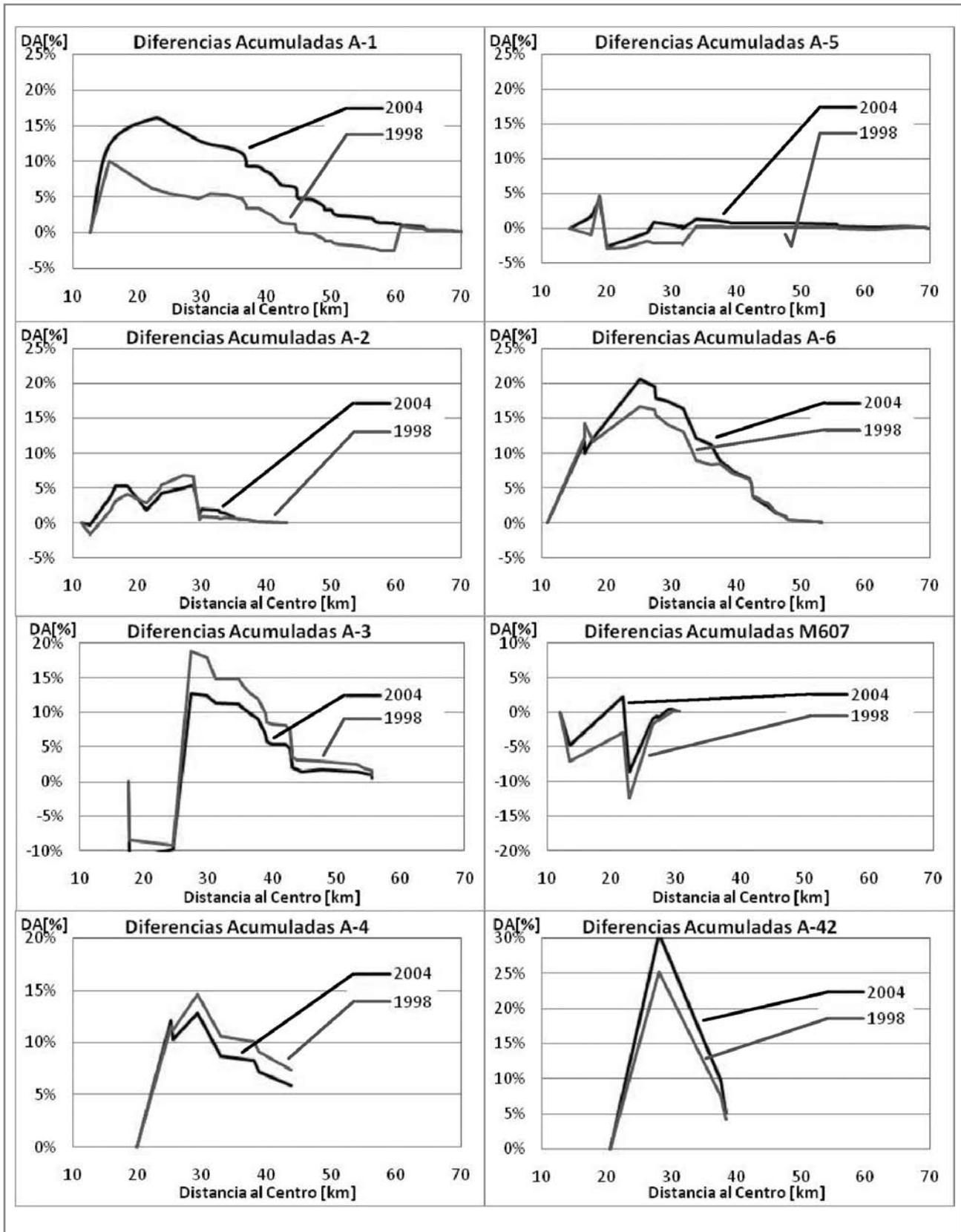


Figura 9. Diferencia de Población Acumulada por Corredores.

Corredor	Distancia Media	Incremento de Demanda			
		Coche	TP	Pie	Total
A-1	0,98	1,82	2,04	0,84	1,41
A-2	1,38	1,77	1,68	1,01	1,36
A-3	0,93	1,86	2,06	1,29	1,68
A-4	1,49	2,41	3,14	1,45	1,96
A-5	1,79	1,79	1,75	0,84	1,21
A-6	1,01	2,17	1,73	1,54	1,93
M-607	1,72	2,14	1,51	1,09	1,57
A-42	1,04	1,56	1,58	0,93	1,23

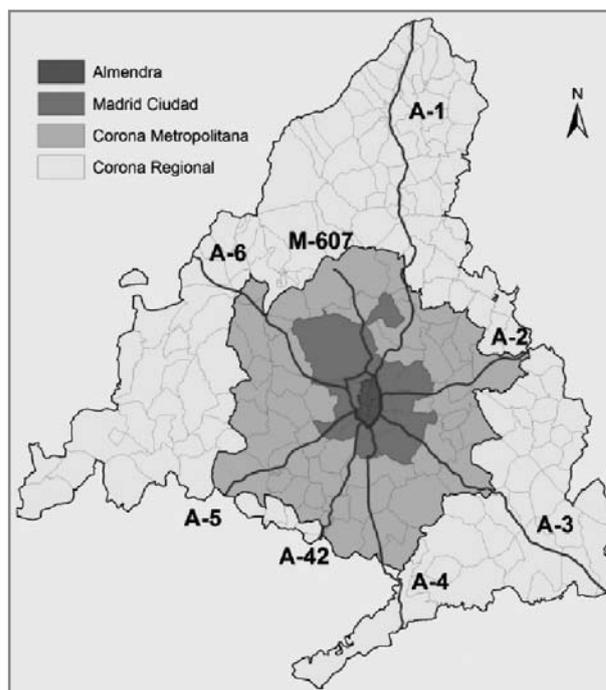
Corredor	Distancia Media	Incremento de Viajeros-km			
		Coche	TP	Pie	Total
A-1	0,98	1,34	1,56	1,03	1,39
A-2	1,38	1,84	2,19	1,01	1,88
A-3	0,93	1,58	1,54	1,31	1,56
A-4	1,49	2,79	3,54	1,55	2,91
A-5	1,79	2,67	2,06	0,90	2,17
A-6	1,01	1,97	1,93	1,77	1,95
M-607	1,72	3,42	2,05	1,24	2,71
A-42	1,04	1,52	1,13	0,95	1,27

**Tabla 1.** Demanda y Distancia de Recorrido por Corredores (1996=100) (Fuente: Basado en datos de la EDM96, EDM04<sup>(16,17)</sup> y elaboración propia).

tado de una manera importante y están descompensados respecto al empleo, razón por la cual muestran una mayor tendencia al desequilibrio. Los corredores de la A-3 y A-4, aunque también se encuentran descompensados, muestran a diferencia de los anteriores, una tendencia al equilibrio. Finalmente, en los corredores de la A-2, A-5 y M-607, se muestra que existe un equilibrio territorial, ya que presentan unas diferencias relativamente bajas y un cambio menor a lo largo de los años, aunque su situación venía de un escenario claramente descompensado de los empleos respecto a la población.

### AUTOSUFICIENCIA Y AUTOCONTENCIÓN DE LOS CORREDORES. IMPLICACIONES SOBRE LA MOVILIDAD

Para entender los análisis que se muestran a continuación, la estructura territorial de la Comunidad de Madrid, se muestra en la Figura 10 donde se diferencian cuatro coronas de estructura diferenciada: almendra central, periferia municipal, corona metropolitana y corona regional. Estas cuatro coronas están, a su vez, divididas radialmente en ocho sectores (corredores), en torno a cada una de las autopistas radiales que salen del centro de la ciudad hacia su periferia.



**Figura 10.** Estructura Territorial de la Región de Madrid.



**Foto 3.** Bus VAO en la N-VI de Madrid, una buena solución a las retenciones y que favorece además el transporte público (autobuses).

Puede decirse que el lugar donde se reside y donde se trabaja son factores estrechamente relacionados en muchos casos, desde el punto de vista de toma de decisiones de los usuarios. La tendencia actual según los datos analizados ha demostrado que cada vez más empresas construyen y se mudan a polígonos industriales ubicados fuera de Madrid.

Los motivos por el cual una empresa decide cambiar su localización pueden ser la reducción de costes (por usar un suelo más barato), el cambio en las exigencias de movimientos debido a cambios en las actividades

Corredor	Autosuficiencia			
	Corredores		Municipios	
	1996	2004	1996	2004
A-1	0,63	0,54	0,50	0,39
A-2	0,77	0,71	0,67	0,57
A-3	0,66	0,59	0,64	0,56
A-4	0,72	0,63	0,66	0,53
A-5	0,71	0,64	0,64	0,52
A-6	0,56	0,56	0,42	0,40
M-607	0,61	0,57	0,58	0,51
A-42	0,65	0,58	0,58	0,50

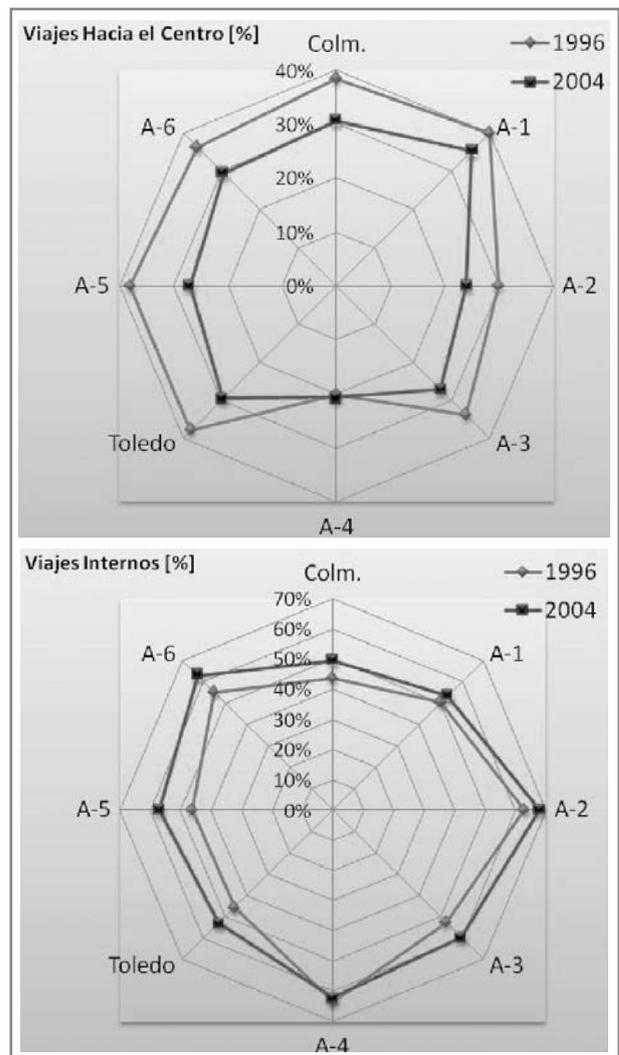
Corredor	Autocontención			
	Corredores		Municipios	
	1996	2004	1996	2004
A-1	0,71	0,64	0,51	0,49
A-2	0,82	0,80	0,69	0,69
A-3	0,71	0,68	0,62	0,65
A-4	0,75	0,72	0,51	0,65
A-5	0,78	0,74	0,68	0,64
A-6	0,61	0,66	0,37	0,50
M-607	0,70	0,68	0,67	0,64
A-42	0,74	0,70	0,66	0,63

**Tabla 2.** Autosuficiencia y Autocontención (1996=100)  
(Fuente: Elaboración propia).

de la zona, cambios en las redes viales, teorías de aglomeración, organización espacial, etc. Aunque en los últimos años ha crecido el número de personas, de empleados y de empleos, estos tienden a segregarse más en el espacio y a localizarse fuera del centro de Madrid.

Un indicador de esta organización espacial de población y empleo, se explica con los conceptos de niveles de autosuficiencia y autocontención. La autosuficiencia, se refiere a la relación de los viajes de movilidad obligada que se realizan dentro de una zona, con los viajes de movilidad obligada atraídos por esa misma zona. La autocontención es la relación entre los viajes internos de una zona con la totalidad de viajes generados por dicha zona.

En base a los datos ofrecidos por las Encuestas Domiciliarias de Movilidad de la Comunidad de Madrid (hasta la corona metropolitana) y simulaciones de red realizadas sobre un modelo de transporte, se puede apreciar el incremento de demanda sufrido en los últimos años en la región (ver Tabla 1). Por otro lado, en la Tabla 2 se presentan los índices de autosuficiencia y autocontención dados por cada corredor y por los municipios que conforman dicho corredor.



**Figura 11.** Viajes al Centro y Viajes Internos por Corredores.  
(Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la EDM96 y EDM04)<sup>16,17</sup>

En general, la demanda aumenta de manera importante en todos los corredores, aunque en algunos este incremento es mayor debido solo al aumento de demanda, ya que las distancias medias tienden a quedar igual o muy similar (Tabla 1). Este hecho es de especial interés desde el punto de vista de organización territorial y de transporte.

En general se puede apreciar que los corredores que tienen un desequilibrio evidente (A-1, A-6 y A-42, con diferencias de más de 15%), son a su vez lo que tienen los índices de autosuficiencia más bajos y que además tienen una tendencia a perderla cada vez más. Al comparar estos resultados con la distancia media (Tabla 1), se observa que son zonas donde el valor de ésta ha sufrido sus mayores incrementos. Así, parece ser que a zonas con poco equilibrio territorial, su autosuficiencia es baja,

razón por la cual deben suplir sus necesidades en otras zonas, cuya consecuencia inmediata es hacer viajes más largos.

De la misma manera, los corredores que presentan un equilibrio territorial, tienen una autosuficiencia mayor (aunque no son autosuficientes del todo) y por ende su distancia media es menor o tiende a permanecer estable. Es decir, a medida que un municipio o un corredor, pierde dependencia de sí mismo, su distancia media tiende a crecer debido a que se deben realizar viajes más largos para compensar esa pérdida de autosuficiencia en otras zonas.

De esta manera, parece ser que la tendencia actual en Madrid es dejar a un lado el concepto de ciudad monocéntrica con pequeños núcleos *satélites* a su alrededor, ya que progresivamente se vienen desarrollando importantes zonas atractoras de viajes fuera del centro de Madrid. Sin embargo, estas nuevas zonas no están muy definidas y pueden abarcar varios municipios.

Esta dispersión y descentralización de las principales actividades de la ciudad, puede aumentar la dependencia del coche, entre otros inconvenientes, con las dificultades que esto tendría, ya que en los nuevos sectores donde parece ser que se están consolidando las actividades, la infraestructura de transporte público es muy poco competitiva.

## COMENTARIOS FINALES

En este trabajo se han analizado las interacciones existentes entre la estructura territorial y la demanda de transporte. En zonas con mayor desequilibrio territorial la tendencia es contar con un menor nivel de autosuficiencia y una mayor distancia media recorrida. Del mismo modo aquellas zonas con mayor equilibrio,

presentan un mayor nivel de autosuficiencia con una distancia menor.

Generalmente, los desplazamientos realizados en la Comunidad de Madrid presentaban una alta dependencia con la zona central de la región. Sin embargo, esta tendencia *dependiente* del centro poco a poco ha venido mostrando un quiebre y ahora muestra una inclinación a darle una mayor importancia a los movimientos internos de cada corredor, más no dentro de un municipio en particular. En la Figura 11 se ve claramente como cada vez se hacen menos viajes hacia el centro y como se incrementan los viajes dentro del mismo corredor de origen, quedando una pequeña proporción a los viajes transversales entre corredores.

Este comportamiento, claro está, se ve afectado por otro tipo de componente, como las dinámicas sociales, demográficas o culturales, y los cambios en las pautas de actividad individual. Pero en todo caso pone en énfasis, sobre todo de cara al crecimiento que va a desarrollarse en los próximos años de nuestras áreas urbanas, que es necesario afrontar el problema de la movilidad bajo una articulación de los sistemas de transporte y la configuración espacial (tamaño, localización de usos del suelo, diseño urbano, entre otros elementos).

Dado que la situación de la dependencia del automóvil ha dejado de ser un símbolo de bienestar en las ciudades, dentro del modelo futuro de ciudad se debe encontrar el equilibrio para un uso racional del vehículo privado y del suelo, que asegure un mayor bienestar duradero para sus habitantes.

Un sistema de transporte basado en el automóvil maximiza la movilidad (desplazamiento de bienes y personas), pero dispersa las actividades y hace un uso poco eficiente del suelo, mientras que un sistema equilibrado



Foto 4. Carril bici en Sanchinarro.



Foto 5. El Bus VAO, que es reversible, ha favorecido los desplazamientos en autobús urbano.

pretende optimizar la accesibilidad (entendida como la posibilidad de acceder a servicios, bienes o actividades) y compacta el territorio. Este cambio de orientación podría conducir a reducir los costes totales del transporte, alcanzando escenarios más eficientes.

Con el fin de encaminarnos hacia una nueva cultura de movilidad que combine actividades, compacte los núcleos urbanos y de prioridad a modos de transporte alternativos, no es suficiente con diseñar y aplicar medidas aisladas, es necesario tener en cuenta una estrategia global que incluya alternativas reales de transporte en todos los modos, incluidos el caminar y la bicicleta. Un sistema de transporte colectivo de alta calidad, no sólo es una alternativa al vehículo privado en muchos ámbitos territoriales, sino que además es un incentivo para hacer más eficiente el uso del suelo.

Finalmente, un diseño territorial anidado y coordinado con el diseño de la movilidad regional, con un desarrollo óptimo de densidades, usos mixtos del suelo, desarrollos orientados al uso del transporte público, entre otros, pueden ayudar a reducir la dependencia del coche, mejorando la accesibilidad y el bienestar en general.

Podemos concluir que los tres objetivos de una movilidad sostenible: la equidad social, la mejora ambiental y la eficiencia económica, nos llevan hacia una nueva movilidad mucho más sostenible y a replantear los procesos de planificación y toma de decisiones desde una óptica sistémica, que busque la optimización del sistema de transporte en todas sus facetas, en conjunción con el planeamiento urbano.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Banister D., Watson S. and Wood "Sustainable cities, transport, energy and urban form" [Journal] // *Environment and Planning B*. - 1997. - Vol. 24. - pp. 125-143.
- Cervero Robert and Wu K. L. "Polycentrism, commuting and residential location in the San Francisco Bay area" [Journal] // *Environment and Planning A*. - 1997. - Vol. 29. - pp. 865-886.
- Cervero Robert "Mixed land uses and commuting: evidence from the american housing survey" [Journal] // *Transportation Research Part A*. - 1996.
- Cervero Robert "Planned communities, self-containment and commuting: A cross-national perspective" [Journal] // *Urban Studies*. - 1995. - Vol. 32. - pp. 1135-1161.
- Clark W. A. and Kuijpers-Linde M. "Commuting in restructuring urban regions" [Journal] // *Urban Studies*. - 1994. - Vol. 31. - pp. 465-483.
- Cropper M. L. and Gordon P. L. "Wasteful commuting: A re-examination" [Journal] // *Journal of Urban Economics*. - 1991. - Vol. 29. - pp. 2-13.
- Frost M., Linneker B. and Spence N. "Excess or wasteful commuting in a selection of British cities" [Journal] // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. - 1998. - Vol. 32. - pp. 529-538.
- Giuliano G. and Small K. A. "Is the journey to work explained by urban structure?" [Journal]. - [s.l.] : *Urban Studies* 30, 1993. - pp. 1485-1500.
- Hamilton B. W. "Wasteful commuting" [Journal] // *The Journal of Political Economy*. - 1982. - Vol. 90. - pp. 1035-1053.
- Hamilton B. W. "Wasteful commuting again" [Journal] // *The Journal of Political Economy*. - 1989. - Vol. 97. - pp. 1497-1504.
- Kenworthy Jeffrey R. "Patterns of automobile dependence in cities an international overview of key physical and economic dimensions with some implications for urban policy" [Journal] // *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. - Perth, Australia : [s.n.], 1999. - Vol. 33.
- Massot MH and Roy E. "Lieu de vie - lieu de travail, 25 ans d'évolution de la distance au travail" [Journal]. - [s.l.] : Repport de Contrat INRETS pour l'ADEME, 2004.
- Merriman D., Ohkawara T. and Suzuki T. "Excess commuting in the Tokyo metropolitan area: measurement policy simulations" [Journal] // *Urban Studies*. - 1995. - Vol. 32. - pp. 69-85.
- Richardson H. W. "Monocentric vs. polycentric models : the future of urban economics in regional science" [Journal] // *Annals of Regional Science*. - 1988. - Vol. 2. - pp. 1-12.
- Small K. and Song S. "Wasteful commuting: A resolution" [Journal] // *The Journal of Political Economy*. - 1992. - Vol. 100. - pp. 888-898.
- CRTM (1998). EDM'96 - "Encuesta Domiciliaria de Movilidad en día laborable de 1996 en la Comunidad de Madrid. Análisis y síntesis de la movilidad". Consorcio Regional de Transportes de Madrid.
- CRTM (2006). EDM'04 - "Encuesta Domiciliaria de Movilidad en día laborable de 2004 en la Comunidad de Madrid". Consorcio Regional de Transportes de Madrid. 

# Captura del CO<sub>2</sub> originado por el empleo de combustibles fósiles



Capture of CO<sub>2</sub> from fossil fuel use

Vicente J. CORTÉS GALEANO

Escuela Técnica Superior de Ingenieros  
Universidad de Sevilla  
Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN)

Benito NAVARRETE RUBIA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros  
Universidad de Sevilla  
Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN)

## RESUMEN

*La disponibilidad de fuentes de energía diversificadas, seguras, asequibles y aceptables medioambientalmente es esencial para un desarrollo sostenible. Posiblemente, el reto más importante al que se enfrenta la comunidad internacional actualmente es el de conseguir dar respuesta a la creciente demanda de energía haciendo frente al mismo tiempo y de forma efectiva a los riesgos del cambio climático global.*

*Las acciones que se pueden poner en práctica para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y mitigar así los efectos del cambio climático son múltiples. De entre todas ellas, la captura y el almacenamiento de dióxido de carbono (CAC) puede jugar un papel crucial. La contribución de la CAC, en un escenario de estabilización de emisiones, podría llegar a alcanzar el 20% de la reducción necesaria. Para ello se contempla su aplicación en instalaciones intensivas de producción como centrales térmicas, fundamentalmente de carbón aunque no de forma exclusiva, procesos de combustión en la industria y en el refinado y procesado de gas natural. La aplicación al sector del transporte resulta hoy por hoy inviable, dado el extraordinario número de fuentes de emisión, su gran dispersión y los escasos niveles de emisión de cada una de esas fuentes.*

*En este artículo se hará un repaso de las diferentes tecnologías de captura existentes y en desarrollo, su estado actual y las perspectivas de aplicación a los diferentes sectores industriales que las demandan, así como los condicionantes económicos y los esquemas de desarrollo necesarios para su implantación.*

*Palabras clave: Dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, Captura y almacenamiento CO<sub>2</sub> (CAC), Emisión, Gas efecto invernadero (GEI), Combustible fósil, Cambio climático..*

## ABSTRACT

*The availability of diversified, safe, affordable and environmentally acceptable energy sources is essential for sustainable development. Perhaps the greatest challenge currently faced by the international community is that of responding to rising energy demand while at the same time effectively addressing the risks of global climate change.*

*Multiple actions may be put in place to reduce CO<sub>2</sub> emissions and to reduce the effects of climate change. Among these, carbon dioxide capture and storage (CCS) may play a crucial role. CCS's contribution to an emission stabilization scenario could amount to 20% of the reduction needed. Accordingly its application is envisaged in carbon-intensive production facilities such as thermal power stations, chiefly though not only coal-fired ones, combustion processes in industry, and natural gas refining and processing. Its application to the transport sector is as yet unviable, given the huge number of emission sources, their great dispersal and the low emission levels from each source.*

*This paper will review the various existing and emerging capture technologies, their current state and the prospects for their application to the various industrial sectors that require them, and the economic factors and development patterns required for their deployment.*

*Key words: Carbon dioxide CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> capture and storage (CCS), Emission, Greenhouse gas (GHG), Fossil fuel, Climate change.*

Desde finales del siglo XIX, los países industrializados han mantenido un aumento creciente de la demanda energética. La energía ha actuado como motor de desarrollo de las sociedades modernas y el fuerte crecimiento de la demanda se ha extendido a un buen número de países que se incorporan paulatinamente al modelo de producción occidental. La base de la producción de energía primaria mundial, para dar satisfacción a esa creciente demanda, ha estado constituida mayoritariamente por el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas natural). El empleo de este tipo de fuentes energéticas ha implicado problemas de índole medioambiental, derivados de la producción, durante el proceso de combustión, de ciertos compuestos químicos que se forman a partir de algunos componentes minoritarios de los combustibles y que actúan como contaminantes atmosféricos, principalmente  $SO_x$ ,  $NO_x$  y partículas.

A esta problemática se ha sumado en los últimos años la que deriva del papel del  $CO_2$  como gas de efecto invernadero, cuya concentración en la atmósfera ha pasado desde las 280 ppmv de la era preindustrial hasta las 380 ppmv actuales. Este aumento en las concentraciones de  $CO_2$  como consecuencia de la actividad humana ha sido identificado por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) como el principal responsable del calentamiento global que está experimentando la tierra en el último siglo.

En este marco, por tanto, la disponibilidad de fuentes de energía diversificadas, seguras, asequibles y aceptables medioambientalmente es esencial para un desarrollo

sostenible. Dado que la utilización de combustibles fósiles implica inevitablemente emisiones de  $CO_2$ , será necesario compatibilizar su uso con niveles adecuados del mismo en la atmósfera, de acuerdo con los criterios de sostenibilidad y de desarrollo sostenible que deben imperar en la evolución de la actividad humana, para no comprometer el futuro de las siguientes generaciones.

Para intentar dar solución a esta problemática surgen las tecnologías emergentes de captura y almacenamiento geológico de  $CO_2$  con el objetivo de intentar dar satisfacción a la necesidad de alcanzar la sostenibilidad en el uso de los recursos energéticos, partiendo de la evidencia de que, para los combustibles fósiles, el flujo entre sus fuentes y sus sumideros va a estar limitado más por el sumidero atmosférico del  $CO_2$  que por la fuente energética.

Según recoge la Agencia Internacional de la Energía (IEA) en su Escenario de Referencia del "World Energy Outlook 2007", la demanda de energía primaria mundial experimentará un aumento de un 55% entre 2005 y 2030, con un crecimiento medio anual del 1,8 %, hasta alcanzar 17,7 Gtep. Los combustibles fósiles continuarán en esa fecha siendo la fuente principal de energía primaria (alrededor del 80%), y entre ellos el petróleo mantendrá la primera posición, aunque verá reducida su contribución del 35 al 32%. En línea con el crecimiento espectacular de los últimos años, el carbón será el combustible que experimentará el mayor crecimiento en términos absolutos, aumentando del 25 al 28% su aportación a la demanda global. Ello se debe fundamentalmente a las necesidades de China y la India, como grandes potencias emergentes, y a las características propias del carbón, que favorecen su uso en una situación de fuerte aumento de la demanda: disponibilidad, asequible y estabilizador de los mercados energéticos.

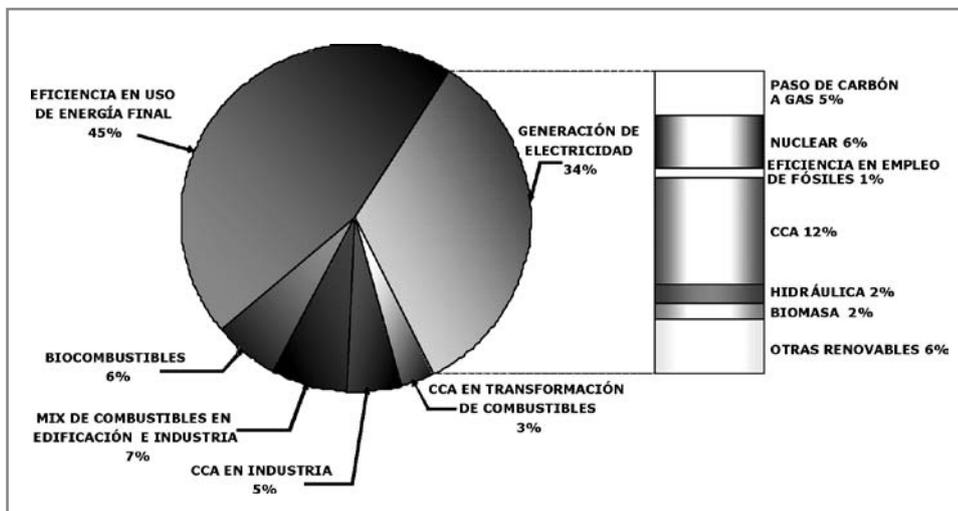


Figura 1. Contribución relativa de las diversas acciones necesarias para reducir las emisiones de  $CO_2$  en 2050 a los valores de 2003. Escenario ACT-MAP (IEA).

Derivado de lo anterior, en un escenario "business-as-usual", si no se tomasen medidas correctoras, las emisiones de  $CO_2$  asociadas al uso y transformación de energía se incrementarían en un 55% en el mismo periodo, en una situación claramente insostenible.

Las acciones requeridas para reducir las emisiones de  $CO_2$  son múltiples (Figura 1) y pasan fundamentalmente por el ahorro y la eficiencia energética,

el desarrollo de las energías renovables, el uso continuado de la energía nuclear y la *captura y almacenamiento de dióxido de carbono (CAC)*, entendiéndose por tal la producción de una corriente concentrada de  $\text{CO}_2$  susceptible de ser transportada hasta un almacenamiento geológico profundo, en el que pueda ser confinada durante tiempo ilimitado.

La contribución de la CAC, en un escenario de estabilización de emisiones, podría llegar, según el citado informe de la IEA, al 20% de la reducción necesaria (6,5 Gt/a de  $\text{CO}_2$  capturadas y almacenadas a partir de 2050). Por economía de escala, el esfuerzo deberá centrarse en aquellas instalaciones industriales que concentran principalmente los focos más intensivos de emisión de  $\text{CO}_2$ :

- Centrales térmicas, fundamentalmente de carbón aunque no de forma exclusiva,
- Procesos de combustión en la industria y en el refino, y
- Procesado de gas natural.

El 25% de este tipo de focos que emiten más de 1 Mt/a son responsables del 85% de las emisiones mundiales de  $\text{CO}_2$ .

## TECNOLOGÍAS DE CAPTURA

Las tecnologías que pueden ser empleadas para la captura de  $\text{CO}_2$  pasan todas ellas por el empleo de técnicas de separación que permiten transformar las corrientes en las que actualmente el  $\text{CO}_2$  aparece como un gas diluido, en otras corrientes altamente concentradas en  $\text{CO}_2$ , con las condiciones adecuadas para su transporte e inyección en un almacenamiento profundo.

Las concentraciones de  $\text{CO}_2$  en los gases procedentes de los diferentes procesos varían, expresadas en porcentaje en volumen, entre el 4% (ciclo combinado de gas natural) y algo más del 30% (fabricación de cemento), siendo habitual una media de 12-15% en la combustión del carbón. En todos los casos será necesario someter esas corrientes a un tratamiento para conseguir unas

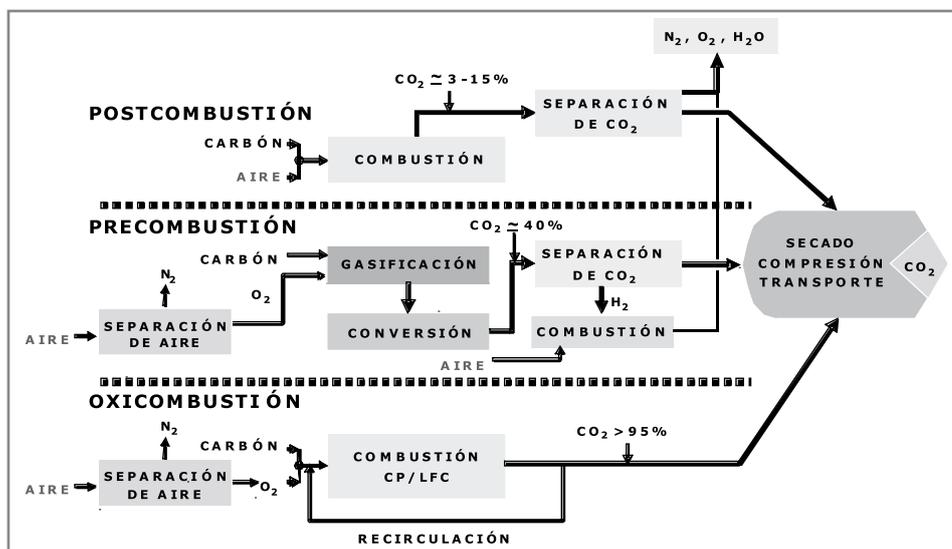


Figura 2. Opciones de captura de  $\text{CO}_2$  más próximas a su aplicación comercial.

concentraciones mucho más elevadas, con la finalidad de reducir costes de compresión y transporte y para eliminar las impurezas hasta los niveles que exija la legislación para su almacenamiento geológico.

Existen tres opciones tecnológicas, todas ellas actualmente en desarrollo, para la captura de  $\text{CO}_2$  en procesos industriales (Figura 2):

- *Postcombustión*: captura de  $\text{CO}_2$  aplicable a plantas con tecnología convencional de combustión. Tras los tratamientos adecuados de limpieza y depuración, el  $\text{CO}_2$  presente en los gases de salida de caldera es separado mediante técnicas de lavado de gases, principalmente absorción y adsorción (*POST* en lo que sigue).
- *Precombustión*: se puede aplicar al gas procedente de un proceso de reformado de gas natural o al producido mediante la gasificación de carbón. En ambos casos se requiere un proceso de limpieza y el tratamiento posterior en un reactor de desplazamiento para obtener  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2$ . El gas procedente del reactor de desplazamiento es sometido a un proceso de separación, normalmente de adsorción física, que consigue una corriente de  $\text{CO}_2$  de gran pureza y a presión, si la gasificación opera en esas condiciones (*PRE* en lo que sigue). Esta alternativa resulta particularmente interesante en relación al sector del transporte, dado que permitiría producir el combustible que se perfila como una alternativa de futuro en este sector, el  $\text{H}_2$ , con emisiones nulas de  $\text{CO}_2$ .
- *Oxidación*: la combustión tiene lugar empleando oxígeno de pureza variable como comburente, en vez de aire, utilizándose una recirculación de gases de

TECNOLOGÍA	APLICABLE A			NO REQUIERE	
	Carbón pulverizado existente	Plantas nuevas preparadas para captura	Fracción del caudal de gas de combustión	Oxígeno	Captura de CO <sub>2</sub> antes de compresión
POST	X	X	X	X	
PRE		X, poco probable	X, poco probable		
OXI	X, con reservas				X

Tabla 1. Comparación de características principales de las tres vías de captura de CO<sub>2</sub>.

combustión para reducir la temperatura de hogar y facilitar la transferencia de calor (OXI en lo que sigue). En este caso se consigue de forma directa una corriente que está constituida casi exclusivamente por CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O a la salida de la instalación de combustión, de la que el H<sub>2</sub>O puede ser fácilmente eliminado por condensación. En este caso la operación de separación debe ser efectuada previamente para obtener O<sub>2</sub> puro a partir del aire ambiente, normalmente mediante técnicas de destilación criogénica.

Todas las tecnologías implicadas en estas tres opciones están basadas en operaciones de separación, necesarias para retirar el CO<sub>2</sub>, el H<sub>2</sub> o el O<sub>2</sub> de las corrientes que los contienen, dependiendo de la opción tecnológica de captura seleccionada. Las operaciones de separación son ampliamente empleadas en distintos campos de la industria química y de procesos. La separación de CO<sub>2</sub> se realiza con éxito en aplicaciones industriales de indudable interés, como la depuración del gas natural o las plantas de producción de fertilizantes. Sin embargo, no existe aún ninguna planta comercial capaz de capturar el CO<sub>2</sub> producido en grandes instalaciones de combustión por ninguna de las vías anteriormente descritas.

Esto viene motivado en primer lugar por el importante salto de escala que la industria debe vencer entre las actuales instalaciones de separación y las requeridas para la CAC. Por ejemplo, las plantas comerciales de separación de CO<sub>2</sub> de mayor tamaño se emplean para la producción de urea en la industria de los fertilizantes. En su concepción actual podrían ser aplicables para la tecnología POST, pero las plantas de mayores dimensiones presentan producciones máximas de 250.000 t CO<sub>2</sub>/año, frente a las que requeriría por ejemplo una central térmica convencional: más de 4.000.000 t CO<sub>2</sub>/año. Además, para lograr alcanzar la escala comercial en las tres alternativas tecnológicas, será necesario acometer grandes esfuerzos de desarrollo e investigación para resolver los problemas técnicos asociados que se plantean y para conseguir la integración y optimización de los nuevos componentes de forma que se reduzca la penalización energética adicional y los costes de separación.

Como consecuencia de todo ello, el estado del arte para las tecnologías de captura se encuentra situado en la fase de ensayos a escala piloto, que se están desarrollando principalmente en el marco de grandes proyectos de investigación, actualmente en las etapas de diseño y/o construcción. En la Unión Europea, Estados Unidos, Japón y Australia se están construyendo un creciente número de unidades piloto grandes, con capacidades térmicas de decenas de MWt, en cada una de las tres opciones de captura, algunas asociadas también a almacenamiento. En algunos casos se aventura su disponibilidad comercial entre 2015 y 2020.

La Tabla 1 compara las diferentes tecnologías a partir de sus características principales, en relación a sus potenciales de aplicabilidad y las necesidades adicionales requeridas.

## TÉCNICAS DE SEPARACIÓN DE GASES

Las técnicas más empleadas para conseguir la separación de gases en corrientes industriales, susceptibles de ser empleadas en las tres opciones tecnológicas para la captura de CO<sub>2</sub>, son referidas a continuación.

### 1. Separación mediante absorción y adsorción

La separación se consigue poniendo en contacto íntimo el gas que contiene el CO<sub>2</sub> con un líquido absorbente o con un sólido o adsorbente, capaces de capturar el CO<sub>2</sub> por mecanismos de tipo físico o por reacción química. En ambos casos se produce una transferencia neta del CO<sub>2</sub> presente en la corriente a través de la interfase gas-líquido o gas-sólido, dando lugar a los procesos de absorción física o química y de adsorción física. Las instalaciones de absorción emplean esquemas de funcionamiento regenerativos, como el que se esquematiza en la Figura 3.

En la columna de captura, el gas se pone en contacto con la fase líquida absorbente, a la que se incorpora de forma selectiva el CO<sub>2</sub> separándose de la fase gas. El sorbente cargado con CO<sub>2</sub> es conducido a una segunda columna

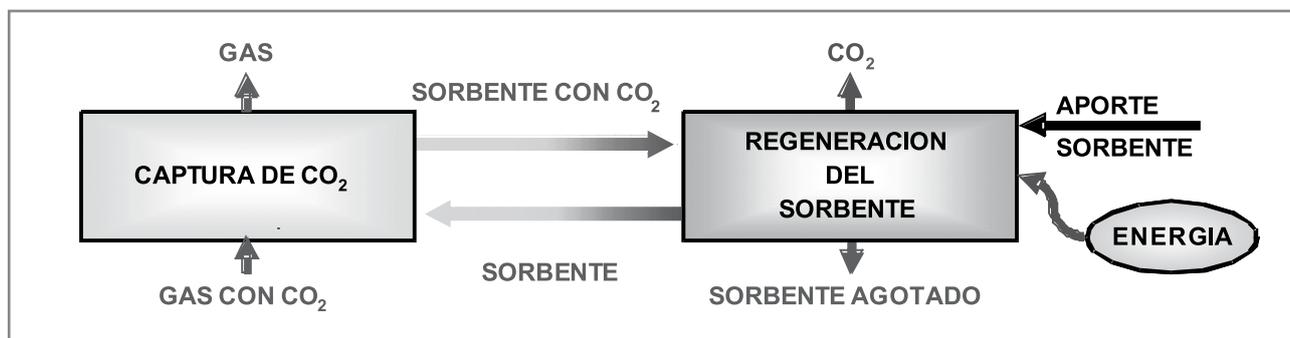


Figura 3. Esquema básico de operación de los procesos de absorción y adsorción con regeneración continua.

de regeneración, en la que, mediante un aumento brusco de temperatura o a través de una bajada de presión, se produce la liberación del  $\text{CO}_2$  previamente capturado, dando lugar a una corriente prácticamente pura de  $\text{CO}_2$ . El sorbente, tras la regeneración, se devuelve a las condiciones iniciales de presión y temperatura y se envía de nuevo a la columna de captura para iniciar un nuevo ciclo de captura-regeneración.

Cuando el agente de captura es un sólido (adsorción), normalmente no se produce un movimiento continuo del mismo entre el equipo de captura y el de regeneración, sino que el sólido se suele mantener fijo en una misma columna, haciendo pasar el gas a través de él y sometándolo a ciclos discontinuos alternativos de captura y regeneración en un proceso tipo "batch" o discontinuo. En ese caso se disponen varias columnas en paralelo para que puedan dar continuidad a la captura, de modo que siempre se encuentren activas las columnas necesarias, mientras el resto se encuentran en proceso de regeneración.

En todos los casos es necesario el aporte de sorbente fresco en proporciones adecuadas para compensar la reducción de actividad del sorbente con el tiempo y las ligeras pérdidas que se produzcan en el ciclo.

El esquema general de la Figura 3 representa el modo de funcionamiento de un buen número de sistemas de captura de  $\text{CO}_2$ , incluyendo las técnicas emergentes de "chemical looping" (transportadores metálicos de oxígeno) y las de carbonatación/descarbonatación.

El principal inconveniente de la aplicación de estos procesos, sobre todo si se aplican a la alternativa POST, radica en los enormes caudales de sorbente que hay que poner en juego para el tratamiento de las corrientes de gas de las grandes instalaciones de combustión, que pueden llegar a alcanzar más de  $2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$  en una central térmica convencional o hasta  $5 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{h}$  en una instalación de ciclo combinado de gas natural. El tamaño

de los equipos y la energía requerida para el transporte y la regeneración del sorbente son por tanto muy elevados y trasladan una importante penalización al rendimiento del proceso global.

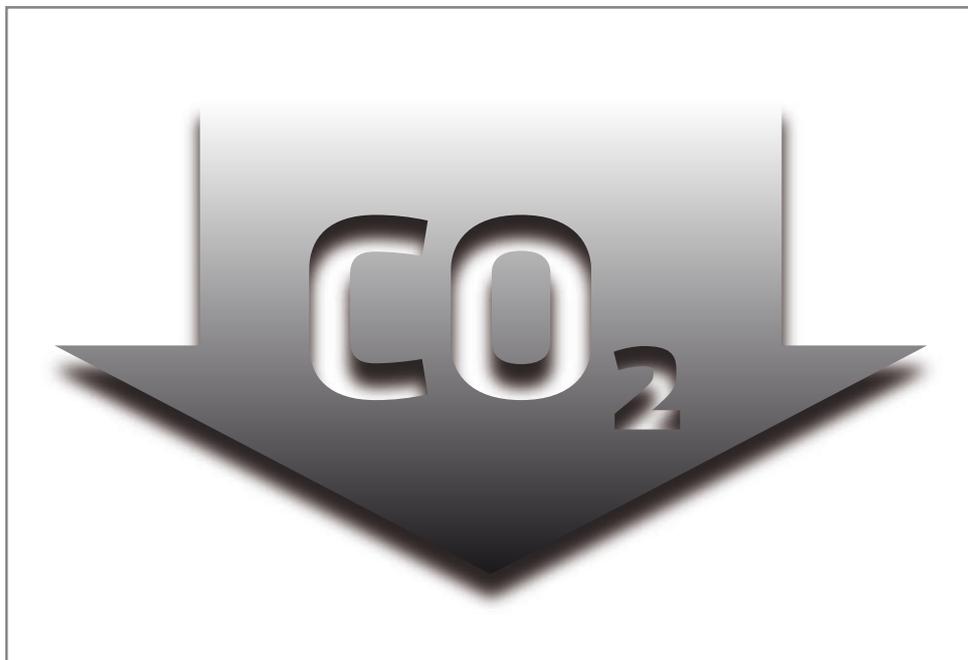
Los mayores esfuerzos en el desarrollo de este tipo de técnicas de captura se están centrando en la búsqueda de nuevos agentes sorbentes, que permitan superar los inconvenientes de los actualmente empleados, entre ellos y principalmente, la reducción de las necesidades energéticas de la regeneración. El objetivo es conseguir agentes sorbentes baratos, selectivos, con una elevada capacidad de carga específica de  $\text{CO}_2$  (kg  $\text{CO}_2$ /kg sorbente), resistentes a la degradación por reacción con componentes minoritarios del gas (principalmente  $\text{SO}_2$  y  $\text{O}_2$ ) y fáciles de regenerar.

## 2. Separación con membranas

El uso de membranas selectivas para la separación de componentes en mezclas es una de las técnicas que se encuentra actualmente ante unas excelentes perspectivas de desarrollo. Las membranas se fabrican a partir de materiales poliméricos, metálicos o cerámicos, de forma que permitan la permeación selectiva de un determinado compuesto químico a través de ellas, consiguiendo su separación de la mezcla. La separación por membranas se puede aplicar tanto a separaciones en fase gas como líquida.

La selectividad de una membrana, a la hora de aplicarla a la separación de un determinado componente de una mezcla gaseosa, está directamente relacionada con la naturaleza del material, mientras que el flujo de gas depende de la diferencia de presiones que se aplica entre ambas caras de la membrana. Así, la diferencia de presiones actúa como fuerza impulsora de la transferencia. Esto hace que la separación con membranas sea mucho más efectiva cuando se aplica a procesos que se producen a alta presión y, por tanto, resulte poco atractiva para procesos que tienen lugar a presión atmosférica.

La separación con membranas podría encontrar su aplicación dentro de las tecnologías CAC en la captura del CO<sub>2</sub> de las corrientes de postcombustión, en la separación del H<sub>2</sub> en un gas de gasificación o reformado y en la separación de O<sub>2</sub> del aire para la gasificación y la oxicomcombustión. Actualmente existen ya bastantes aplicaciones comerciales para el uso de membranas, algunas incluso a escala de grandes aplicaciones industriales, como la separación de CO<sub>2</sub> en la depuración de gas natural.



Sin embargo, todavía no se ha alcanzado el grado de desarrollo suficiente como para que puedan ser aplicadas a la captura de CO<sub>2</sub> en las condiciones de fiabilidad y bajo coste requeridas para su entrada en el mercado. Se está acometiendo un notable esfuerzo en numerosos programas internacionales de I+D para conseguir su fabricación a partir de materiales compatibles con su aplicación a gran escala en la captura de CO<sub>2</sub>.

### 3. Separación por destilación

La combinación de etapas de compresión-expansión y enfriamiento sucesivas puede conducir a licuefacción de una mezcla de gases y a la separación de sus componentes por destilación fraccionada. Esta es la técnica que se utiliza actualmente a gran escala para la separación del O<sub>2</sub> del aire, aplicable en las vías de captura de pre y oxicomcombustión.

Lo mismo que ocurre con las técnicas anteriormente descritas, la limitación principal para la aplicación de este tipo de separación se halla ligada a la escala de producción, dados los enormes caudales de O<sub>2</sub> necesarios.

La separación criogénica también podría ser una alternativa en captura de CO<sub>2</sub>. Podría aplicarse a la separación de impurezas o contaminantes por ejemplo en las corrientes de alto contenido en CO<sub>2</sub>, como las procedentes de la oxicomcombustión o para la separación de CO<sub>2</sub> en corrientes de salida de la reacción de conversión de CO a CO<sub>2</sub>, después de la gasificación de carbón o del reformado de gas natural.

## TECNOLOGÍAS DE CAPTURA EN POSTCOMBUSTIÓN

La mayor parte de las fuentes antropogénicas estacionarias de emisión de CO<sub>2</sub> se localizan en la actualidad en instalaciones de combustión, como grandes centrales térmicas, fábricas de cemento, plantas siderometalúrgicas, hornos y calderas de procesos industriales, etc. En este tipo de instalaciones a gran escala, la tecnología más económica para extraer y usar la energía química que pueden aportar los combustibles ha sido durante siglos la de la oxidación directa con aire en una cámara de combustión. Esto da idea del papel estratégico tan importante que pueden llegar a jugar las tecnologías de postcombustión para abordar el problema de la captura cuando lo enfrentamos a la realidad industrial de estas fuentes mayoritarias de emisión.

La gran ventaja de las tecnologías de captura en postcombustión es que pueden ser aplicadas a grandes instalaciones convencionales sin modificar el diseño del proceso en sí. Constituirían un elemento más en el tren de depuración de gases, en el que se separaría en último término el CO<sub>2</sub>, tras la eliminación de los contaminantes gaseosos y las partículas. Además también podrían ser aplicados para conseguir la captura de CO<sub>2</sub> en instalaciones más pequeñas, incluyendo las de combustión de biomasa.

El gran desafío para la captura en postcombustión, como se señaló con anterioridad, radica en la necesidad de adaptarla a la enorme escala de las corrientes

de gases que deben ser tratadas. Las plantas térmicas que utilizan combustibles fósiles operan a presión atmosférica. La baja presión, la presencia mayoritaria de nitrógeno introducido con el aire que actúa como comburente y el gran tamaño de las unidades de producción conduce a la aparición de unos caudales de gases efluentes de enormes proporciones, que condicionan unos tamaños de equipos y unos consumos energéticos muy elevados.

En principio, los sistemas de captura en postcombustión pueden ser aplicados a cualquier tipo de combustible. Sin embargo, la presencia y concentración de las diferentes impurezas que pueda contener el combustible condicionan de forma decisiva el diseño y el coste final de la instalación. Los gases de combustión del carbón son los más problemáticos en este sentido. No sólo contienen CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, sino también contaminantes tales como SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, partículas HCl, HF, mercurio, otros metales y otros compuestos traza de origen orgánico e inorgánico, que deben ser eliminados en una serie de equipos de depuración en postcombustión.

La mayoría de los procesos industriales de separación de CO<sub>2</sub> están basados en la absorción química. Se emplean actualmente en la industria principalmente en procesos de producción de urea, espumas y agentes contraincendio, bebidas carbonatadas y fabricación de hielo seco. Dado que el CO<sub>2</sub> capturado se usa como una "commodity"<sup>(a)</sup> comercial, el proceso de absorción, aunque caro, resulta rentable por su valor de mercado.

Los procesos de absorción química que se emplearían para la captura en postcombustión responden al esquema general de separación descrito en el apartado "Separación mediante absorción y adsorción" (Figura 3). En este caso la absorción se realizaría sobre columnas de relleno.

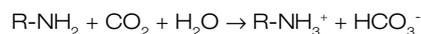
En la primera de ellas (columna de absorción) el CO<sub>2</sub> se transferiría al líquido que contienen al agente absorbente (normalmente una disolución acuosa del mismo) mediante la disolución y posterior formación de un enlace químico entre ambos. La regeneración del absorbente tendría lugar en otra columna de desorción a la que se conduciría la corriente de líquido cargado, tras pasar por una etapa de calentamiento. Allí, ante las nuevas condiciones de temperatura, del orden de 100-120°C, se libera el CO<sub>2</sub> junto con una fracción de vapor de agua procedente de la corriente de líquido.

La corriente de CO<sub>2</sub> y vapor de agua es sometida posteriormente a una operación de condensación en la que se elimina éste último, resultando una corriente final altamente concentrada en CO<sub>2</sub> (por encima del 99%), disponible para poder ser comprimida hasta las condiciones de almacenamiento. El absorbente descargado se enfría hasta 40-65°C y es enviado de nuevo a la columna de absorción para completar el ciclo.

Los tipos de absorbentes más utilizados en la industria para los procesos de absorción de CO<sub>2</sub> son las aminas y dentro de ellas, la monoetanolamina (MEA). Las aminas primarias y secundarias reaccionan con el CO<sub>2</sub> en presencia de agua siguiendo el siguiente esquema preferente, con la formación de carbamato:



Este esquema justifica una capacidad de absorción máxima de 0,5 moles de CO<sub>2</sub> por cada mol de amina, mientras que para el caso de aminas terciarias y aminas con impedimento estérico, el esquema de reacción preferente transcurre mediante la formación de bicarbonato:



Con lo que la capacidad teórica de absorción podría elevarse al doble que en el caso anterior.

Durante el proceso de absorción las reacciones transcurren en el sentido hacia la derecha, mientras que en la regeneración, con el cambio de condiciones termodinámicas, se producen las reacciones en el sentido contrario, hacia la izquierda. El principal consumo energético del proceso tiene lugar en la columna de regeneración. Si a ello se le suman los costes en la refrigeración de la corriente de disolvente de salida de la regeneradora, la impulsión en las bombas y la compresión, se obtiene un elevado *input* de energía, que repercute negativamente en el rendimiento térmico de la planta, comparado con el que presenta antes de la captura.

Partiendo de este diseño clásico de los procesos de absorción, se está investigando en busca de nuevos desarrollos que permitan reducir los costes fijos y el consumo energético de la instalación de captura, así como el tamaño de las columnas y los equipos auxiliares.

Una importante innovación tecnológica en este campo podría venir de la mano de la puesta a punto de procesos de absorción combinados con membranas. Se

(a) En el mercado de productos químicos, son productos químicos intermedios de la gran producción que sirven de base para la fabricación de productos finales.

han desarrollado membranas microporosas, fabricadas a partir de politetrafluoroetileno, cuyo uso permitiría aumentar la superficie de interfase gas líquido que se consigue actualmente en las columnas de relleno. La membrana no realiza por sí misma la función de separación, sino que hace de puente entre ambas fases, suministrando la superficie de intercambio necesaria. Sería el disolvente el que proporcionaría la selectividad para la transferencia del CO<sub>2</sub>.

El uso de este tipo de membranas aportaría las siguientes ventajas frente a las torres de relleno:

- una alta densidad de superficie de intercambio y por lo tanto una notable reducción en el tamaño de los equipos,
- gran flexibilidad en la operación con respecto a los caudales a tratar y a la selección del agente absorbente,
- evitaría los problemas típicos de los rellenos: ensuciamiento, formación de caminos preferenciales, inundación, problemas en la distribución de líquido, etc.,
- la unidad podría ser fácilmente transportable, por ejemplo si se requiriese en instalaciones "off-shore" (ubicadas en mar abierto), y
- se conseguirían unos muy significativos ahorros de peso de la instalación.

Aunque se han considerado otras alternativas viables técnicamente para su aplicación en los tratamientos de captura en postcombustión como por ejemplo la separación de CO<sub>2</sub> directamente por membranas, la

destilación criogénica y la adsorción mediante el uso de tamices moleculares, todos ellos resultan menos eficientes desde el punto de vista energético y presentan unos mayores costes de inversión.

### TECNOLOGÍAS DE CAPTURA EN PRECOMBUSTIÓN

Los procedimientos de captura aplicados antes de la combustión, tras los procesos de reformado de algún combustible gaseoso o líquido o tras la gasificación de un combustible sólido, presentan algunas ventajas diferenciales con respecto a las técnicas de postcombustión:

- el CO<sub>2</sub> aún no se encuentra diluido por el aire de combustión, y
- la corriente portadora de CO<sub>2</sub> suele estar en condiciones de elevada presión, por lo que los métodos de separación en los que la diferencia de presiones actúa como fuerza impulsora podrán operar más eficientemente.

Así, por ejemplo, los procesos de absorción tipo PSA mediante el uso de absorbentes físicos como metanol o polietilenglicol (comercialmente denominados procesos Rectisol y Selexol, respectivamente) pueden encontrar aquí un uso eficiente.

En los procesos de *gasificación de carbón integrada con ciclo combinado (GICC)* el combustible primario se gasifica para producir un gas de síntesis compuesto principalmente por CO e H<sub>2</sub>. Posteriormente este gas se combina

con vapor de agua en un reactor de desplazamiento o "shift conversion", en el que se produce CO<sub>2</sub> y más H<sub>2</sub>. A esta corriente se le aplican las técnicas de separación, capturando el CO<sub>2</sub> y dejando el H<sub>2</sub> como gas combustible. Este tratamiento tiene ventajas adicionales, como la de constituir un sistema de producción de H<sub>2</sub> que puede ser empleado para fines diferentes a la combustión en el ciclo combinado, como por ejemplo en pilas de combustible para automoción.

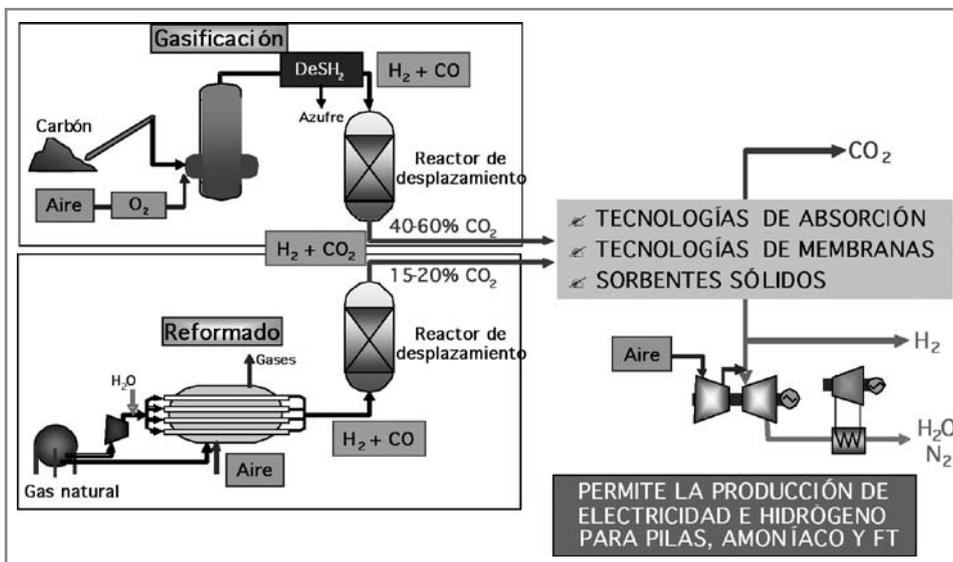


Figura 4. Esquema de proceso de las instalaciones de captura en precombustión.

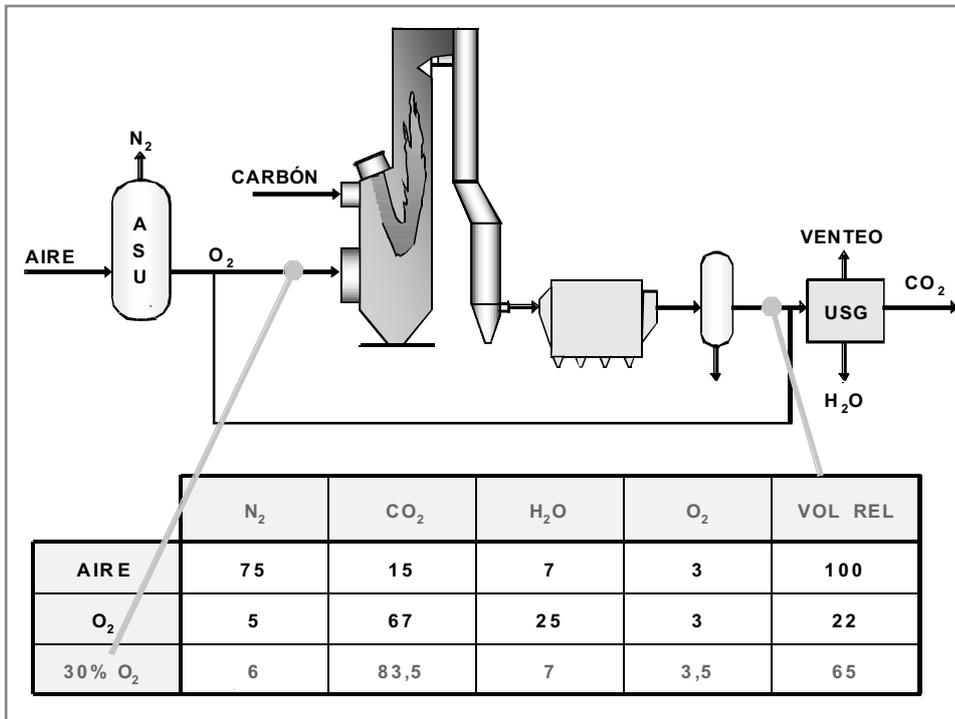


Figura 5. Esquema de proceso de una instalación de captura para oxidación de carbón pulverizado.

Una de las principales barreras que presenta la tecnología GICC para su implantación, y por tanto para la viabilidad de la captura en precombustión, es que la generación de energía eléctrica vía carbón resulta actualmente más barata en instalaciones de combustión de carbón pulverizado, a pesar de los mejores valores de rendimiento de las plantas GICC. Ello es debido principalmente a la complejidad del proceso de gasificación y a los altos índices de indisponibilidad de las plantas GICC actualmente en operación.

Los procesos de captura en precombustión podrían ser igualmente aplicados a las plantas de reformado de gas natural, en el que el combustible reacciona con vapor de agua para producir CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>. Sin embargo, en los estudios realizados hasta la fecha no queda claro si la tecnología de precombustión puede conseguir mejoras frente a la alternativa de tratamiento en postcombustión.

En la Figura 4 se recoge un esquema de las instalaciones de este tipo aplicadas a un GICC de carbón y al reformado de gas natural.

En su variante de aplicación industrial, existen también instalaciones de gasificación de carbón que no tienen como objetivo principal la generación de energía eléctrica, sino la producción de gas de síntesis y otros subproductos de la gasificación. En estas plantas, a la salida del proceso de gasificación, el CO<sub>2</sub> se separa del resto de los

componentes tales como metano, hidrógeno o una mezcla de hidrógeno y monóxido de carbono.

El gas de síntesis o el hidrógeno se utilizan como materia prima en procesos químicos, como por ejemplo en la síntesis de amoníaco. El CO<sub>2</sub> puede ser empleado como materia prima química, para la fabricación de hielo seco, para el uso con bebidas carbonatadas o para la mejora de la extracción de gas y petróleo en yacimientos parcialmente agotados ("Enhanced Oil Recovery", EOR).

Como ejemplo de esta aplicación se puede citar la planta "Great Plains Synfuel" en Dakota del Norte (USA), que gasifica 16.300 t/día de lignito produciendo 3,5 millones de m<sup>3</sup>/día de gas de síntesis y 7 millones de m<sup>3</sup>/día de CO<sub>2</sub>, de los cuáles 2,5 millones de m<sup>3</sup>/día son capturados por medio de adsorción con metanol, comprimidos y transportados a 325 km de distancia hasta el campo petrolífero de Weyburn, donde el CO<sub>2</sub> se utiliza para recuperación de petróleo según las técnicas EOR.

### TECNOLOGÍAS DE CAPTURA VÍA OXICOMBUSTIÓN

La combustión convencional de los combustibles fósiles se lleva a cabo utilizando el aire ambiente como comburente. Ello conduce a que el nitrógeno presente en el aire en una proporción del 79% en volumen, constituya también el compuesto mayoritario de los gases de salida del proceso, reduciendo con ello la concentración del CO<sub>2</sub> presente en esos gases hasta valores que pueden variar entre el 5 y el 15%. En cualquier otro proceso industrial susceptible de aplicación de las tecnologías CAC, la concentración de CO<sub>2</sub> no suele sobrepasar el 30% en volumen. Esto, como se ha mostrado con anterioridad, encarece de manera significativa la captura de CO<sub>2</sub> mediante procesos de absorción química, que son los más próximos a estar disponibles en el mercado para este tipo de aplicaciones, dados los elevadísimos caudales de gas a tratar.

GRANDES PLANTAS PILOTO INTEGRADAS						
PROYECTO	LOCALIZACIÓN	MWt		PUESTA EN MARCHA	COMBUSTIBLE	OBSERVACIONES
		CP	LFC			
VATTENFALL	ALEMANIA	30		2008	LIGNITOS	QUEMADORES 1
TOTAL	FRANCIA	30		2009	GN/HC	QUEMADORES 1 CALDERA INDUSTRIAL
CIUDEN	ESPAÑA	20	30	2010	ANT./ BIT./ COQUE	QUEMADORES 2+2
INSTALACIONES DE ENSAYO DE QUEMADORES						
B&W	E.E.U.U.	30		2007	BIT., SUB B, LIGN.	QUEMADORES 1
OXY-COAL UK	REINO UNIDO	40		2008		QUEMADORES 1
"RETROFITTINGS" DE CALDERAS EXISTENTES EN CENTRALES TÉRMICAS						
PEARL PLANT	E.E.U.U.	66		2009	BITUMINOSOS	TECNOLOGÍA JÚPITER
CALLIDE	AUSTRALIA	90		2010	BITUMINOSOS	"RETROFITTING"

Tabla 2. Principales iniciativas internacionales de I+D+d en oxcombustión.

Una forma de reducir sustancialmente el caudal de gases de combustión consistiría por tanto en prescindir del N<sub>2</sub> en la corriente de comburente, que al fin y al cabo tiene un papel de mero acompañante del O<sub>2</sub>, ya que no participa en el proceso de combustión. Se denominan procesos de oxcombustión a aquellos en los que la combustión tiene lugar cuando se alimenta como gas comburente oxígeno de alta pureza (típicamente 95% en volumen), en proporciones próximas a las estequiométricas en relación a la composición del combustible. De ello se deriva un gas de combustión que contiene fundamentalmente CO<sub>2</sub> (superior a 90-95% en base seca), vapor de agua, pequeñas cantidades de gases nobles y, en función de la composición del combustible, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y cenizas.

Para controlar la temperatura del hogar es necesario recircular una parte de los gases de salida, reintroduciéndolos en la caldera junto con el O<sub>2</sub> entrante. Se consigue con ello asegurar un flujo de gas suficiente para permitir la adecuada transferencia de calor al ciclo de agua-vapor. La recirculación puede ser húmeda (si se toma de la corriente de gases de combustión tras separación del NO<sub>x</sub> y/o las partículas) o seca (si se toma tras la condensación del agua y, según los esquemas, exenta o no de SO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub>).

La oxcombustión, asociada a la separación y compresión del CO<sub>2</sub> es una tecnología de emisiones próxima a cero, que puede ser potencialmente aplicada a instalaciones tanto existentes como nuevas. Es evidente que se requieren algunas modificaciones de las configuraciones usuales para incorporar la separación de O<sub>2</sub>, tales como la recirculación de gases, secado de gases, separación, compresión, transporte y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Esta opción, según diversos estudios de análisis de costes,

resulta más eficiente que la de combustión convencional dotada de captura en postcombustión.

En la Figura 5 se muestra el esquema de una instalación de captura vía oxcombustión aplicada a una caldera de carbón pulverizado, con la composición que presentarían los gases en caso de combustión convencional con aire, oxcombustión sin recirculación y oxcombustión con recirculación. Se puede apreciar la alta

concentración en CO<sub>2</sub> que alcanzan los gases en el caso con recirculación y la notable reducción de caudal que se consigue frente a la opción de combustión convencional (en torno al 35%).

En la actualidad no existe ninguna planta comercial que emplee técnicas de oxcombustión con el objetivo de capturar CO<sub>2</sub>. Las aplicaciones industriales de la oxcombustión se circunscriben a hornos de producción de cerámica o vidrio de pequeñas dimensiones en comparación con las plantas que nos ocupan, u otras aplicaciones semejantes cuyo fin es la consecución de muy altas temperaturas de operación.

Hasta la puesta en mercado de esta alternativa de captura queda aún por recorrer todo el proceso de desarrollo tecnológico. Actualmente se encuentran en fase de diseño o construcción una serie de plantas piloto de I+D a nivel internacional, que se recogen en la Tabla 2.

De entre todas ellas destaca la iniciativa española de la *Fundación Ciudad de la Energía*, que montará dos combustores, uno de carbón pulverizado de 20 MW<sub>t</sub> y otro de lecho fluido circulante de 30 MW<sub>t</sub>. Contará con varios tipos de quemadores y operará con diferentes tipos de carbón, incluyendo antracita autóctona de la zona del Bierzo. Incluye adicionalmente un tren de depuración de gases que cumplirá con las más estrictas exigencias de los procesos de captura en postcombustión, un tren de compresión y una planta de captura de CO<sub>2</sub> con aminas en postcombustión. Su puesta en marcha está prevista para mediados de 2010.

Como tecnologías emergentes dentro de la alternativa de oxcombustión cabe resaltar la que hace uso de los

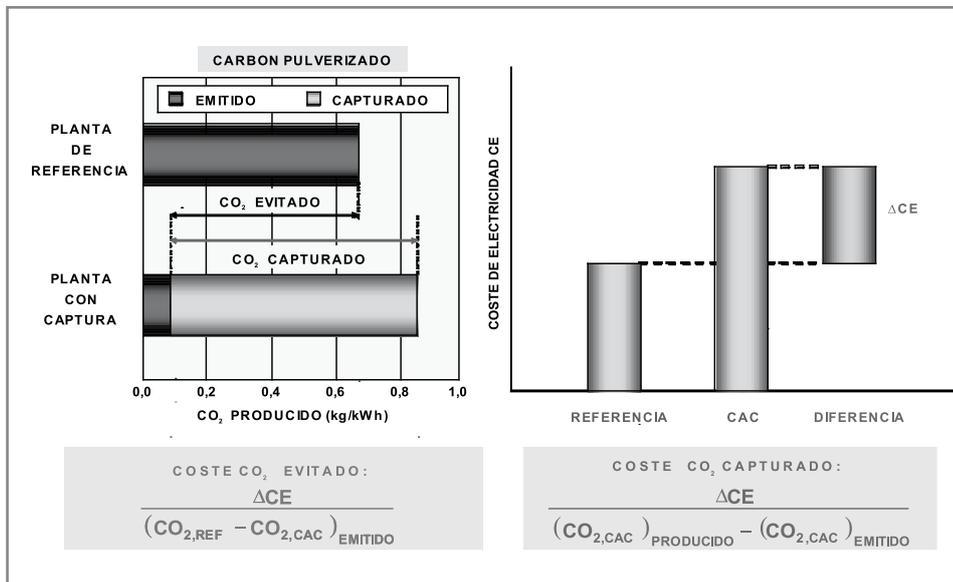


Figura 6. CO<sub>2</sub> evitado, capturado y sus costes.

## COSTES ECONÓMICOS EN LOS PROCESOS DE CAPTURA

Desde el punto de vista económico, las tres tecnologías llevan asociados unos mayores costes de inversión y de operación, comparados con los correspondientes a las plantas convencionales homólogas, con penalizaciones importantes derivadas de la compresión del CO<sub>2</sub>, la separación del oxígeno del aire para PRE y OXI y la captura de CO<sub>2</sub> en POST y PRE.

transportadores sólidos de O<sub>2</sub> o "chemical looping" y las membranas de conducción mixta.

La primera consiste básicamente en la utilización de metales que en una primera etapa se oxidan con el oxígeno del aire en un reactor que opera en lecho fluido circulante. Los óxidos así formados son trasladados a un segundo reactor de reducción, del tipo lecho fluido burbujeante, en el que ceden el O<sub>2</sub> a un combustible gaseoso, que puede ser gas natural o gases procedentes de la gasificación de carbón. El combustible se oxida, produciendo CO<sub>2</sub> y agua y el metal se reduce quedando en disposición de volver a ser introducido en el reactor de oxidación. Esta técnica presenta como ventajas:

- la captura de CO<sub>2</sub> puede llegar a ser prácticamente del 100%,
- existen numerosos potenciales portadores de O<sub>2</sub> tales como Fe, Ni, Mn, Cu, ...,
- no consume energía en la separación de O<sub>2</sub> y en la captura de CO<sub>2</sub>, y
- no produce NO<sub>x</sub>.

En cuanto a las membranas de conducción mixta es de destacar que se fabrican con materiales de tipo perovskita y que conducen el oxígeno iónico y los electrones de forma separada en un proceso con menores requerimientos energéticos que las actuales técnicas de separación de O<sub>2</sub>.

El aumento de costes, ligado principalmente a las mayores necesidades de consumo energético, se traduce en una reducción neta del rendimiento de la planta, de modo que las instalaciones de producción eléctrica precisarán una mayor cantidad de combustible para generar cada kWh de electricidad producida. Se han publicado numerosos trabajos en los que se analiza el previsible incremento en el consumo de combustible para las diferentes tipologías de plantas de combustión en combinación con las distintas alternativas de captura.

Tomando como referencia el kWh eléctrico producido en plantas que utilicen las mejores técnicas disponibles para la captura del 90% del CO<sub>2</sub> producido, se manejan cifras que oscilan entre un 24 y un 40% para nuevas plantas de carbón de ciclo supercrítico, de un 11 a un 22% para ciclos combinados de gas natural y entre un 14 y un 25% en sistemas GICC de carbón, siempre comparadas con plantas homólogas sin captura. En términos de pérdida de rendimiento de ciclo, se han cuantificado las penalizaciones citadas en valores que oscilan entre un 7 y un 10% según las alternativas.

El resultado final es que los rendimientos sobre PCI son típicamente del 33-35% en las plantas que incorporen cualquiera de las tres tecnologías.

La Figura 6 ilustra la definición de los términos CO<sub>2, evitado</sub> y CO<sub>2, capturado</sub> utilizados en la cuantificación de los costes. Los datos de costes más actualizados procedentes del informe Mc Kinsey, que ha sido elaborado a instancias de la Plataforma Europea de Cero Emisiones con fecha de Julio de 2008, cuantifican la captura en el entorno de los 30-45€/t CO<sub>2, capturado</sub>\*

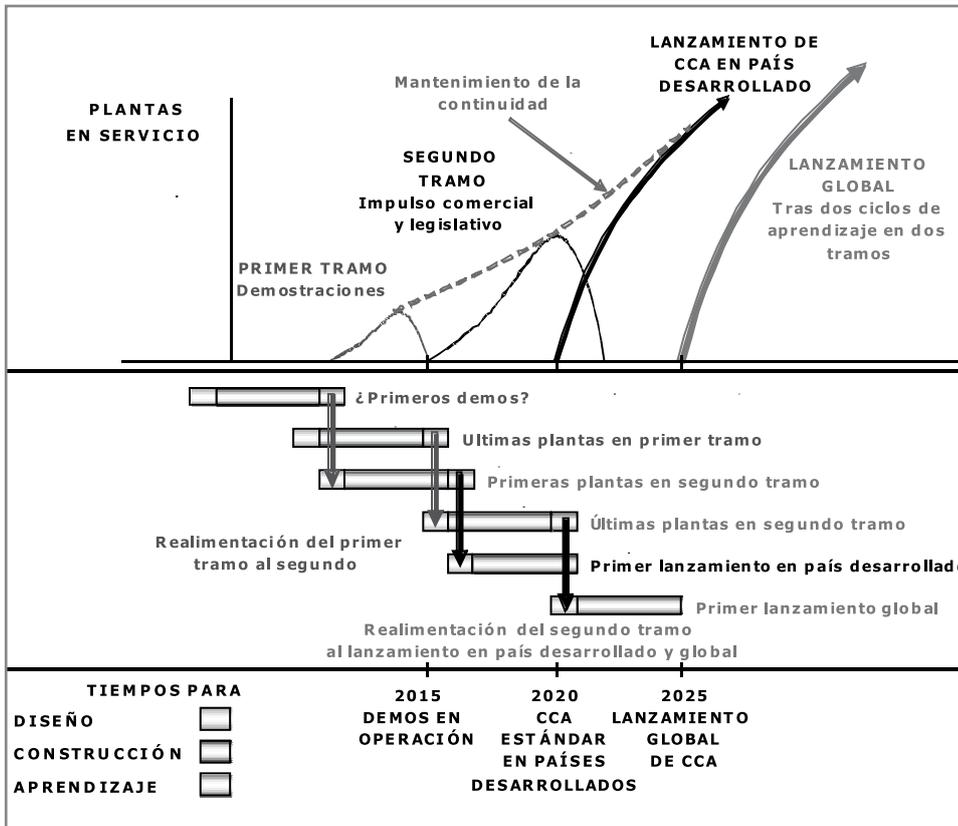


Figura 7. Esquema de desarrollo de la captura en pre y oxidación.

El aumento de las necesidades de combustible ligado a la captura conlleva asimismo un aumento en la producción de contaminantes por cada kWh generado, lo que se traduce en un encarecimiento de los procesos de control empleados para su eliminación. Se producirá un aumento del consumo unitario de NH<sub>3</sub> y caliza para el tratamiento de NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> y un incremento de la producción de cenizas volantes.

Con respecto a estas consideraciones de tipo económico cabe hacer las siguientes observaciones:

- Las tecnologías de captura deberán encontrar su mejor campo de aplicación en centrales avanzadas, con rendimientos elevados, en las que las penalizaciones son menores en términos relativos.
- Los trabajos de investigación y desarrollo deben ir dirigidos a reducir el diferencial  $CO_{2,capturado} - CO_{2,evitado}$  mediante la disminución de las penalizaciones en el rendimiento. Por ejemplo, la producción de oxígeno en PRE y OXI requiere en una unidad criogénica o VPSA convencional 200 kWh/t CO<sub>2</sub> frente a los 30 kWh/t teóricamente necesarios para comprimir el oxígeno desde una presión parcial de 0,21 a 1 atm, nivel necesario para separación por membranas.

- En la medida en que el rendimiento en los procesos de separación en POST y PRE se vea incrementado se reducirá el diferencial  $(CO_{2, CCA})_{producido} - (CO_{2, CCA})_{capturado}$  (ver Figura 6).

### ANÁLISIS DE LOS HORIZONTES TEMPORALES DE IMPLANTACIÓN

Como se indica en la Tabla 1, existe una diferencia clara entre la vía POST y las opciones PRE y OXI, que se concreta en la aplicabilidad de la primera a centrales de carbón pulverizado existentes (la inmensa mayoría del parque instalado en el mundo) y a plantas nuevas que se construyan de aquí al 2020 que deberá estar preparadas

para captura en la UE.

Se considera que el lanzamiento global de las tecnologías de CAC (con la óptica de la captura de CO<sub>2</sub> más que con la del desarrollo de la tecnología) deberá ir precedida de dos tramos de acción previos de proyectos de demostración para aprendizaje (*“learning-by-doing”*) y un lanzamiento inicial en países desarrollados. La observación inicial hace que el análisis y los calendarios sean distintos para la alternativa POST y la opción PRE/OXI.

La Figura 7 muestra indistintamente para la captura PRE y OXI los dos tramos necesarios para llevar a cabo un aprendizaje que permita la disponibilidad comercial de las tecnologías. El primer tramo, que puede ser asociado a un número relativamente pequeño de plantas de demostración, se concibe para cubrir una serie de conceptos. Se trataría fundamentalmente de escalados a partir de unidades piloto, con tamaños algo menores que las unidades comerciales.

A continuación se produce un segundo tramo, basado en el aprendizaje del primero, que incorpora mayor número de unidades de capacidad también mayor. Estas tecnologías requieren presumiblemente una central térmica completa (especialmente la OXI), por lo que los tiempos

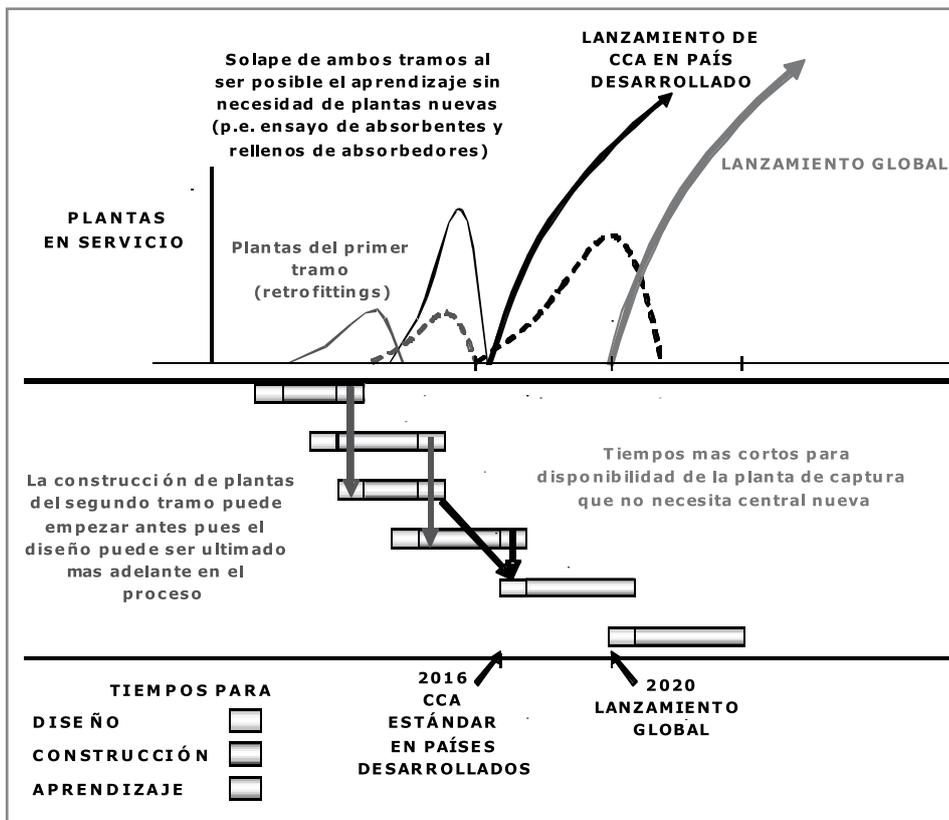


Figura 8. Esquema de desarrollo de la captura en postcombustión.

de diseño y construcción son típicamente 5 años. Con el aprendizaje acumulado es posible el lanzamiento en país desarrollado en 2020 y lanzamiento global en 2025.

La Figura 8 muestra para la captura en postcombustión la entrada en servicio relativamente temprana de un conjunto de plantas especialmente en "retrofitting" y un segundo tramo que solapa con él dadas las características de la tecnología. Tras el aprendizaje derivado de los dos tramos se podría abordar el lanzamiento de la tecnología en países desarrollados en 2016 y en 2020 de forma global. Ello supone un adelanto potencial de 4/5 años sobre las opciones PRE y OXI, lo que explicaría que el concurso abierto por el Gobierno británico para contribuir a la financiación y costes de operación de una unidad de demostración favorezca, aunque sin excluir la OXI, la opción POST.

Es conveniente poner en relación las fechas anteriores (2016 y 2020) con las exigencias derivadas de la Directiva sobre CAC recientemente aprobada por el Parlamento Europeo, para poner de manifiesto que los plazos son ya extraordinariamente ajustados. Cualquier dilación significativa comprometería gravemente los compromisos de reducción de emisiones de la Unión Europea, que necesitan inexcusablemente la

contribución de los procesos de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

## LAS TECNOLOGÍAS CAC Y SU ESTADO ACTUAL DE DESARROLLO

La industria europea está trabajando intensamente en el desarrollo de diferentes tecnologías comercialmente viables que den solución al problema de mitigación del cambio climático. Las actividades de investigación y desarrollo en tecnologías CAC tienen como objetivo inmediato la generación eléctrica y/o de calor industrial a gran escala con emisiones reducidas de CO<sub>2</sub> a partir de carbón, biomasa y otros combustibles fósiles con sistemas de mínimo coste, seguros y

sostenibles desde el punto de vista medioambiental.

El desafío en el campo de la captura de CO<sub>2</sub> se centra en la reducción de los costes de inversión, en minimizar el consumo de auxiliares, con el objetivo de obtener unos costes reducidos para la tonelada de CO<sub>2</sub> evitada y en alcanzar eficiencias de captura superiores al 90%. En cuanto al impacto sobre el rendimiento, los desarrollos buscan elevar el rendimiento de los ciclos termodinámicos, de manera que ello compense las pérdidas de energía por los procesos intrínsecos a la captura. El desafío en el campo del almacenamiento geológico es generar confianza a través de proyectos de demostración que permitan comprobar la fiabilidad a largo plazo de los tipos de almacenamiento que se están considerando.

Para facilitar el desarrollo tecnológico se están desarrollando diferentes estrategias a nivel internacional. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) crearon el ya citado Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) en 1988.

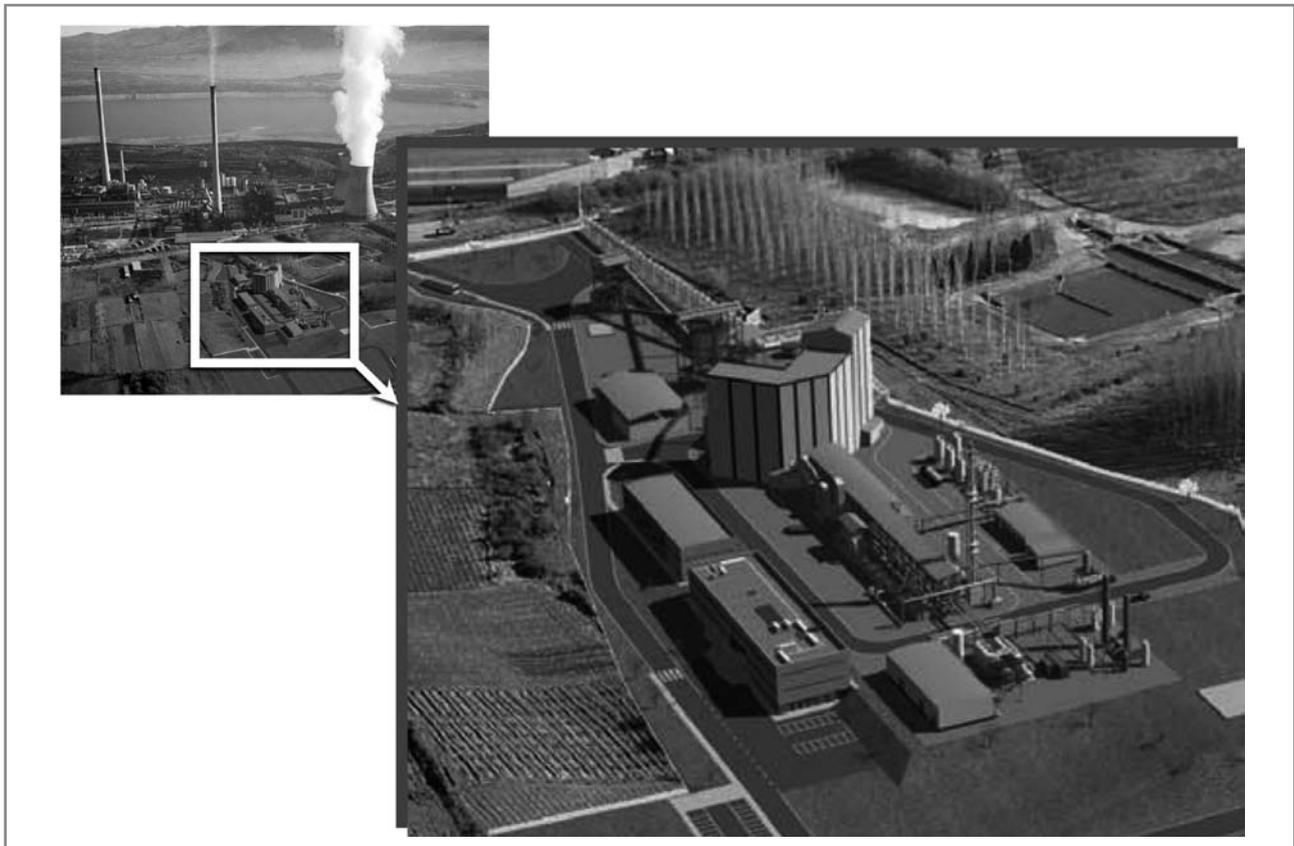


Figura 9. Plataforma de Desarrollo Tecnológico de Captura de CO<sub>2</sub> de CIUDEN.

Se trata de un grupo abierto a todos los Miembros de las Naciones Unidas y de la OMM, cuya misión consiste en analizar, de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación y atenuación del mismo.

El IPCC es un organismo científico, la información que suministra en sus diversos informes a través de sus Grupos de Trabajo está basada en evidencias científicas y refleja el posicionamiento actual de la comunidad científica mundial. En ello está basada la metodología utilizada en el análisis sobre la cartera de opciones de mitigación de cambio climático en el que se otorga prioridad absoluta a las tecnologías de Captura y Almacenamiento de CO<sub>2</sub>.

Por otra parte, la Unión Europea basa su estrategia, a partir del análisis de los efectos del cambio climático y de los costes y ventajas de una acción en este ámbito, en la aplicación de las políticas existentes, en la elaboración de nuevas medidas en coordinación con las demás políticas europeas, en el refuerzo de la investigación, de la cooperación internacional y en la sensibilización de los ciudadanos. Entre otras medidas

ha lanzado su Programa Europeo sobre el Cambio Climático (PECC).

Además, la Comisión Europea junto con diferentes organizaciones, tanto empresas privadas como ONG's y organismos de investigación, ha creado la "European Technology Platform for Zero Emission Fossil Fuel Power Plants (ETP-ZEP)" para coordinar el desarrollo e implementación de una agenda estratégica de investigación en línea con el objetivo del 7º Programa Marco de Centrales eléctricas con Emisiones Cero.

En noviembre de 2007, la Comisión Europea publicó el SET Plan, un documento de visión y estrategia sobre el uso de las diferentes fuentes de energía, cuyo principal objetivo es acelerar el desarrollo y la aplicación en Europa de tecnologías energéticas bajas en carbono para hacer frente a los retos íntimamente relacionados, relativos al cambio climático, seguridad de abastecimiento y precios competitivos de la energía. Y ello ante la constatación de la escala insuficiente del esfuerzo actual en innovación en este campo.

Entre las necesidades tecnológicas identificadas en el SET Plan se encuentra la de alcanzar la disponibilidad comercial de tecnologías de captura, transporte y alma-

cenamiento de CO<sub>2</sub> a través de unidades de demostración, que presten especial atención a la mejora de rendimientos de los sistemas globales.

En este sentido, la UE ha realizado ya una apuesta decidida para demostrar la viabilidad de centrales térmicas con capacidad de acometer captura y almacenamiento a escala industrial, incluyendo la aceptación social de la tecnología. El primer paso se ha dado a través de la convocatoria de la Dirección General de Energía y Transportes de la Comisión Europea para conceder subvenciones a una serie de proyectos de demostración de CAC, a las que pueden acceder los proyectos ya en marcha que la convocatoria incluye en una lista de preseleccionados. Estas ayudas se enmarcan en el Programa de Recuperación Económica que ha emprendido la UE en el ámbito de la energía.

Entre los proyectos seleccionados se encuentra la iniciativa española que lideran Endesa y la Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN). Se trata del único proyecto español y el único de los seleccionados que se ocupa de la tecnología de oxidación en lecho fluido circulante y abarca desde el desarrollo en planta piloto, que se llevará a cabo en la Plataforma de Desarrollo Tecnológico de Captura de CO<sub>2</sub> que CIUDEN está construyendo en Cubillos del Sil, León (Figura 9), y en la de Almacenamiento de CO<sub>2</sub> que se encuentra en fase de proyecto, hasta el diseño, construcción y puesta en marcha de una planta de demostración de 300 MWe, que incluirá la captura y el almacenamiento geológico.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, a través de la Fundación Ciudad de la Energía y Endesa han acordado constituir una sociedad que asumirá las tareas de diseño, construcción y explotación de la planta que se ubicará en la Central Térmica de Compostilla, propiedad de la compañía eléctrica. Durante los primeros 20 años de funcionamiento de la central, la planta dejará de emitir más de 18 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> que serán almacenadas en un yacimiento geológico profundo seguro, siguiendo la normativa de la Unión Europea publicada el pasado 5 de junio y que está en fase de trasposición a la legislación española.

## BIBLIOGRAFÍA

1. IPCC "Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage". Intergovernmental Panel on Climate Change, 2005.
2. "Reducing Greenhouse Gas Emissions. The Potential of Coal". Coal Industry Advisory Board. International Energy Agency. 2005.
3. "World Energy Outlook 2007". International Energy Agency. 2007.
4. "Near-Term Opportunities for Carbon Dioxide Capture and Storage". Global Assessment Workshop. In Support of the G8 Plan of Action. CSLF/IEA 2007.
5. Wall, T. F. "Combustion processes for carbon capture". Proceedings at the Combustion Institute 31 (2007) 31-47.
6. ZEP. "Final Report from WG1, Power Plant and Carbon Dioxide Capture". Oct 2006.
7. "Carbon Capture & Storage: Assessing the Economics". Mc Kinsey & Company. Septiembre 2008.
8. Kavouridis, K. Koukouzas, N. "Coal and Sustainable energy supply challenges and barriers". Energy Policy (2008), 36 ,2 , 693-703.
9. Commission of the European Communities. "Technology Map". Accompanying document to the Communication from the Commission (...) A European Strategic Energy Technology Plan. SEC (2007) 1510, 22.1.2007.
10. "The future of Coal". Massachusetts Institute of Technology (MIT), 2007.
11. Bohm, M.C., et al. "Capture-ready coal plants. Options, Technologies and Economics". Int. J. Greenhouse Gas Control I (2007) 113-120.
12. UNESA. "Prospectiva de Generación Eléctrica 2030". Disponible en <<http://www.unesa.es>>.
13. ZEP. "Recommendations for RTD, support Actions and International Collaboration Activities within FP7 energy Work Programmes and National RTD Programmes". 4th Draft. ZEP TF on Technology 10th Enero. 2008.
14. Gibbins, J., Chalmers, H. "Preparing for global rollout: A 'developed country first' demonstration programme for rapid CCS deployment". Energy Policy (2008), 36, 2, 501-507.
15. "A program to Accelerate the Deployment of CO<sub>2</sub> Capture and Storage (CCS): Rationale, Objectives and Costs". Kuusca, V.A.. Pew Center on Global Climate Change, Diciembre 2007. 



## Medallas de honor de la carretera

Discurso pronunciado en la ceremonia de entrega de Medallas celebrada el 10 de junio 2009

Luis LAORDEN JIMÉNEZ

Dr. Ingeniero de caminos, Canales y Puertos  
Vicepresidente de la Asociación Española de la Carretera

**U**n año más la Asociación Española de la Carretera cumple con su tradición de otorgar medallas y distinciones a personas o instituciones que han destacado por su esfuerzo en la labor colectiva de la Carretera, y también, como todos los años, se pide o se designa a uno de los galardonados para que pronuncie unas palabras en nombre de todos los que reciben esas medallas y distinciones. Este año me ha correspondido a mí decir esas palabras, sin que tenga ningún merecimiento especial respecto a los compañeros que homenajeamos hoy; estoy obligado, por tanto, a empezar dando las gracias a la Asociación Española de la Carretera por esta designación, en nombre del Sector de la Ingeniería Consultora al que pertenezco, y en mi nombre propio, y debo decir lo que yo siento y cuáles son mis pensamientos en estos momentos, haciéndome portavoz de mis compañeros "medallados", cuyos sentimientos son coincidentes con los míos.

En primer lugar, cuando te dan una distinción como ésta de la Asociación Española de la Carretera sientes alegría y agradecimiento. Sientes también un poco de vanidad, no se puede evitar, por pensar que si otros te distinguen será porque te lo mereces y porque debes ser muy listo o muy bueno en tu trabajo y en tu actividad profesional. La vanidad desaparece pronto cuando razones y te das cuenta de que a tu alrededor hay muchas personas mejores que tú y que merecen más la distinción que a ti te dan.

Dos de las personas distinguidas ya no están con nosotros, una de ellas por haber fallecido cumpliendo labor humanitaria de atención a personas accidentadas. La medalla se les ha concedido en su memoria y los familiares que están hoy aquí pueden tener la seguridad del recuerdo, el respeto y cariño de todos los que les conocieron.

Lo que viene después de las primeras sensaciones o de los primeros razonamientos es la pregunta fundamental. Estas distinciones nos las dan por el trabajo que realizamos, pero

¿qué significado tiene para cada uno de nosotros el trabajo? ¿Por qué y para qué trabajamos?

Casi todos los que recibimos hoy la medalla de la Asociación Española de la Carretera llevamos muchos años trabajando y algunos tienen o tenemos cerca la edad de jubilación. Para los jóvenes eso es un buen estímulo y para los mayores esta medalla nos ayudará a hacer con alegría el camino que nos queda por el reconocimiento que se ha dado a nuestra vida anterior dedicada al trabajo, y eso nos ayudará a continuar con más entusiasmo.

Porque es cierto que la primera razón por la que todas las personas trabajan -afortunadas las que lo pueden hacer en los momentos difíciles, acordémonos de los que quieren trabajar pero no encuentran empleo-, es porque con ello se consigue cubrir las necesidades materiales de cada uno y de las personas a su cargo. Pero hay otra razón individual y fundamental, que es que nos gusta hacer bien lo que hacemos y nos sentimos obligados a participar en el progreso de la Sociedad en la que vivimos y en la transformación del mundo, que queremos sea cada vez mejor para todos. Con nuestro trabajo nos gustaría dar ejemplo y nos sentimos cómodos cuando estamos con personas que piensan y actúan de la misma manera.

El homenaje al trabajo debe ser para todos, pero creo que es de justicia señalar especialmente a las personas que ocupan puestos en la Administración, cuyo trabajo desinteresado no es suficientemente reconocido a menudo por la Sociedad ni por la propia Administración y también se debe colocar en un puesto distinguido a aquellos que están al servicio más directo de los usuarios, se preocupan de su seguridad y son los encargados de atender a los ciudadanos que necesitan ayuda en situaciones especiales o de accidentes. Me refiero a los agentes de la Agrupación de Tráfico del Benemérito Cuerpo de la Guardia Civil, de los que algunos han sido galardonados hoy, igual que se hace todos los años.

El trabajo que tenemos entre manos los que aquí estamos, que es todo lo relacionado con la carretera, es importante para ese progreso de la Sociedad y me atrevería a decir

que en momentos de crisis económica lo es más. Desde las épocas históricas más antiguas, el progreso social ha venido por la relación de los pueblos, que utilizaban caminos y medios de transporte. En nuestra civilización disponer de buenas carreteras y autovías o autopistas y de buenos medios de transporte individual es sinónimo de libertad y de igualdad de oportunidades, además de las facilidades que proporciona el transporte colectivo. Pensamos en carreteras y medios de transporte no sólo para participar en los procesos de producción, que son los que en definitiva proporcionan bienestar económico, también pensamos en estos elementos para todas las incidencias de la vida normal, desde llevar a los niños al colegio o para recibir la visita del médico o ir al hospital en un medio rural hasta para disfrutar del tiempo libre, para relacionarnos con amigos o para acceder a la naturaleza. Es cierto que en nuestro país esta libertad e igualdad de oportunidades relacionada con la carretera hace tiempo que se ha conseguido en las necesidades fundamentales y en algunos aspectos por encima de la media de los países más avanzados económicamente de nuestro entorno; pero quedan cosas por hacer.

Todos los medios de transporte son necesarios en el objetivo social y solidario que nos proponemos y de todos ellos es al de la carretera al que se debe o se debería prestar más atención, especialmente en momentos de dificultades económicas, porque es el que produce efectos más inmediatos, con obras más rápidas y de plazos totales de puesta en servicio más breves, con menos inversión en proporción al número de usuarios, con modalidades de financiación que permiten que no cuesten nada a los contribuyentes y sólo a los que la usan, sin ignorar en este juicio el papel del ferrocarril de alta velocidad y del avión en trayectos de larga o media distancia entre polos de población concentrada y sin olvidar tampoco, en el caso de las áreas metropolitanas, las redes ferroviarias de cercanías y de metro, que prestan un servicio social extraordinario.

Al objetivo social que se ha indicado es al que dedica su esfuerzo la Asociación Española de la Carretera. Todos conocemos lo que es y lo que hace nuestra Asociación Española de la Carretera, y por eso estamos aquí hoy, pero no está de más resaltar la singularidad del buen hacer y del buen entendimiento entre los Sectores diferentes que están en la Asociación Española de la Carretera. Las Memorias anuales exponen la intensa actividad desarrollada por la Asociación Española de la Carretera en formación y divulgación de tecnologías, en congresos y seminarios nacionales y extranjeros, en su revista "Carreteras" y en su boletín de información "InfoAEC" difundido por internet, en publicaciones diversas, en cursos sobre tecnologías, en campañas de seguridad vial, en información y formación de opiniones que orientan a los gobernantes y políticos, en temas culturales de la Historia del transporte, en temas de medio ambiente y de ahorro energético, y en muchísimas más actividades en nuestro país y de representación en organismos europeos y de intercambio con

otros países con los que mantenemos relaciones continuas, como son los de Iberoamérica, en todos los ámbitos relacionados con la carretera.

En España tenemos muchas asociaciones sectoriales o de grupos de empresas y también de profesionales individuales que tienen cada una objetivos particulares y defienden sus intereses parciales. Hay asociaciones de grandes o medianos constructores, de fabricantes de determinados productos de la construcción, de ingenierías, de transportistas, de instaladores de sistemas electrónicos, de fabricantes de automóviles o de camiones y autobuses, de intereses financieros, de concesionarias, etc. La Asociación Española de la Carretera es probablemente un caso único que engloba en su seno a todas esas asociaciones sectoriales relacionadas con los diferentes aspectos de la Carretera y desarrolla sus actividades en el beneficio común, incluyendo a la Administración Pública y a los usuarios. Están en la Asociación Española de la Carretera los dos Ministerios de la Administración Central con mayor inversión en Carreteras en nuestro país, el Ministerio de Fomento con la Dirección General de Carreteras y el Ministerio del Interior con la Dirección General de Tráfico, todas las Administraciones Autonómicas, las Administraciones provinciales de 37 provincias, los Ayuntamientos de Madrid y Barcelona y otras capitales de provincia, las principales Escuelas Universitarias y Colegios profesionales de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos y de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas y los Centros de Investigación de mayor prestigio, Cámaras de Comercio, 30 empresas constructoras, entre ellas todas las grandes y medianas, 36 empresas de ingeniería, 39 explotadoras de autopistas de peaje y concesionarias de infraestructuras, 17 empresas de reguladores de tráfico y de sistemas inteligentes de transporte, 24 empresas de señalización, 17 empresas del petróleo y sus derivados y de asfaltos y productos químicos y aditivos, empresas fabricantes de automóviles, 3 empresas de maquinaria de Obras Públicas y de suelos y pavimentos, fabricantes de neumáticos, 3 compañías de seguros, 3 instituciones relacionadas con la seguridad vial, y todas las asociaciones sectoriales del ámbito viario (20 de estas Asociaciones Sectoriales con más de seiscientos miembros forman parte de la Asociación Española de la Carretera) y numerosos asociados individuales profesionales de prestigio.

La Asociación Española de la Carretera cuenta con un equipo humano entusiasta y competente que realiza un trabajo eficaz y se ocupa del servicio común a los miembros de la Asociación y a la Sociedad en general.

Por todo lo expuesto, la Asociación Española de la Carretera es importante y las distinciones que concede también lo son.

Personalmente y en nombre de los compañeros que también han recibido medallas, debo decir a la Asociación Española de la Carretera:

Muchas Gracias 



## La confianza del consumidor y la seguridad vial, o la breve historia del que conducía como vivía

.....  
Aniceto Zaragoza Ramírez

Profesor Titular de la E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos  
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Elena de la Peña González

Subdirectora General Técnica  
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA  
.....

**L**os espectaculares resultados en materia de seguridad vial cosechados durante los últimos meses en nuestro país, se han explicado a través de las más diversas razones. Para algunos, las leyes de tráfico con su renacida dureza, para otros las campañas publicitarias, o los efectos de largo plazo del carné por puntos, o quizás las nuevas implantaciones de radares, o tal vez la disminución de los tráficos, o una inexplicable conversión sociológica e incluso el precio de los carburantes, son motivos sólidos de este cambio tanto tiempo esperado. El objetivo de esta tribuna es aumentar más aún el elenco de razones explicativas, usando eso sí la teoría de Occan, por la cual la razón más sencilla es también la más probable.

Durante mucho tiempo, nuestra sociedad –y nuestros profesionales– se han negado a ver los fenómenos del tráfico –y sus consecuencias– como una vertiente más de la vida social. Se conduce y se muere como se vive, y se vive y muere como se conduce. El tráfico no es un fenómeno abstracto que surge en un mundo virtual, sino que es la expresión de una necesidad social, realizada con unos determinados valores colectivos y en un determinado contexto. Muchas veces hemos afirmado que la mayor o menor socialización del tráfico, –la aceptación de normas sociales en esta actividad–, explica la mayor parte de las diferencias en materia de seguridad vial entre países. Pero además de los valores, debemos

tener en cuenta nuestra predisposición al enfrentarnos a ellos. Cuando una sociedad está eufórica tenemos una tendencia natural a infravalorar los riesgos, y desgraciadamente los riesgos seguirán ahí para recordarnos nuestras debilidades. Será más difícil de convencer a este sujeto eufórico que a otro más equilibrado de que es una locura correr riesgos innecesarios.

Todo cambia cuando la situación social se pone de nuestro lado. Cuando entramos en el pesimismo social, nuestra capacidad para asumir riesgos se hunde. Ya no estamos seguros de poder pagar la hipoteca del piso, nuestro trabajo de “toda la vida” parece un barco de papel, el aperitivo nos parece un gasto disparatado y la velocidad de siempre una conducta de insensatos. Todo es lo mismo, conducir es solo una actividad más de nuestra vida, si bien cierto que mucho más peligrosa.

Tenemos ya elementos sobrados para saber lo que ha pasado: estamos cargados de pesimismo. Algunos dirán que cómo se puede medir el “pesimismo específico” de la conducción, ese tipo de “colesterol bueno” que salva vidas; muchas vidas. De momento, no tenemos una herramienta concreta –aunque animamos a algún doctorando a sumergirse en este campo–, pero afortunadamente existe el Índice de Confianza del Consumidor, publicado por el Instituto de Crédito Oficial (ICO). No es que sea una herramienta específica pero, desde luego, es un termómetro del ambiente social.

Hemos realizado un muy somero análisis estadístico de la evolución del indicador y los cambios de tendencia de la accidentalidad, considerando que sobre las tendencias de fondo se superponen fenómenos o acontecimientos extraordinarios. Si eliminamos el efecto de las medidas adoptadas en los últimos meses, comprobamos que los cambios de tendencia están íntimamente asociados al proceso de hundimiento de la confianza del consumidor publicado por el ICO con carácter trimestral; este índice está constituido por un indicador de expectativas y un indicador de situación actual, que es el que se ha considerado en este análisis. En el siguiente gráfico pueden observarse las tendencias de los últimos años en cuanto a evolución de la mortalidad trimestral en carretera y el indicador de situación actual de confianza del consumidor; en abscisas figuran los trimestres de los años considerados, comenzando en el último de 2004, mientras que en ordenadas figura el cociente entre el indicador de mortalidad (se ha considerado el promedio trimestral de la media móvil de la mortalidad en carretera en base 100, con origen en el último trimestre de 2004) y el mencionado índice de confianza.

La línea más clara muestra la relación entre la mortalidad y el índice de confianza de situación actual antes del carné por puntos, en la que puede observarse una clara relación ( $R^2=0.91$ ). Por su parte, la línea más oscura muestra esa relación en el periodo posterior al carnet por puntos; si bien la tendencia no presenta valores de regresión tan elevados, son ciertamente altos ( $R^2=0.747$ ).

Esta asociación propuesta entre percepción social y seguridad vial debería tener un corolario indeseado que aventurara que cuando la percepción económica gire, la curva de accidentalidad registrará un punto de inflexión (no es obligatorio que la accidentalidad crezca,

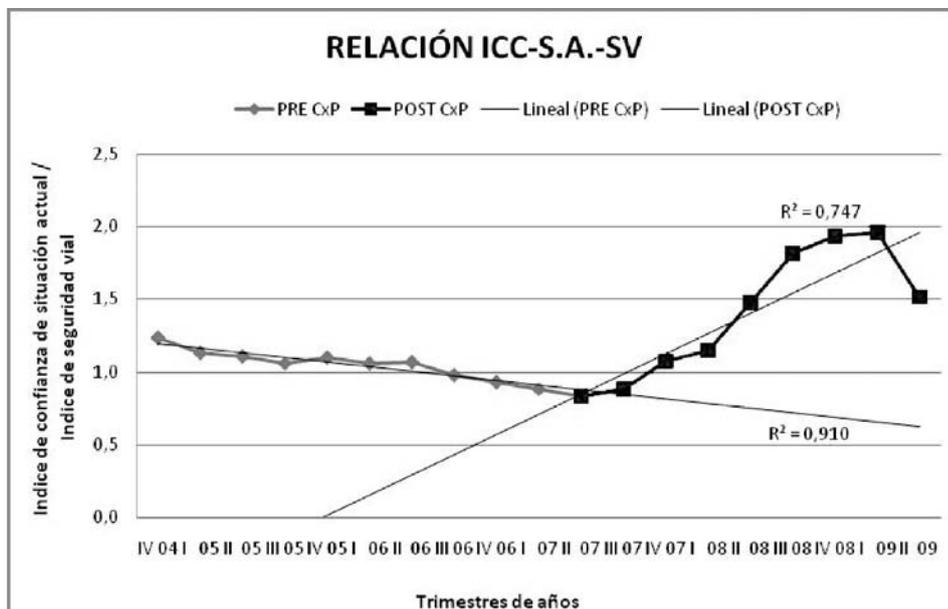
pero es más que probable que modifique su ritmo de descenso).

Esta tesis explicativa no desea anular muchas de las otras apuntadas, aunque sí pueden ser objeto de matización: el precio de los combustibles o la crisis tiene un impacto sobre el tráfico muy pequeño –en la segunda mitad del siglo XX solo hubo un año de decrecimiento absoluto de tráfico y fue en 1989, registrándose una tasa negativa de tan solo un 1 %- y en el mejor de los casos de un orden de magnitud diferente al decrecimiento de la accidentalidad; además el precio del combustible ha significado sobre nuestra renta disponible valores muy superiores al actual en décadas pasadas, donde no dejaba de crecer el tráfico. Los radares tienen un efecto apreciable, pero solo alcanzan a una parte muy pequeña de la red, y el descenso de la accidentalidad ha sido absolutamente general en todos los entornos; las reconversiones sociológicas difícilmente se producen con tanta facilidad cuando hemos luchado todos durante décadas para que se produzcan con todo tipo de armas, incluidas las publicitarias; y, por último, el nada despreciable efecto del carné por puntos, sumado a los cambios en el número de sanciones (según los datos de la Dirección General de Tráfico, el número de denuncias aumentó entre 2000 y 2008 del 111%; sólo entre 2007 y 2008, el aumento fue del 34%; estos incrementos hacen intuir una elevada implicación en la seguridad vial). La consideración de estos efectos en el periodo de estudio seguramente nos permitiría realizar un análisis más exhaustivo de esta teoría que aquí se apunta.

No nos gustaría cerrar esta reflexión sin hablar de infraestructuras. No quisiéramos transmitir un mensaje determinista que nos hiciera pensar que el trabajo por conseguir unas mejores infraestructuras no tiene un efecto directo en nuestro nivel de seguridad o inseguridad vial. Nada

más alejado de la realidad. Nuestras infraestructuras y vehículos determinan el nivel de base de nuestra seguridad junto con la visión social. La diferencia es que esta última se puede ver influida por los ambientes externos de euforia o depresión cambiando los resultados a una enorme velocidad. Las infraestructuras viarias exigen una labor paciente para convertirse en motores de cambios cualitativos.

Mientras tanto, los conductores seguiremos viviendo tristes en lugar de morir alegres. Es hora de vivir. 



## Nace la Plataforma Tecnológica de la Carretera bajo la presidencia de la AEC

El pasado 5 de octubre quedó formalmente constituida la Plataforma Tecnológica de la Carretera, una iniciativa con vocación de llegar a ser un foro de encuentro de referencia para todos los agentes del sector de las infraestructuras viarias implicados en el desarrollo científico y tecnológico de las mismas.



precisamente en la necesidad de un intercambio fluido de información y experiencias –a escala nacional e internacional- entre los agentes privados y públicos. Por tanto, éste será el gran eje de actuación de la nueva Plataforma a través del cual hacer frente a los grandes retos que el sector viario tiene en este momento: la seguridad vial, el impacto ambiental y la financiación.

La Asociación Española de la Carretera (AEC), junto con la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX), la Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA), la Asociación Nacional de Empresas de Ingeniería (TECNIBERIA), Consultoría y Servicios Tecnológicos y la Fundación Cidaut, promueve el proyecto.

Las entidades participantes han decidido unirse ante la evidencia de que el sector español de la carretera, a pesar de disponer de una de las tecnologías más avanzadas del mundo, no explota al máximo su potencial en esta materia.

Uno de los factores que contribuyen a esta falta de optimización de la capacidad tecnológica existente radica

Durante los dos primeros años de vida de la Plataforma Tecnológica de la Carretera, Jacobo Díaz Pineda, Director General de la AEC, asumirá su presidencia. 

Objetivos específicos
Generar una visión estratégica de las actividades tecnológicas relacionadas con las infraestructuras viarias.
Estimular la cooperación interempresarial, optimizando las inversiones en I+D+i realizadas.
Definir prioridades de I+D+i en el área, en cooperación con organismos nacionales e internacionales.
Contribuir al empleo y a la competitividad de un sector que no es percibido como un "verdadero" sector industrial por los agentes económicos y sociales.
Contribuir a los objetivos de la Unión Europea de reducción de los fallecimientos en sus carreteras.

## MIMAR, excelencia en medio ambiente, según la IRF

El Mapa de Interpretación del Medio Ambiente a través de la Red de Carreteras Españolas, (MIMAR), un proyecto creado y desarrollado por la Asociación Española de la Carretera (AEC) en colaboración con FUNDACIÓN MAPFRE, es una de las iniciativas estrella en un libro que la Federación Internacional de Carreteras (IRF) acaba de publicar.

El volumen, que lleva por título "Innovative Practices for Greener Roads", recoge una serie de proyectos, productos y prácticas que ilustran la excelencia en el compromiso medioambiental de los socios de la IRF en todo el mundo.

MIMAR ocupa un lugar privilegiado, ya que, mediante la valoración de la biodiversidad circundante al conductor o usuario de las carreteras españolas, aboga por la conservación del medio ambiente. En este sentido, evalúa desde varios puntos de vista el valor paisajístico, el patrimonio histórico-artístico, los espacios naturales

más castigados por los incendios y la existencia de especies animales amenazadas por atropello.



Así, es posible consultar información variada de todos los espacios naturales protegidos por los que discurren carreteras -en la actualidad son 500 y ocupan el 6% de la superficie total del país. Esta información va desde la descripción de la fauna y la vegetación, pasando por el número de carreteras que discurren por ellos, hasta el grado de interés paisajístico y medioambiental de cada una de las áreas analizadas.

El libro de la IRF incluye otras iniciativas que abarcan desde nuevos sistemas de señalización y reciclaje de pavimentos, hasta sistemas de protección para la vida salvaje. 

## El Banco Interamericano de Desarrollo, a punto de culminar su plan de seguridad vial asesorado por la AEC

**T**ras casi un año de intenso trabajo, está a punto de publicarse el Plan de Acción en seguridad vial para América Latina y Caribe que el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) está elaborando con el asesoramiento técnico de la Asociación Española de la Carretera (AEC).

El proyecto, iniciado en noviembre de 2008, establece las bases para fomentar las actuaciones en seguridad vial de esta entidad multilateral en los próximos años. En este contexto, la Asociación Española de la Carretera ha elaborado un ambicioso diagnóstico del estado de la seguridad vial en la región, que ha servido como base para el establecimiento del Plan de Acción del BID en esta materia.

La AEC también ha colaborado en la realización de la Guía BID de apoyo a proyectos de seguridad vial. Se trata de un documento, del que se están ultimando los detalles, que servirá de referencia al propio Banco y a los gobiernos de los países involucrados para plantear proyectos dirigidos a disminuir la accidentalidad en las carreteras. En sus páginas se definirán las áreas de trabajo y las herramientas más apropiadas para identificar

las acciones que lleven a este fin, así como soluciones a problemas específicos que puedan darse en los diferentes aspectos que intervienen en la seguridad vial.



Por otro lado, la Asociación Española de la Carretera está asesorando al Banco Interamericano de Desarrollo en iniciativas de seguridad vial que se están llevando a cabo en algunos países de esta área geográfica a través de varias evaluaciones piloto.

América Latina, con una media de 16 fallecidos por cada 100.000 personas al año, tiene una de las tasas más altas del mundo en cuanto a mortalidad por accidentes de tráfico. Algunas entidades elevan, incluso, ese índice a cifras muy superiores. A pesar de la magnitud del problema y de las iniciativas que se han puesto en marcha en los últimos años en el campo de la seguridad vial, en algunas regiones de América Latina y Caribe se detecta una carencia significativa de organización y conocimientos sobre las herramientas y las estrategias que en otros países están contribuyendo a mejorar esta situación. La Iniciativa de Seguridad Vial que ha puesto en marcha el Banco Interamericano de Desarrollo puede marcar un punto de inflexión en la realidad vial de estos países.

También es cierto que ya existen indicios de que algo está cambiando en la región: cada vez son más los estados que constituyen Agencias de Seguridad Vial, elaboran planes para disminuir la siniestralidad en carretera, crean mecanismos para garantizar la financiación de las iniciativas (como fondos específicos), generalizan campañas de concienciación, etcétera. Por ello, en los próximos años, el Banco Interamericano de Desarrollo jugará un papel clave en la evolución de la accidentalidad como aliado estratégico en la implantación de proyectos dirigidos a reducir el número y la gravedad de los accidentes. Proyectos desarrollados desde cuatro perspectivas: las infraestructuras, el factor humano, el vehículo y el marco legal -regulatorio y de control. 



*El Plan de Acción en seguridad vial del BID jugará un papel clave en la evolución de la accidentalidad en América Latina y Caribe.*

Juntos por una misma vía



 **PANASFALTO**

 **RUS**

 **EIFFAGE**  
INFRAESTRUCTURAS

 **GRAVERA  
DEL JARAMA**

 **TRIALSA**

**PANASFALTO, RUS, GRAVERA DEL JARAMA Y TRIALSA**, empresas históricas del sector de las obras públicas y construcción, unen sus fuerzas para crear **EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS**. Aportando toda su profesionalidad, experiencia, equipo humano, efectivos, potencial industrial y proximidad al cliente en este nuevo proyecto.

EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS cuenta con participaciones en otras empresas del sector como son: ASFALTOS DE MADRID, ARITEC, SGASA, MEBISA, MASFALT, CRR, EXPLOTACIÓN AGROGANADERA DEL JARAMA Y GRUPO LOS SERRANOS, que le permiten ampliar y completar sus servicios

EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS  
DIRECCIÓN GENERAL

Pol.Ind. Vicálvaro, C/ Mir s/n . 28052 MADRID  
Tel.: 0034-917 765 521 Fax.: 0034-917 765 178  
madrid@infraestructuras.eiffage.es

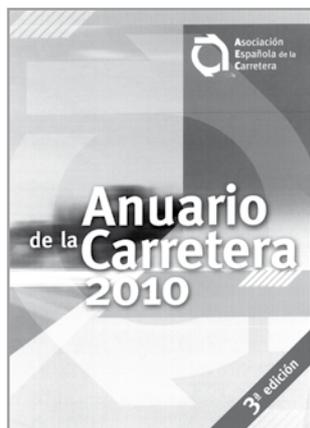
[www.eiffage.es](http://www.eiffage.es)

[www.infraestructuras.eiffage.es](http://www.infraestructuras.eiffage.es)

## Más reportajes y datos del sector en el Anuario de la Carretera 2010

**A**penas unos meses después de publicarse su segunda edición, el Anuario de la Carretera vuelve a ponerse en marcha con la vista puesta en el año 2010. La publicación elaborada por la Asociación Española de la Carretera (AEC), con la colaboración del Grupo Tecnipublicaciones, tiene previsto ver la luz en el último trimestre del próximo año.

Fiel a su carácter innovador, el Anuario de la Carretera 2010 incluirá destacadas novedades, tanto en sus contenidos como en los procedimientos de actualización y consulta. En lo que a contenidos se refiere, la nueva edición contará con una nueva sección de reportajes sobre las grandes actuaciones en materia de gestión de tráfico, especialmente aquéllas que apuesten por las nuevas tecnologías. También se van a incluir los resúmenes ejecutivos de los planes de carreteras del Ministerio de Fomento y las comunidades



autónomas, prestando atención a las actuaciones más destacadas previstas en ellos.

Por otra parte, en cuanto a los procedimientos de actualización de datos del Anuario de la Carretera 2010, se emplearán formularios on line que podrán cumplimentarse a través de la web de la AEC ([www.aecarretera.com](http://www.aecarretera.com)). Además, la sección "Quién es Quién en las Administraciones Públicas" también dispondrá de una versión electrónica para garantizar una consulta ágil y precisa.

El Anuario de la Carretera incluirá en sus páginas información sectorial actualizada, con datos económicos y análisis de todos los ámbitos que componen el mundo viario, sin olvidar una completa oferta informativa sobre las empresas y organismos públicos y privados del sector.

## EGNOS, una realidad al alcance de Europa

**E**GNOS ya es una realidad. El pasado 1 de octubre el Sistema Europeo de Navegación por Complemento Geoestacionario (EGNOS) –la primera contribución del Viejo Continente a la navegación por satélite– se puso finalmente en marcha, y lo hace con un servicio abierto disponible gratuitamente para las empresas y los ciudadanos europeos.



EGNOS compite con el sistema GPS, ya que mejora la exactitud de las señales que envía. Así, mientras que el sistema norteamericano, de referencia mundial en la actualidad, presenta un margen de error de 10 metros, el servicio recién inaugurado reduce dicho margen a tan sólo dos metros.

Tanto las empresas como los ciudadanos podrán sacar grandes ventajas de EGNOS en sectores como la agricultura (por ejemplo, pulverización de alta precisión de fertilizantes) y, sobre todo, en el transporte (peajes automáticos o seguros basados en el pago por uso). También puede prestar servicios de navegación personal mucho más precisos, de uso general o específico, como los sistemas de guía para invidentes.

Este proyecto es un primer paso en el camino a Galileo, el sistema mundial de navegación por satélite que la Unión Europea está creando y que competirá con el norteamericano GPS. La Asociación Española de la Carretera (AEC) participa en este programa tecnológico con importantes investigaciones sobre la aplicación de las ventajas de Galileo al transporte viario.



"EGNOS gana en precisión al actual GPS norteamericano"

## Un paseo por la historia de los caminos

El Museo de la Carretera abre de nuevo sus puertas

**C**oincidiendo con la celebración del noveno centenario de la muerte de Santo Domingo de la Calzada, el Gobierno de La Rioja ha promovido la instalación del Museo de la Carretera en la localidad del mismo nombre fundada por este eremita.

Su gran labor de construcción de calzadas en torno al Camino de Santiago hizo de Santo Domingo la figura inspiradora de la Ingeniería de Caminos, y por ello, este municipio riojano se ha convertido en una sede excepcional para una muestra como la que recoge el Museo de la Carretera.

Se trata de una exposición itinerante que, instalada en el Albergue de Peregrinos de la Cofradía del Santo, permite conocer la historia de las carreteras desde los romanos hasta nuestros días a través de documentos, herramientas, maquinaria, vehículos, instrumentos de laboratorio, fotografías o mapas antiguos.

Indagando entre las antiguallas viarias de la muestra se descubren algunas curiosidades. Por ejemplo, un documento en el que se detalla que a principios del siglo XX, asfaltar una calle costaba 22 pesetas el metro cuadrado, "todos los gastos incluidos". O que en 1910, los costes de construcción de un kilómetro de carretera nueva



oscilaban entre las 11.500 pesetas y las 46.500, siendo la media para España de 23.800 pesetas.

También se puede deambular entre antiguos hitos kilométricos, señales fabricadas en hormigón y uniformes de los populares peones camineros, en aquellos tiempos los "guardianes de las carreteras".

Esta iniciativa se puso en marcha por primera vez en el marco del VII Congreso Nacional de Firmes, celebrado en Ávila en 2006 y organizado por la Asociación Española de la Carretera. 

## DGT, 50 años de progreso y... anécdotas

**C**on motivo del 50º aniversario de la Dirección General de Tráfico, este organismo ha publicado un libro conmemorativo en el que su autor, Javier Coromina Doisy, recoge en una treintena de capítulos algunos de sus hitos y anécdotas más memorables, en definitiva, la historia, evolución y crecimiento del organismo a lo largo de cinco décadas. Y lo hace con numerosas imágenes, documentos antiguos e incluso en clave de humor.

*Cincuentenario de la DGT, 1959-2009* supone un homenaje y reconocimiento a todas aquellas personas que, a lo largo de estos años, con su trabajo y dedicación han hecho posible una historia de la que pueden sentirse legítimamente orgullosos. Así lo asegura, en el prólogo de la publicación, el propio Ministro del Interior, Alfredo Pérez Rubalcaba.

Del pleistoceno del automóvil a su generación, Primera matrícula del mundo, Nacimiento y desarrollo de la DGT, Milagro en la carretera o Enchufes celestiales son algu-

nos de los capítulos en los que se hace un repaso a este anecdotario histórico.

En el primero de ellos se recogen los logros y circunstancias personales de los doce Directores Generales que han encabezado este organismo autónomo desde su creación en 1959 como Jefatura Central de Tráfico.

En otros, se hace un repaso de la evolución de las licencias de conducir, las matriculaciones, la educación vial, las autoescuelas, las campañas de información o los planes de seguridad vial entre otros.

El aragonés Javier Coromina Doisy, licenciado en Derecho, ha sido durante 20 años Jefe de Tráfico de Baleares y ha ganado varios premios de novela y de cuento. 



## El sector se vuelca en la difusión del premio de investigación *Juan Antonio Fernández del Campo*

**T**ras la presentación oficial, el pasado 10 de junio en Madrid, de las Bases de la tercera edición del "Premio Internacional a la Innovación en Carreteras *Juan Antonio Fernández del Campo*", numerosas empresas del sector viario se han hecho eco de esta convocatoria publicando noticias en sus revistas corporativas, "colgando" las Bases en sus web o a través de la publicidad creada con ocasión de este nuevo certamen.

También los medios de comunicación, especialmente la prensa especializada en carreteras, se han volcado en la difusión del Premio con noticias y entrevistas.

Además del indudable interés que ha originado entre los profesionales del ámbito viario esta tercera edición del "Premio Internacional a la Innovación en Carreteras *Juan Antonio Fernández del Campo*", la amplia cobertura que éste ha recibido, tanto en España como en el extranjero, es obra de la intensa labor de difusión realizada desde la Fundación de la Asociación Española de la Carretera (FAEC), entidad convocante del certamen.

Así, desde el pasado mes de julio, una veintena de portales de internet y numerosos boletines digitales, incluyendo los de los patrocinadores y las entidades colaboradoras, han incorporado a sus páginas virtuales informaciones sobre el Premio y las Bases de la convocatoria.

Por otro lado, el diario ABC y las revistas Potencia y Carreteras han publicado información sobre el certamen, y otra decena de medios impresos prevé hacerlo en los próximos meses. Asimismo, varias empresas colaboradoras y patrocinadoras han manifestado su compromiso de insertar un anuncio publicitario en sus



revistas o boletines. Además, la revista Cauce -editada por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos- y la revista argentina Vial -publicación técnica sobre el sector viario que se difunde en buena parte de Latinoamérica- van a publicar sendas entrevistas con el Presidente del Jurado, José Luis Elvira.

Dentro de las acciones encaminadas a hacer llegar la convocatoria al mayor número de posibles interesados, la Fundación ha distribuido un comunicado de prensa a todos los medios de comunicación nacionales y de Portugal

y Latinoamérica, así como a la red de contactos del Instituto Vial Ibero-Americano (IVIA).

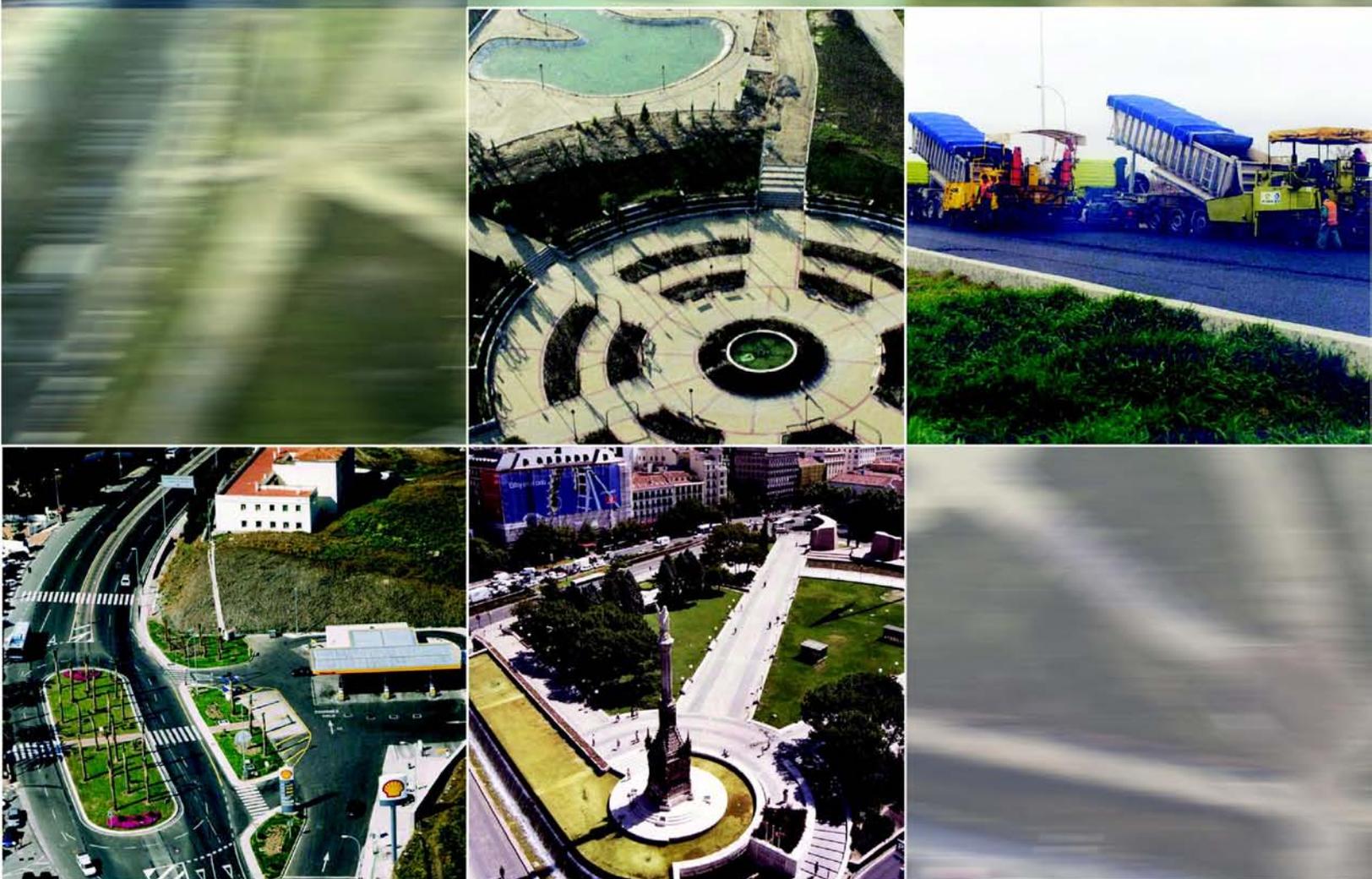
Además, las Bases del Premio se presentarán en distintos países de Latinoamérica. En noviembre, en Guatemala, en el marco de la Asamblea de la Federación Interamericana del Cemento, y en Portugal, dentro del XV Congreso Ibero-Latinoamericano del Asfalto.



Dentro del ámbito iberoamericano, se ha establecido también contacto con las distintas asociaciones nacionales de carreteras en estos países y se les ha solicitado su colaboración para la difusión de las Bases entre los expertos de esta área.

Además, está previsto que se editen las Bases del Premio en inglés para su distribución online, con el fin de llegar a un público mucho más amplio. 

# *Mantenemos todo tipo de infraestructuras, respetando el medio ambiente*



Desde enero de 2002, gestionamos y realizamos todas las actividades del **Grupo OHL**, en servicios urbanos, viarios y a las infraestructuras, con un objetivo fundamental, **SER LÍDERES** en la aportación de las soluciones más avanzadas para la conservación, mantenimiento, rehabilitación y remodelación de elementos urbanos e interurbanos.

Podemos asegurar la consecución de este objetivo, al disponer de los mejores y más capacitados equipos humanos, de la más moderna maquinaria y de los más avanzados medios técnicos, que convergen en una filosofía común: **“Máxima seguridad y calidad en la realización de los trabajos, y máximo respeto por el medio ambiente”**.



## Las carreteras pierden en los presupuestos de Fomento para 2010

**E**l Ministerio de Fomento contará en 2010 con un presupuesto inversor de 19.304 millones de euros, importe prácticamente "idéntico" al de 2009, y el mayor de la historia del Departamento, según aseguró su titular, José Blanco, durante la presentación de las cuentas para el próximo año.

En rueda de prensa, el Ministro aseguró que se trata de un presupuesto "comprometido" con la recuperación económica -porque generará actividad y empleo-, y con el transporte sostenible. En cuanto a lo primero, según sus datos, la inversión prevista permitirá mantener o crear un total de medio millón de empleos.

Y en lo que se refiere a su apuesta por la sostenibilidad, el Ministro de Fomento destacó una vez más su intención de hacer que el sistema de transportes sea cada vez más sostenible gracias, entre otras medidas, a un esfuerzo sin precedentes en materia ferroviaria.

Y efectivamente, más de la mitad del dinero de Fomento irá a parar al ferrocarril, que contará con 10.207 millones de euros, mientras que la carretera se quedará con 5.114 millones.

En este contexto, puso como ejemplo la línea de alta velocidad Madrid-Valencia, que se pondrá en servicio en 2010, y "que evitará la emisión a la atmósfera de 80.000 toneladas de CO2 cada año, y propiciará un ahorro energético estimado en torno a 30.000 toneladas equi-



El presupuesto del próximo año para conservación es casi idéntico al de 2009.

valentes de petróleo anuales", o lo que es lo mismo, una cantidad similar al consumo eléctrico de la ciudad de Alicante.

### El sector viario

De los 5.114 millones de euros que se gastarán en las infraestructuras viarias del Estado, el 68% se empleará en construir nuevas carreteras, mientras que un 22% se dedicará a la conservación de las ya existentes. En partidas concretas, se actuará sobre 2.000 kilómetros de autovías, y se pondrán en servicio 400 kilómetros nuevos. Así, a finales de 2010, la red de autovías dependientes del Estado alcanzará los 11.000 kilómetros.

También habrá dinero para ayudar a las concesionarias de autopistas, en concreto, 200 millones de euros en créditos participativos para las radiales de peaje.

En el actual contexto de crisis, Fomento no olvida ninguna fórmula de financiación, y se servirá de la participación público-privada con el objetivo de sufragar más proyectos de infraestructuras.

"Buscaremos las condiciones para que los proyectos sean claramente financiables con la nueva ley de captación de capitales, con avales si son necesarios, y con sociedades mixtas", ha asegurado Blanco. 

Presupuestos del Ministerio de Fomento. Evolución 2008-2010			
	2008	2009	2010
Carreteras	4.859	5.636	5.114
Construcción	3.749	3.381	3.477
Conservación	1.154	1.251	1.257
Ferrocarril	8.146	9.674	10.207

Ferrocarril. Presupuestos 2010. Porcentaje sobre el total de 10.207 m€		
Ave	Cercanías	Red convencional
71%	9%	20%

## El Consejo de Redacción de *Carreteras* visita la nueva terminal de El Prat

Con más de 544.000 metros cuadrados construidos, la nueva y flamante terminal del aeropuerto de El Prat de Barcelona, la T1, ha cumplido con éxito sus primeros 100 días de vida.



Inaugurada por el Presidente del Gobierno el pasado 16 de junio, y puesta en funcionamiento algunos días más tarde, esta nueva terminal y la tercera pista recién construida suponen aumentar la capacidad del aeropuerto hasta los más de 55 millones de pasajeros anuales.

Con el fin de conocer los resultados de la ampliación y las ventajas que va a suponer para los usuarios y para toda la Comunidad Autónoma de Cataluña, los miembros del Consejo de Redacción de la revista *Carreteras* visitaron el pasado 24 de septiembre estas instalaciones a iniciativa de Francisco Gutiérrez, también consejero de la revista y Director del Plan Barcelona, el proyecto de mejora del aeropuerto.

### Las cifras tras la ampliación

Superficie total aeropuerto	1.533 ha
Capacidad aeropuerto	55 M/pax
Operaciones - hora	90 ops/h
Pistas	2 paralelas - 1 transversal
Categoría II/III	4 cabeceras
Superficie total terminales	670.000 m <sup>2</sup>
Pasarelas	73
Mostradores	320
Cintas equipajes	32
Centro de carga	160.000 m <sup>2</sup>
Parque aeronáutico	50 ha
Ciudad deportiva aeroportuaria	150 ha



Los miembros del Consejo pudieron contemplar tanto las actuaciones en la T1 como el Centro de Gestión Aeroportuaria (CGA), desde donde se coordinan todas las dependencias del aeropuerto.

Gracias a la construcción de la nueva terminal, hay una mayor facilidad de orientación para los usuarios, que contarán con dos puntos básicos de referencia: La Plaza y el Sky Center. La T1 contempla, además, futuras expansiones, mediante un edificio satélite, para atender nuevas demandas.

El desarrollo sostenible también es posible en la nueva infraestructura gracias a la instalación de energía solar térmica, la previsión para la implantación de energía fotovoltaica, la climatización del edificio mediante energía limpia o la gestión inteligente de los edificios en cuanto a necesidades de temperatura o luminosidad. El perfil y diseño arquitectónico, integrado con el entorno, está perfectamente adaptado a las personas con movilidad reducida.

Finalizada la visita, y una vez reunidos para tratar los asuntos concernientes a la revista, los consejeros pudieron analizar el estado de los números que verán la luz próximamente, monotemáticos y abiertos, así como de los nuevos editoriales y tribunas. 



## La AEC coordina de nuevo la participación española en el CILA

Con el fin de facilitar los trámites de inscripción, así como las gestiones de viaje y alojamiento, de todos aquéllos españoles que tengan pensado acudir al XV Congreso Ibero-Latino Americano del Asfalto (CILA), la Asociación Española de la Carretera (AEC) está coordinando, como en ocasiones anteriores, la participación de los delegados que acudan desde España a Lisboa (Portugal), sede del encuentro.

Para ello, ha preparado un ventajoso programa de viaje, alojamiento y actividades complementario al de la organización del Congreso, y al que podrán acogerse todos los asistentes que lo deseen.

Este programa incluye, como una de las actividades más destacadas, una recepción en la Embajada de España en Portugal.

En cuanto al viaje, se ofrecen distintas alternativas de ida y regreso, así como varias opciones de estancia, con el fin de atender las necesidades que pudieran plantearse dada la cercanía de la capital portuguesa. Además del programa de viaje básico, la AEC ha diseñado un completo paquete turístico para los acompañantes de los congresistas.



Lisboa, monumento a los Descubridores.

Organizado por las Universidades de Coimbra y del Minho, el XV CILA tendrá lugar en Lisboa entre los días 22 y 27 de noviembre, y contará con la colaboración y el apoyo del Instituto Vial Ibero-Americano (IVIA) conjuntamente con la Asociación Española de la Carretera (AEC).

Entre los objetivos de este congreso se encuentran el debate y el análisis de los problemas técnicos y científicos que conllevan las obras de pavimentación asfáltica, así como la promoción de estudios de investigación entre administraciones viarias, empresas, universidades, centros de investigación y otras entidades vinculadas a la tecnología de los materiales bituminosos con el fin de lograr el establecimiento y desarrollo de dicha tecnología en los países ibero-latinoamericanos. 

## El II CISEV quiere plantarle cara a la siniestralidad vial en Iberoamérica

El pasado mes de septiembre se hizo oficial la fecha de celebración del II Congreso Ibero-Americano de Seguridad Vial (CISEV). El encuentro tendrá lugar en Buenos Aires (Argentina) entre los días 27 y 29 de octubre de 2010. La Asociación Argentina de Carreteras (AAC) y la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) de este país organizan este Congreso, que cuenta con la promoción del Instituto Vial Ibero-Americano (IVIA).

De esta forma, Buenos Aires recoge el testigo de un foro que tratará de buscar soluciones inmediatas, eficaces y de coste reducido para disminuir el número de muertos y heridos por accidente de tráfico en Iberoamérica.

Precisamente Argentina está apostando fuerte por el desarrollo de su red de carreteras, con un más que notable aumento de las inversiones, que se han multiplicado hasta por 30 entre 2002 y 2007.

Todos aquellos profesionales que quieran participar como ponentes han de enviar los resúmenes de sus trabajos antes del 31 de marzo de 2010. Una vez recibidos, serán sometidos a la aprobación del Comité Organizador.

El temario del Congreso en torno al que se ordenarán las comunicaciones abarca la medición, evaluación y gestión de la seguridad vial, el control y gestión del tráfico, el diseño geométrico, los métodos para el análisis

de los accidentes de tránsito, la educación vial y las campañas de concienciación, los avances tecnológicos en la seguridad de los vehículos, los factores fisiológicos y psicológicos en la seguridad y sus aspectos legislativos y normativos.

La celebración del II CISEV supone, por tanto, un compromiso por la seguridad vial y un desafío común que aspira a reunir a instituciones, profesionales, empresarios e investigadores de los diferentes países ibero-americanos. 



## Más de 500 ponencias aspiran a participar en el 16° Congreso Mundial de la IRF

**H**asta 529 resúmenes de profesionales procedentes de 66 países de todo el mundo se han presentado para su aprobación y participación en el próximo 16° Congreso Mundial de la IRF, que se celebrará en Lisboa (Portugal) entre el 25 y el 28 de mayo de 2010.

La capital lusitana acoge la celebración de este foro mundial en su decimosexta edición promovido una vez más por la Federación Internacional de Carreteras y, en esta ocasión, organizado por el Centro Rodoviário Português (CRP).

Dado el gran número de resúmenes recibidos, se prevé que más 2.000 participantes de todo el planeta acu-

dan a Lisboa el próximo mes de mayo.

La Asociación Española de la Carretera (AEC) coordinará como es habitual la participación española en este encuentro, intentando como siempre obtener ventajas para la delegación tanto en las inscripciones como en los programas de viaje.

Pero además, la AEC participa activamente en los aspectos más técnicos del Congreso Mundial. Su Subdirectora General Técnica, Elena de la Peña, será la responsable de coordinar el grupo de trabajo "Carreteras sostenibles", uno de los cinco bloques temáticos en que se estructuran las sesiones. Entre otras funciones, este grupo de trabajo

está encargado de seleccionar las ponencias.

Movilidad e infraestructura del transporte, seguridad vial, financiación y gestión de carreteras y técnicas e innovación son el resto de bloques temáticos.

Por reunir a los expertos más destacados del sector público y privado, el 16° Congreso Mundial de la IRF representa el foro ideal para alcanzar un consenso sobre las nuevas estrategias del ámbito viario en el comienzo del nuevo siglo, estrategias que deberán ser capaces de responder a las necesidades de una sociedad en constante evolución, en términos de transporte y movilidad. 



## Las técnicas más novedosas en rehabilitación de firmes se presentan en Santo Domingo de la Calzada

La conservación de la capa superficial de las carreteras es fundamental, ya que de ella depende la comodidad de la conducción, y, en buena parte, la seguridad de los usuarios. Por ello, cada vez son más las investigaciones y estudios dedicados a conseguir mejores prestaciones de los materiales y técnicas más eficientes que permitan el ahorro de costes y un menor impacto ambiental a la hora de su mantenimiento.

El pasado 30 de septiembre, en Santo Domingo de la Calzada (La Rioja), 130 expertos de todo el país se reunieron para analizar los últimos avances en esta materia en el marco de la jornada técnica Conservación y rehabilitación superficial de los firmes de las carreteras.

La Asociación Española de la Carretera (AEC), en colaboración con la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX), organizaron el encuentro en el municipio riojano en coincidencia con la celebración del noveno centenario de la muerte de Santo Domingo.

El encuentro, patrocinado por el Gobierno de La Rioja e inaugurado por su Consejero regional de Vivienda y Obras Públicas, Antonino Burgos



Antonino Burgos, Consejero de Vivienda y Obras Públicas de La Rioja (en el centro), inauguró las jornadas.

Navajas, debatió, entre otros asuntos, los referentes a la rehabilitación superficial mediante el reciclado.

En la actualidad, la normativa vigente contempla el reciclado del firme en capas intermedias y de base, pero nunca para la capa de rodadura. Sin embargo, algunas investigaciones presentadas en la jornada han abogado por esta técnica por las ventajas que supone en cuanto a prestaciones y, sobre todo, desde el punto de vista medioambiental y de sostenibilidad.

También se presentaron las nuevas herramientas para la evaluación de los firmes: vehículos especiales que se encargan de captar y almacenar las imágenes del pavimento y generar los mapas de deterioros automáticamente.

En total más de doce expertos y profesionales aportaron su visión, opinión y experiencia sobre la conservación y rehabilitación superficial de los firmes.

### Las medallas de los Hermanos del Santo

También coincidiendo con esta jornada y con la celebración del noveno centenario de la muerte del Santo calceatense, se han impuesto las medallas de Hermanos del Santo de la Cofradía de Santo Domingo de la Calzada.

El acto, promovido por la Asociación Técnica de Carreteras (ATC) y la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX), ha estado presidido por Pedro Sanz, Presidente del Gobierno de La Rioja.

Las medallas se han otorgado a los ingenieros de Caminos Enrique Balaguer, Máximo Cruz, Antonio G<sup>a</sup> Cuadra, José Luis Elvira, Aureliano López, José Manuel Loureda, Antonio Medina, Álvaro Miranda y Luis Alberto Solís.

Durante el acto, Pedro Sanz dirigió unas palabras a los asistentes en las que recalcó el lado más humano de la Ingeniería de Caminos y su vocación de servicio, de la cual Santo Domingo de la Calzada es su máximo exponente.



En la imagen, la Priora y el Abad de la Cofradía del Santo con los homenajeados.

**NOTA DE LA REDACCIÓN:** Las Jornadas sobre "La Vida de los Puentes", previstas para este mes de octubre en San Sebastián, han sido aplazadas hasta 2010. Del mismo modo, las Jornadas Técnicas sobre "El estado del arte de la Ingeniería Civil: Proyectos de infraestructuras viarias", que se iban a desarrollar en Toledo también en octubre, han sido pospuestas para febrero del año que viene. La revista Carreteras informará puntualmente de las nuevas fechas del encuentro.

JORNADAS

## Trafic convoca a los profesionales de la seguridad y el equipamiento vial

La industria dedicada a la seguridad vial y al equipamiento para carreteras tiene cada dos años en TRAFIC su gran aliado. La próxima edición de este Salón Internacional, que se celebra del 27 al 30 de octubre, reúne a 143

expositores directos que representan a 284 empresas llegadas de 25 países diferentes. Así, junto a las principales firmas nacionales del sector, estarán presentes compañías internacionales procedentes, entre otros países, de Reino Unido, Alemania o Francia.

Todas ellas mostrarán sus novedades en sistemas inteligentes de transporte; señalización; balizamiento; alumbrado, gestión o equipamiento de aparcamientos.

La Asociación Española de la Carretera participa desde hace varios años en Trafic en dos vertientes. Por un lado, forma parte de las entidades colaboradoras de la



feria, y por otro, tiene reservado un espacio en la muestra comercial, un stand donde los visitantes pueden informarse de sus actividades, productos y servicios.

Como en ediciones anteriores, Trafic 2009 cuenta con el respaldo de la Dirección General de Tráfico (DGT) y de la Dirección General de Carreteras (DGT).

Entre las propuestas menos conocidas que se presentan en esta edición, se encuentra un nuevo soporte para señales de tráfico verticales que minimiza el daño para los conductores en caso de colisión; o un sistema de badén "selectivo" que se convierte en un obstáculo sólo para los auto-

móviles que no circulan a la velocidad autorizada.

La sostenibilidad en la carretera es otra de las preocupaciones del sector y también está presente en TRAFIC, donde se exhibirá una nueva gama de productos de recarga de vehículos eléctricos; diversas opciones de bombillas LED que no contienen mercurio, ni emiten radiaciones UV; o las nuevas infraestructuras para el carril-bici.

Además de dar conocer las últimas tendencias del mercado en infraestructuras y equipamiento viario, TRAFIC se conforma como una plataforma para sesiones técnicas y programas como el organizado por la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación (ACEX) los días 28 y 29 de octubre bajo el título El equipamiento de la carretera y la seguridad vial. En él se hablará de señalización, barreras de contención, reductores de ruido o paneles de mensaje variable entre otros asuntos.

Además de dar conocer las últimas tendencias del mercado en infraestructuras y equipamiento viario, TRAFIC se conforma como una plataforma para sesiones técnicas y programas como el organizado por la Asociación de Empresas de Conservación y Explotación (ACEX) los días 28 y 29 de octubre bajo el título El equipamiento de la carretera y la seguridad vial. En él se hablará de señalización, barreras de contención, reductores de ruido o paneles de mensaje variable entre otros asuntos.

CURSOS

## La AEC, con las auditorías de seguridad vial

La aprobación de la Directiva Europea sobre Gestión de la Seguridad de las Infraestructuras Vitarias ha supuesto un revulsivo para el sector de la auditoría de seguridad vial. No en vano, esta norma comunitaria aboga por la implantación de estos procedimientos en una buena parte de la red viaria de la Unión Europea.

Con el fin de capacitar a los profesionales encargados de desarrollar estas auditorías, la Asociación Española de la Carretera (AEC) y

la Universidad de Burgos organizan, con la colaboración de la Junta de Castilla y León, el curso de Auditores de Seguridad Vial, una cita que tendrá lugar en Burgos durante el mes de noviembre (del 3 al 5, del 17 al 19 y del 24 al 26).

Dirigido a diplomados o licenciados universitarios, preferiblemente en Ingeniería, este curso se desarrollará en la Escuela



Politécnica Superior de la Universidad de Burgos. El programa lectivo girará en torno a cuestiones tales como las inspecciones de seguridad vial, los sistemas de gestión de la seguridad, el trazado y el equipamiento viario, sin olvidar aspectos legales y económicos, entre otros. Todas estas cuestiones serán analizadas por expertos de reconocida valía en este sector.

CURSOS

## Tres sedes insulares para el Curso de Especialistas de Canarias

El V Curso de especialistas en carreteras, que se celebra este año a partir del 20 de octubre, se desarrollará en tres sedes distintas y con tres programas diferentes. Así, el Curso comienza en la isla de El Hierro con una mesa de trabajo, de una jornada de duración, sobre seguridad vial. Enrique Miralles, Director Técnico de la Asociación Española de la Carretera (AEC), intervendrá en esta mesa con una ponencia sobre la Directiva europea de gestión de la seguridad de las infraestructuras viarias. Tras su intervención, se desarrollará un

debate sobre la aplicación de esta directiva a las carreteras de la isla.

Los días 21 y 22 el curso se traslada a Las Palmas de Gran Canaria con el mismo tema de fondo, la directiva europea, aunque en este caso, tratada desde el punto de vista de las herramientas de trabajo empleadas. Jacobo Díaz Pineda y Elena de la Peña, Director General y Subdirectora General Técnica de la AEC respectivamente, participan en la jornada con comunicaciones sobre esta normativa y con otras relativas a auditorías, usuarios vulnerables o percepción del

riesgo. Finalmente, el día 23 de octubre en Fuerteventura, se celebra otra mesa de trabajo bajo el epígrafe Diálogos por la seguridad vial.

El V Curso de Especialistas en Carreteras está organizado por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC) y la Asociación Española de la Carretera, y cuenta con la colaboración de todos los cabildos insulares canarios. De su dirección se encarga Jacobo Díaz Pineda, siendo Miguel Ángel Franesqui García (ULPGC) el Director Académico.



## Comienza en Barcelona el curso Proyecto, Conservación y Gestión de Firmes

Una vez clausurado el Curso sobre Nudos de Carreteras, que se ha desarrollado entre los días 7 y 9 de octubre en Barcelona, da comienzo en la Ciudad Condal otro de los cuatro programas formativos que componen el Curso sobre especialización en carreteras organizado conjuntamente por la Universidad Politécnica de Cataluña y la Asociación Española de la Carretera.

En este caso, se trata de un ciclo sobre Proyecto, Conservación y Gestión de Firmes, que se celebrará del 2 al 4 de noviembre y que tiene como finalidad estudiar conjuntamente el proyecto y la conservación de los pavimentos de carreteras, presentando en primer lugar los métodos de dimensionamiento de firmes para comprobar los mecanismos de deterioro que producen su fallo.

Otra parte muy importante del curso trata sobre los equipos y sistemas usados en la evaluación del estado del firme y de las técnicas empleadas en



Los alumnos podrán conocer con detalle las técnicas de reciclado de firmes.

su conservación. Dentro de este último apartado, se analizarán con detalle los procedimientos de reciclado de mezclas y pavimentos asfálticos.

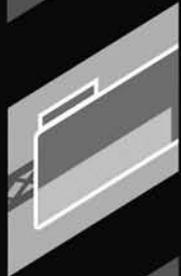
Por último, se consideran los sistemas de gestión de firmes, herramientas de una gran capacidad y de gran ayuda para la gestión de la conservación de una red de carreteras.

El curso, que consta de clases teóricas y prácticas, será impartido por profesores del Departamento de Infraestructuras del Transporte y Territorio de la Universidad Politécnica de Cataluña y profesionales especialistas en la gestión de la conservación de firmes. Está dirigido especialmente

a técnicos de la administración, ayuntamientos, concesionarias y consultoras, relacionados con el proyecto, conservación y gestión de firmes.

Este programa, como ya se ha comentado, forma parte de un ciclo formativo más amplio denominado Curso sobre Especialización en Carreteras que incluye, también, Trazado, Mezclas bituminosas y Nudos. Por cada uno de ellos, los alumnos participantes obtienen dos créditos, correspondientes a 20 horas de clase. Los que superen los cuatro obtendrán un título de posgrado otorgado por la Universidad Politécnica de Cataluña.

El Curso sobre Nudos de Carreteras se clausuró el pasado 9 de octubre, y en él han participado una decena de ponentes y profesores. La iluminación de los nudos de carreteras, morfología de las intersecciones, los elementos de trazado, la morfología de los enlaces o el diseño geométrico de las glorietas han sido algunos de los temas abordados.



80 VELOCIDAD  
LIMITADA

Estado del arte del  
proceso Normalizador  
para la  
Gestión del Tráfico

Madrid, 10 y 11 de Diciembre de 2009

Promueve:

Organizan:



**ADMINISTRACIÓN CENTRAL**

- Dirección General de Carreteras (Ministerio de Fomento)
- Dirección General de Tráfico (Ministerio del Interior)

**ASOCIACIONES**

- Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (OFICEMEN)
- Asociación de Empresas Constructoras de Ambito Nacional (SEOPAN)
- Asociación de Empresas de Conservación y Explotación de Infraestructuras (ACEX)
- Asociación de Empresas de Tecnología del Suelo y Subsuelo (AETESS)
- Asociación de Fabricantes de Señales Metálicas de Tráfico (AFASEMETRA)
- Asociación de Ingenieros, Funcionarios de Administración Local
- Asociación de Sociedades Españolas Concesionarias de Autopistas, Túneles, Puentes y Vías de Peaje (ASETA)
- Asociación Española de Empresas de Ingeniería, Consultoría y Servicios Tecnológicos (TECNIBERIA)
- Asociación Española de Fabricantes de Mezclas Asfálticas (ASEFMA)
- Asociación Española de Fabricantes de Sistemas Metálicos de Protección Vial (SIMEPROVI)
- Asociación Nacional de Empresas Constructoras de Obra Pública (AERCO)
- Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (ANCADE)
- Asociación Nacional de Fabricantes de Luminarias (ANFALUM)
- Asociación Nacional de Industriales de Pantallas y Dispositivos Antirruído (ANIPAR)
- Asociación Patronal de Empresas de Tráfico (PEMTRA)
- European Union Road Federation (ERF) / International Road Federation (IRF)
- Confederación Nacional de Autoescuelas (CNAE)
- Federación de Áridos (FdA)
- ITS España

**AUTOMÓVILES**

- Toyota España S.L.U.

**AUTOPISTAS**

- Abertis
- Accesos de Madrid
- Acega
- Acesa
- AP-1 Europistas
- Aucalsa
- Aucat
- Aucosta

- Audasa
- Audenasa
- Aulesa
- Aumar
- Ausur
- Autema
- Autoestradas de Galicia
- Autopista de la Costa Cálida
- Autopista Eje Aeropuerto
- Autopista Madrid Levante
- Autopista Madrid Sur
- Autopista del Sol
- Avasa
- Castellana de Autopistas
- Cintra
- Ciralsa
- Globalvia Infraestructuras
- Guadalcesa
- Henarsa
- Iberpistas
- Iridium
- Tabasa
- Túnel del Cadí
- Túnel del Sóller
- Túneles de Artxanda
- Autopista Madrid-Toledo

**AYUNTAMIENTOS**

- Barcelona
- Madrid
- Valladolid

**CENTROS DE INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN**

- Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX).
- E.T.S. de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.
- E.U. de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas
- Fundación Agustín de Betancourt
- Fundación CIDAUT - Investigación y Desarrollo en Transporte y Energía

**COLEGIOS PROFESIONALES**

- Colegio de Geógrafos
- Colegio de Ingenieros , Caminos, Canales y Puertos
- Colegio de Ingenieros Técnicos de Obras Públicas

**COMUNIDADES AUTONOMAS**

- Ciudad Autónoma de Melilla
- Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
- Comunidad Autónoma de La Rioja.
- Comunidad de Madrid
- Diputación General de Aragón
- Generalitat de Catalunya
- Generalitat Valenciana
- Gobierno de Canarias

- Gobierno de Cantabria
- Gobierno de Navarra
- Gobierno Vasco
- Junta de Andalucía
- Junta de Castilla y León
- Junta de Castilla - La Mancha
- Junta de Extremadura
- Principado de Asturias
- Servei Catalá de Transit
- Xunta de Galicia

**CONCESIONARIAS DE INFRAESTRUCTURAS**

- Concesiones de Madrid, S.A.
- Itinere Infraestructuras S.A.
- Ruta de los Pantanos, S.A.
- OHL Concesiones.

**CONSTRUCTORAS**

- Acciona Infraestructuras S.A.
- Aldesa Construcciones S.A.
- Asfaltos y Construcciones Elsan, S.A.
- Azvi, S.A.
- COMSA S.A.
- Constructora Hispánica, S.A.
- Corsán - Corviam, Construcción S.A.
- Construcciones Araplaza, S.A.
- CRECOC
- Dragados, S.A.
- Eiffage Infraestructuras, S.A.
- Elsamex, S.A.
- FCC Construcción, S.A.
- Ferrovia - Agroman, S.A.
- JOCA, Ingeniería y Construcciones, S.A.
- Pavimentos Asfálticos de Castilla, S.A.
- Pavimentos Asfálticos de Salamanca, S.L.
- Pavimentos Barcelona, S.A.
- PROBISA, Tecnología y Construcción, S.A.
- Rodio Cimentaciones Especiales, S.A.
- Sedesa Obras y Servicios, S.A.
- Sorigué, S.A.
- Stachys, S.A.U.
- Tebycon, S.A.
- Torrescámara y Cía, S.A.
- TRABIT
- Vías y Construcciones, S.A.
- Virton, S.A.

**DIPUTACIONES, CABILDOS Y CONSELLS**

- Alava
- Alicante
- Almería
- Avila
- Badajoz
- Barcelona

- Burgos
- Cáceres
- Cádiz
- Ciudad Real
- Córdoba
- Gerona
- Gran Canaria
- Granada
- Guipúzcoa
- Huelva
- Huesca
- Ibiza y Formentera
- León
- Lugo
- Málaga
- Mallorca
- Menorca
- Orense
- Pontevedra
- Salamanca
- Segovia
- Sevilla
- Soria
- Tarragona
- Tenerife
- Teruel
- Toledo
- Valencia
- Valladolid
- Vizcaya
- Zaragoza

### ESTABILIZACIÓN DE SUELOS Y RECICLADO DE PAVIMENTOS

- Asfaltécnica, Tecnología de Firmes, S.A.
- Asfaltómeros, S.A.
- Firmes Ecologicos Soltec, S.A.

### GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS

- Bidegi, S.A.
- Giasa, Gestión de Infraestructuras de Andalucía, S.A.

### INGENIERÍA Y CONSULTORÍA

- Aepo, S.A.
- Auditores de Seguridad Vial
- APPLUS NORCONTROL, S.L.Ut.
- Ayesa
- B.B. & J. Consult, S.A.
- CPS Ingenieros, Obra Civil y Medio Ambiente, S.L.
- Civil Mateng S.L.
- E.T.T. , S.A.
- Euroconsult, S.A.
- Eyp Scap, S.A.
- Eyser, Estudios y Servicios S.A.

- GEOCISA
- GESSING
- GETINSA Ingeniería, S.L.
- GINPROSA Ingeniería, S.L.
- G.O.C.
- Grupo Azierta
- IBERINSA
- INECO
- Ingeconsult Ingeniería, S.A.
- Ingenieros Asesores S.A.
- Inocsa
- INTECSA-INARSA
- Inzamac Asistencias Técnicas, S.A.
- Labama Ingeniería, S.L.
- Payject XXI
- Prointec, S.A.
- SAM\_RO
- Sener, Ingeniería y Sistemas, S.A.
- SERCAL, S.A.
- Steer Davies Gleave Limited (sucursal en España)
- Tairona Consultores S.L.
- Técnicas Reunidas Initec Infraestructuras
- Técnicas y Proyectos, S.A. (TYPESA)
- TEMA Grupo Consultor, S.A.
- VIANOVA Systems Spain S.L.

### MAQUINARIA DE OBRA PÚBLICA

- Emsa
- Corinsa
- TEMAC

### PETRÓLEOS

- Asfaltos y Construcciones UCOP, S.A.
- Bitumex, S.A.
- BP OIL España
- Campezo Construcción, S.A.
- GALP Energía
- Nynas Petróleo, S.A.
- PROAS
- Productos Bituminosos de Galicia, S.A.
- Repsol, S.A.
- SOCOTHERM SPA.

### PRODUCTOS QUÍMICOS - ADITIVOS

- Campi y Jove, S.A.
- Composan Construcción, S.A.
- Kao-Corporation, S.A.
- SIKA, S.A.

### SEGURIDAD VIAL

- Editorial Tráfico Vial, S.A.
- Fundació RACC
- Instituto de Seguridad Vial de la FUNDACIÓN MAPFRE
- París Dakart Área Recreativa S.A.

### SEGUROS Y ASISTENCIA

- ADA, Ayuda del Automovilista, S.A.
- Automovilistas Europeos Asociados.
- RACE, Real Automóvil Club de España.

### SEÑALIZACIÓN

- 3M España, S.A.
- API Movilidad.
- Díez Y Cía, S.A.
- GIVASA
- GRUPISA
- Grupo Villar
- IBERSEÑAL, S.L.
- Industrias Ban, S.L.
- Industrias Saludes, S. A. U.
- Jerol Vial, S.L.
- Lacroix Señalización, S.A.
- MOSA
- Nippon Carbide Industries España, S.A.
- Postigo Obras y Sevicios, S.A.
- PROSEÑAL
- Proyectos Integrales de Balizamiento
- REYNOBER, S.A.
- Rótulos Aylón, S.A.
- S.A. de Señalizaciones NYD
- Somar Málaga, S.A.
- Sovitec Ibérica, S.A.U.
- Trafic Vial, S.L.
- Tecnivial, S.A.
- Tevaseñal, S.A.
- Transfer, Sociedad de Marcas Viales, S.L.

### SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS

- Asebal, S.L.
- HIASA

### SISTEMAS INTELIGENTES DE TRANSPORTE Y REGULACIÓN DE TRÁFICO

- ACISA
- BKB Electronica, S.A.
- Canal de Comunicaciones Unidas, SAU
- Conservación y Sistemas, S.A.
- Desarrollo Sistemas Tecnológicos Avanzados (DSTA)
- Geonica, S.A.
- GMV
- IKUSI, Angel Iglesias, S.A.
- INDRA SISTEMAS, S.A.
- Kapsch TrafficCom Ab (Combitech).
- Odeco Electrónica, S.A.
- SICE, S.A.
- SISTEM, S.A.
- Tecno Solydi, S.L.
- Telvent Tráfico y Transporte S.A.

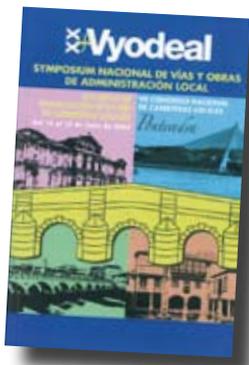
### TRATAMIENTOS SUPERFICIALES DE ALTA FRICCIÓN

- Color Vial, S.L.

### VARIOS

- BCA España
- Carlson Wagonlit España, S.L.U.
- Comunicación y Diseño S.L.

**EDICIONES DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA**

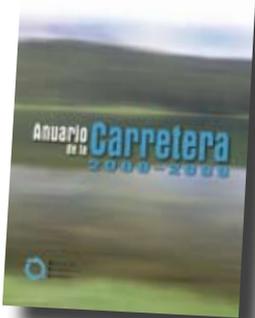


<b>XX Vyodeal. Los retos de financiación de la red de carreteras locales</b>	
Nº páginas	608
Fecha:	2009
Idioma:	Español
PVP:	60 €
P.V. Socios:	50 €



	PVP:	P.V. Socios:
<b>Documento 31 – XX Vyodeal. Modelo de gestión y financiación de carreteras locales. ¿Hacia dónde ir en el futuro?</b>	30€	25€
<b>Documento 32 – XX Vyodeal. REDIMOVE: Recomendaciones sobre dispositivos de moderación de la velocidad</b>	30€	25€
<b>Documento 33 – XX Vyodeal. Sistemas de contención</b>	30€	25€
<b>Libro XX Vyodeal + Documentos 31, 32 y 33</b>	150€	125€

En un contexto económico como el que se vive en la actualidad, toda propuesta que contribuya de manera activa a abrir nuevas vías de financiación para la Administración Provincial y Local es bienvenida. El libro de ponencias del XX Vyodeal –celebrado en Pontevedra entre el 15 y el 19 de junio– ofrece de la mano de los técnicos participantes en el congreso soluciones para que estas administraciones puedan mantener e incrementar su ritmo inversor en infraestructuras viarias. Además, la Asociación Española de la Carretera, entidad organizadora del encuentro, ha elaborado como en anteriores ocasiones tres nuevos documentos técnicos Vyodeal que suman ya un total de 33.



<b>Anuario de la Carretera 2008-2009</b>	
Fecha:	2009
Idioma:	Español
PVP:	50 € (IVA incluido)
P.V. Socios:	Gratuito 1 <sup>er</sup> ejemplar.
Segundos ejemplares: 30 €	

La segunda edición del Anuario de la Carretera sale a la luz. Con interesantes novedades como los reportajes sobre las obras más emblemáticas de la Administración Autonómica y el completo Quién es Quién de las Administraciones de Carreteras ilustrado, la edición 2008-2009 del Anuario de la Carretera regresa para convertirse en una herramienta de consulta de referencia. Como en la anterior edición, sus páginas incluyen información comercial sobre empresas e instituciones y sobre la actualidad de la economía nacional y del sector.



<b>IV Congreso Nacional de Seguridad Vial</b>	
Fecha:	Mayo 2009
Idioma:	Español
PVP:	35 €
P.V. Socios:	28 €
Disco CD	

Este importante foro nacional volvió a Logroño para abordar los principales retos de futuro en materia de seguridad vial. Con esta edición, ya son tres las celebradas en la capital riojana. Todas las ponencias presentadas en este encuentro han sido recopiladas en un CD editado por la Asociación Española de la Carretera. Accidentes por salida de vía, problemas de seguridad en travesías y política europea de seguridad vial son algunos de los muchos temas reunidos en este CD.



<b>II Congreso Internacional Paisaje e Infraestructuras</b>	
Fecha:	Noviembre 2008
Idioma:	Español
PVP:	35 €
Disco CD	

Este disco compacto contiene las Ponencias y Comunicaciones del II Congreso Internacional Paisaje e Infraestructuras, celebrado entre los días 12 y 15 del pasado mes de noviembre en Granada. El Congreso, que giró en torno al tema central de "Las infraestructuras y los paisajes en transición", fue organizado por la Consejería de Obras Públicas y Transportes de la Junta de Andalucía, conjuntamente con el Centro de Estudios Paisaje y Territorio (CEPT), y la Asociación Española de la Carretera (AEC), y con la colaboración de la Demarcación andaluza del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, el Colegio de Geógrafos y la Universidad de Granada. Nada más insertar el disco en el ordenador, arranca la presentación y aparece el índice.



<b>XXVII Semana de la Carretera</b>	
Nº páginas	196
Fecha:	Septiembre 2008
Idioma:	Español
PVP:	90 €
P.V. Socios:	75 €

La XXVII Semana de la Carretera ha analizado en su última edición la transición hacia un nuevo modelo de desarrollo y gestión de la red viaria. El encuentro reunió a más de medio millar de expertos en Valencia entre el 22 y el 26 de septiembre, donde se impartieron dos talleres formativos y se expusieron 21 ponencias, además de 22 comunicaciones libres. La financiación, la conservación y la sostenibilidad de las carreteras valencianas fueron, junto a la seguridad vial, los principales temas que centraron el debate. Los resúmenes de las ponencias se recogen ahora en esta edición, que viene acompañada de un CD con los textos completos.

**BOLETÍN DE PEDIDO**

Nombre persona o empresa: ..... E-mail: .....  
 ¿Es socio? ..... Tel.: ..... Fax: .....

**DATOS PARA LA FACTURA**

Nombre persona o empresa: ..... N.I.F.: .....  
 Dirección: .....  
 Ciudad: ..... Provincia: ..... C.P. ....

**DATOS PARA EL ENVÍO**

Los mismos datos anteriores (señale con una cruz, si procede)

Nombre persona o empresa: .....  
 N.I.F.: .....  
 Dirección: .....

Ciudad: ..... Provincia: ..... C.P. ....

**Gastos de envío:** .....

Cant.	Título	P.V.P.	V.Socios	Parcial
	NI´ 5 Monografías: Plantas de fabricación de hormigón y grava-cemento	21,88	17,43	
	NI´ 7 Monografías: Tractor de orugas. Trabajos con hoja de empuje y ríper	25,00	19,83	
	NI´ 8 Monografías: Mototraíllas	25,00	19,83	
	NI´ 9 Monografías: Dúmperes y tractovagones	25,00	19,83	
	NI´ 10 Monografías: Motoniveladora	25,00	19,83	
	NI´ 11 Monografías: Palas cargadoras de neumáticos y orugas	25,00	19,83	
	XVI VYODEAL: "La gestión de las carreteras locales. Necesidades y Recomendaciones"	40,63	36,06	
	Documentos técnicos del XVI VYODEAL	75,01	62,51	
	Documento suelto del XVI VYODEAL	21,88	15,03	
	XVII VYODEAL "Las carreteras y el desarrollo local"	42,25	37,50	
	Documentos XVII VYODEAL (7 números)	78,00	65,00	
	Documentos técnicos del XIV VYODEAL (3 números)	37,50	31,25	
	Documentos técnicos del XV VYODEAL (4 números)	51,09	39,07	
	Documento técnico suelto del XV VYODEAL	18,75	12,62	
	Jornadas sobre la política del transporte y el cambio climático	37,50	31,25	
	XXIII Semana de la Carretera. La nueva era de la gestión privada de las..	43,75	40,63	
	CD 1er Simposio Internacional sobre Estabilización de Explanadas y reciclado..	30,00		
	XXIV Semana de la Carretera. V Encuentro Nacional de la Carretera	50,00	45,00	
	Innovaciones Técnicas en la Construcción de Carreteras. La Maquinaria y su Legislación	31,25	25,24	
	III Congreso Andaluz de Carreteras (CD Rom incluido)	120	100	
	VI Congreso Nacional de Firmes. "Normalización e Innovación"	60	48	
	XXV Semana de la Carretera VI Encuentro Nacional de la Carretera	52	42	
	"Una Red de Transporte Sostenible" I Congreso Nacional de Seguridad Vial	41,6	33,28	
	Nuevos Sistemas de Gestión y Financiación de Infraestructuras del Transporte	50	40	
	La vida de los puentes	60	48	
	XVIII Vyodeal. Hacia una mejor explotación de las carreteras	40	32	
	Documentos técnicos XVIII Vyodeal nº 24, 25, 26 y 28	40/ud	32/ud	
	Documentos técnicos XVIII Vyodeal nº 27	60	48	
	II Congreso Nacional de Seguridad Vial. Hacia una seguridad sostenible: "una estrategia para todos" (CD 30€)	67	54	
	I Jornada de Participación Ciudadana en la planificación de infraestructuras	62	49,60	
	I Congreso Nacional de Medio Ambiente en Carreteras	60	48	
	XXVI Semana de la Carretera. "Carreteras para el transporte de mercancías"	52	42	
	XIX Vyodeal "Carreteras, Territorio y Accesibilidad"	40	32	
	Documento Técnico del Vyodeal Nº29: Drenaje y pequeñas obras de fábrica para carreteras locales	40	32	
	Documento Técnico del Vyodeal Nº30: Plan de Seguridad Vial para una red de carreteras locales	40	32	
	Libro del XIX VYODEAL + Documentos 29 y 30	100	80	
	XXVII Semana de la Carretera. "Transición hacia un Nuevo Modelo de Desarrollo y Gestión de la Red Viaria"	90	75	
	II Congreso Nacional de Medio Ambiente en Carreteras (CD ROM)	35	35	
	VIII Congreso Nacional de Firmes	120	100	
	II Congreso Internacional Paisaje e Infraestructuras (CD ROM)	35	35	
	Anuario de la Carretera 2008-2009	50	30	
	IV Congreso Nacional de Seguridad Vial	35	28	
	XX Vyodeal "Los retos de financiación de la red de carreteras locales"	60	50	
	Documento Técnico del Vyodeal Nº31: "Modelo de gestión y financiación de carreteras locales. ¿Hacia dónde ir en el futuro?"	30	25	
	Documento Técnico del Vyodeal Nº32: "REDIMOVE: Recomendaciones sobre dispositivos de moderación de la velocidad"	30	25	
	Documento Técnico del Vyodeal Nº33: "Sistemas de contención"	30	25	
	Libro del XX Vyodeal + Documentos técnicos nº 31, 32 y 33	150	125	
	<b>Gastos de envío</b>			
	<b>TOTAL</b>			

Una vez recibido este boletín de pedido, se le comunicará el importe más los gastos de envío.

**Forma de pago:**

- Contra-reembolso.  Talón adjunto a nombre de la ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA.  
 Transferencia al BANCO CENTRAL HISPANO (C/. Goya, 25 - 28001 MADRID)  
 Código de cuenta: 0049-0271-30-2811165823. (Adjuntar copia de la orden de transferencia)

**Enviar el Boletín de Pedido a:**

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE LA CARRETERA  
 Goya, 23 - 4º Dcha. - 28001 MADRID  
 Tel.: 91 577 99 72 • Fax: 91 576 65 22 • e-mail: aec@aecarretera.com



# CARRETERAS

## ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A

DOMICILIO: **C/ Enrique Larreta 10**

C.P.: **28036**

CIUDAD: **Madrid**

TELÉFONO: **91 384 74 00**

FAX: **91 767 11 94**

WEB: **www.elsan-pacs.com**

ÁMBITO DE ACTUACIÓN: **Nacional**

FACTURACIÓN: **de 60,11 millones a 300,51 millones de euros**



**Elsan**  
Grupo OHL

### EJECUCIÓN DE TRABAJOS

#### SERVICIOS URBANOS

##### Conservación y Mantenimiento

- Parques, jardines y mobiliario urbano
- Tratamiento de cubiertas y fachadas
- Conservación de galerías
- Conservación de pasos a distinto nivel y

##### estructuras

- Conservación de alcantarillados
- Conservación de pavimentos
- Conservación de bocas de riego
- Conservación de redes hidráulicas

##### Rehabilitación y Remodelación

- Obra Civil:
  - Urbanización; Viales; Pavimentación; Puentes; Pasarelas; Aparcamientos; Aceras
- Hidráulicas y medioambientales:
  - Instalaciones de riego; Hidrantes; Acometidas; Tuberías y canalizaciones; Parques y jardines; Alumbrado; Mobiliario urbano

#### CONSERVACIONES VIARIAS

##### Servicios Viarios

- Conservaciones integrales
- Conservaciones preventivas

- Refuerzos de firmes
- Reparaciones de pavimentos

##### Servicios Industriales

- Producción asfáltica en las plantas de:
  - Arganda (Madrid) 350 tn/n
  - Valencia 250 tn/n
  - Seseña (Toledo) 200 tn/n

#### SERVICIOS A LAS INFRAESTRUCTURAS

##### A las infraestructuras de obra civil

- Mantenimiento y conservación de infraestructuras
- Servicios a las infraestructuras:
  - Canales; Presas; Regadíos; Acequias
- Costas
  - Paseos Marítimos
- Conducciones y canalizaciones
- Urbanizaciones industriales
- Redes horizontales de gas

##### A las infraestructuras del medio natural

- Hidrológico – forestal
- Cauces y márgenes de ríos
- Márgenes de carreteras

- Costas:
  - Recuperación medioambientales

- Infraestructuras agrarias
- Reforestaciones
- Infraestructuras de residuos:
  - Soterramiento de contenedores
  - Transporte neumático de basuras y otros productos

- Tratamiento de residuos:
  - Sellado de vertederos
  - Descontaminación de suelos

##### A las infraestructuras de edificación

- Mantenimiento inmobiliario
- Edificación modular
- Remodelación y rehabilitación
- Redes verticales de gas
- Instalaciones interiores de gas

##### Servicios viarios portuarios y aeroportuarios

- Handling
- Sistemas ITS
- Áreas y estaciones de servicios
- Áreas de descanso

## Cepsa Proas, Productos Asfálticos, S.A.

DOMICILIO: **C/ Ribera del Loira, 50**

C.P.: **28042**

CIUDAD: **Madrid**

TELÉFONO: **91 337 71 27**

FAX: **91 337 71 32**



### SUMINISTROS

#### MATERIALES

Másticos para sellado de juntas

#### MATERIAS PRIMAS Y ADITIVOS

Betunes asfálticos  
Betunes asfálticos modificados

Emulsiones asfálticas  
Emulsiones de betunes modificados

## Construcciones y Obras Llorente, S.A.

DOMICILIO: **C/ Aluminio, 17**  
C.P.: **47012**  
CIUDAD: **Valladolid**  
TELÉFONO: **983 21 81 91**  
FAX: **983 21 81 92**  
E-MAIL: **construccion@collosa.es**  
CAPITAL SOCIAL: **2.000.000 euros**  
ÁMBITO DE ACTUACIÓN: **Internacional**  
FACTURACIÓN: **de 60,11 a 300,51 millones euros**



### SUMINISTROS

#### MAQUINARIA Y EQUIPOS

Vialidad invernal

#### MATERIALES

Mezclas asfálticas en caliente  
Mezclas asfálticas en frío  
Mezclas asfálticas con ligantes modificados  
Mezclas drenantes

#### MATERIAS PRIMAS Y ADITIVOS

Materiales granulares

### EJECUCIÓN DE TRABAJOS

#### CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN

Conservación Integral  
Movimiento de tierras  
Pavimentación con mezclas asfálticas en caliente  
Pavimentación con mezclas asfálticas en frío  
Pavimentación con mezclas de ligantes asfálticos modificados  
Pavimentación con mezclas drenantes  
Puentes  
Reciclado de pavimentos

Riegos asfálticos  
Riegos con ligantes modificados

#### CONSULTORÍA E INGENIERÍA

Evaluación de firmes  
Inventario de carreteras  
Proyectos de rehabilitación

#### CONTROL DE CALIDAD

En laboratorio

## Eiffage Infraestructuras, S.A.

DOMICILIO: **Pol. Ind. Ctra de la Isla, parcela E.L.-3**  
**(Ctra. el Copero-esq. calle Río Viejo)**  
C.P.: **41703**  
CIUDAD: **Dos Hermanas (Sevilla)**  
TELÉFONO: **954 610 400**  
FAX: **954 610 112**



RUS  
TRIALSA  
PANASFALTO

### SUMINISTROS

#### MATERIALES

Aglomerados asfálticos en caliente  
Fabricante de emulsiones  
Áridos  
Investigación en la fabricación de mezclas bituminosas templadas

#### EJECUCIÓN DE TRABAJOS

##### CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN

Asfaltado de carreteras, calles y aparcamientos

Construcción y mantenimiento de carreteras  
Obras públicas  
Pavimentos industriales  
Fresado de pavimentos  
Lechadas y Slurrys  
Barreras de hormigón "in situ" a 1 y 2 caras  
Ejecución de calzadas  
Ejecución de bordillos de todo tipo y medida  
Ejecución de acequias y cunetas  
Pavimentos de hormigón  
Reciclado en frío "in situ"

#### CONTROL DE CALIDAD

En obra  
En laboratorio  
En planta  
Ensayo de materiales  
Medio Ambiente

#### I+D+I

#### INVESTIGACIÓN EN LA FABRICACIÓN DE NUEVOS PRODUCTOS

Mezclas bituminosas templadas  
Mezclas con reciclado  
Mezclas con polvo de neumático

## EMSA (Estudios Comerciales e Industriales de Maquinaria, S.A.)

DOMICILIO: **Crta. de la Marañoso Km 0,8**  
C.P.: **28320**  
CIUDAD: **Pinto (Madrid)**  
TELÉFONO: **91 307 81 33**  
FAX: **91 357 47 62**  
E-MAIL: **emsa@emsa-machinery.net**



ÁMBITO DE ACTUACIÓN: **Nacional**

### SUMINISTROS

Maquinaria y equipos  
Fresadoras de asfalto

Extendedoras de asfalto y hormigón  
Plantas asfálticas  
Estabilizadores de suelos  
Compactadores de asfalto y tierras

Equipos de machaqueo y cribado  
Zanjadoras de orugas  
Cisternas de emulsión  
Camiones de limpieza

## INTRAME

DOMICILIO: **Núñez de Balboa 85, Esc. Izq., 1º der.**

C.P.: **28006**

CIUDAD: **Madrid**

TELÉFONO: **91 577 60 08**

FAX: **91 576 09 37**

WEB: **www.intrame.com**

E-MAIL: **comercial@intrame.com; internacional@intrame.com**

ÁMBITO DE ACTUACIÓN: **Nacional e internacional**



### SUMINISTROS

#### MAQUINARIA Y EQUIPOS

Plantas de fabricación de mezclas  
asfálticas en caliente.

## Kao Corporation, S.A.

DOMICILIO: **C/ Puig dels Tudons, 10**

C.P.: **08210**

CIUDAD: **Barberà del Vallès (Barcelona)**

TELÉFONO: **93 739 93 00**

FAX: **93 739 93 77**

E-MAIL: **Kao@Kao.es**

ÁMBITO DE ACTUACIÓN: **Internacional**

FACTURACIÓN: **de 60,11 a 300,51 millones euros**



### SUMINISTROS

#### MATERIAS PRIMAS Y ADITIVOS

Productos químicos

## Postigo Obras y Servicios, S.A.

DOMICILIO: **C/ Juan de la Cierva, 9**

C.P.: **46940**

CIUDAD: **Manises (Valencia)**

TELÉFONO: **96 154 51 41**

FAX: **96 153 33 72**

E-MAIL: **psadir@grupo-postigo.es**

CAPITAL SOCIAL: **1.806.000,00 euros**

ÁMBITO DE ACTUACIÓN: **Nacional**

FACTURACIÓN: **hasta 60,10 millones euros**



### SUMINISTROS

#### MATERIALES

Balizas  
Barreras

#### SEGURIDAD VIAL Y GESTIÓN DEL TRÁFICO

Balizamiento  
Barreras antirruído  
Información variable  
Pantallas antideslumbrantes  
Pórticos y banderolas  
Señalización horizontal  
Señalización vertical

#### VARIOS

Mobiliario urbano

### EJECUCIÓN DE TRABAJOS

#### CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN

Obra civil  
Recuperación de trazados: Vías verdes y caminos naturales.  
Pasarelas peatonales.  
Restauración paisajística  
Conservación integral  
Estructuras

#### CONSULTORÍA E INGENIERÍA

Evaluación de la señalización  
Gestión de carreteras  
Inventario de carreteras  
Inventario de señalización  
Proyectos de acondicionamiento  
Proyecto de estructuras metálicas

### MEDIO AMBIENTE

Control de vegetación  
Impacto ambiental  
Medición de índices de ruido  
Paisajismo  
Plantaciones vegetales  
Protección y revegetación de taludes  
Paneles antirruído

## Probisa Tecnología y Construcción S.A.

DOMICILIO: **C/ Gobelás, 25-27 3ª plta.**

C.P.: **28023**

CIUDAD: **La Florida (Madrid)**

TELÉFONO: **91 708 29 54**

FAX: **91 372 90 22**

ÁMBITO DE ACTUACIÓN: **Nacional - Internacional**

FACTURACIÓN: **de 60,11 a 300,51 millones euros**



### SUMINISTROS

#### MAQUINARIA Y EQUIPOS

Evaluación de firmes  
Laboratorio  
Plantas de fabricación de betunes  
Plantas de fabricación de emulsiones asfálticas

#### MATERIALES

Másticos para sellado de fisuras  
Másticos para sellado de juntas  
Mezclas asfálticas en caliente

Mezclas asfálticas en frío  
Mezclas asfálticas con ligantes modificados  
Mezclas drenantes  
Producción de Aridos

#### MATERIAS PRIMAS Y ADITIVOS

Aditivos para asfaltos  
Betunes asfálticos  
Betunes asfálticos modificados  
Emulsiones asfálticas

Emulsiones de betunes modificados  
Materiales granulares  
Productos químicos  
Resinas

#### SEGURIDAD VIAL Y GESTIÓN DE TRAFICO

Pavimentos especiales

#### VARIOS

Libros y Software para carreteras

### EJECUCIÓN DE TRABAJOS

#### CONSTRUCCIÓN Y CONSERVACIÓN

Conservación integral  
Consolidación de terrenos  
Drenajes  
Estructuras  
Fresado de pavimentos  
Impermeabilización  
Juntas prefabricadas de puentes  
Limpieza  
Movimiento de tierras  
Pavimentación con hormigón hidráulico  
Pavimentación con mezclas asfálticas en caliente  
Pavimentación con mezclas asfálticas en frío  
Pavimentación con mezclas de ligantes asfálticos modificados  
Pavimentación con mezclas drenantes e hidráulicas  
Perforación de túneles

Protección de taludes  
Puentes  
Reciclado de pavimentos  
Rehabilitación de puentes  
Restitución de servicios  
Riegos asfálticos  
Riegos con ligantes modificados  
Sellado  
Voladuras

#### CONSULTORÍA E INGENIERÍA

Auscultación de firmes  
Evaluación de firmes  
Gestión de carreteras  
Inventario de carreteras  
Proyectos de acondicionamiento  
Proyectos de estructura de fábrica  
Proyectos de rehabilitación  
Proyectos de trazados

#### CONTROL DE CALIDAD

En obra  
En laboratorio y en planta  
Ensayo de materiales

#### MEDIO AMBIENTE

Impacto ambiental  
Paisajismo  
Plantaciones vegetales  
Protección y revegetación de taludes  
Paneles antirruído

#### SEGURIDAD VIAL Y GESTIÓN DE TRAFICO

Alumbrado público  
Balizamiento

Barreras  
Pantallas antideslumbrantes  
Pavimentos especiales

#### OTROS CAPÍTULOS NO INCLUIDOS

Validación de diversos tipos de residuos

## Repsol YPF Lubricantes y Especialidades S.A.

DOMICILIO: **EDIFICIO TUCUMÁN, Glorieta Mar Caribe, 1**

C.P.: **28042**

CIUDAD: **Madrid**

TELÉFONO: **91 753 97 10**

FAX: **91 753 68 81**

ÁMBITO DE ACTUACIÓN: **Nacional**



### SUMINISTROS

#### COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES

Lubricantes

#### MATERIAS PRIMAS Y ADITIVOS

Betunes asfálticos  
Betunes asfálticos modificados

Emulsiones asfálticas  
Emulsiones de betunes modificados  
Productos químicos

Emulsionantes:  
**ASFIER**  
Activantes de adhesividad:  
**ASCOTE**  
Aditivos:  
**PLASFALT**

AL SERVICIO DE LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERAS

Kao Corporation, S.A.  
Puig dels Tudons, 10  
E-08210 Barberá del Vallés (Barcelona) Spain  
Tel: +34/937399-300  
Fax: +34/937399-377  
e-mail: [marketing@kao.es](mailto:marketing@kao.es)



# Paneles LPT de mensaje variable

Los paneles LPT (Low Power Technology) de mensaje variable son una aportación tecnológica I+D+i del Grupo Postigo a la seguridad vial, en el marco de las políticas mundiales de ahorro energético y sostenibilidad.

Su bajo consumo de energía es inferior a 500 W en un panel 64x64 con mensaje de mayor número de leds encendidos.

## Menos Consumo + Vida



- *Reducen más del 80% el consumo de energía.*
- *Requieren acometidas sencillas y secciones mínimas de cable.*
- *Ahorran inversión económica en instalación, operatividad y mantenimiento.*
- *Permiten alimentación autónoma con energías renovables.*
- *Contribuyen a disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.*
- *Proporcionan alta eficiencia y alargan la vida de los leds (100.000h = 11 años).*
- *Disponen de Certificado para Mercado CE en la norma europea EN12966, que incluye recomendaciones para la selección de paneles con criterios de eficiencia energética.*

**GRUPO POSTIGO**

[www.grupo-postigo.es](http://www.grupo-postigo.es)



**ALBA ELECTRÓNICA**

[www.albaelectronica.com](http://www.albaelectronica.com)