

## CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE (CET)

Memoria de Actividades 2024

***“En el Centro de Estudios del Transporte (CET) nos dedicamos a ofrecer servicios de asistencia técnica de excelencia, impulsando la experimentación e innovación en el campo de las infraestructuras de transporte. Nuestro objetivo es avanzar hacia una movilidad más sostenible y resiliente, contribuyendo al desarrollo de soluciones que mejoren la calidad de vida y el entorno urbano”***

Durante el año 2024, en el **CET** hemos realizado un importante esfuerzo para cumplir con los compromisos establecidos en los **cuatro encargos que se firmaron en 2023** con el **Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITMS)**. Estos encargos han supuesto un intenso trabajo, pero también una gran satisfacción al reforzar el **apoyo técnico prestado** tanto a la **Dirección General de Carreteras (DGC)** como a la recientemente creada **Dirección General de Movilidad Sostenible (DGMS)**.

### **Materiales reutilizados**

En el **CET** hemos desarrollado una gran labor en la **caracterización de materiales básicos, nuevos materiales y reciclados**, especialmente en lo que se refiere a las **mezclas bituminosas** en caliente que incorporan **asfalto reutilizado**. Nuestro estudio principal ha consistido en

comprobar la variación en las propiedades de distintos tipos de mezcla en función del contenido de fresado, y la influencia que ello tiene en la durabilidad de dichas mezclas. Para ello, hemos trabajado principalmente con mezclas tipo **AC (Asphalt Concrete)** y **SMA (Stone Mastic Asphalt)**, y con contenidos de asfalto recuperado del 10% al 50%. Un dato destacado entre los resultados obtenidos es que hemos observado cómo va disminuyendo la resistencia a la propagación de las fisuras con el aumento en el contenido de asfalto recuperado, especialmente a bajas temperaturas. El resultado de este estudio es fundamental para garantizar la **durabilidad** de las mezclas con incorporación de fresado en porcentajes elevados.

Uno de los ensayos de mayor interés que hemos llevado a cabo es el **Ensayo Fénix**, que permite evaluar la resistencia a la

fisuración de las mezclas bituminosas.

Los ensayos realizados, junto con la recopilación que estamos haciendo de los resultados obtenidos en diferentes grupos de trabajo, servirán de base para la revisión de las recomendaciones establecidas en la NT 01/2022 sobre la utilización del ensayo Fénix para el control de calidad de las obras de firmes con mezclas bituminosas.



*Probetas del ensayo Fénix*

## Análisis de patologías

Como parte de las actividades de **Asistencia técnica y apoyo normativo en carreteras**, destacamos también los trabajos realizados relativos al **análisis de las causas de distintas patologías** aparecidas en los firmes de diferentes tramos de la Red de Carreteras del Estado (RCE), por ejemplo, entre los pp.kk. 161+850 y 171+500 de la **autopista AP-7**, donde se apreciaba el despegue de la capa de rodadura, o en el análisis de los deterioros y del estado estructural del firme de la autopista AP-68 entre los pp.kk. 79+902 a 221+622, en donde se ha realizado también una propuesta para la rehabilitación de dicho firme, y que ha servido de base para la redacción del proyecto de evaluación del estado de la infraestructura para la reversión de la autopista.

## Apoyo normativo

Además, continuamos con el **seguimiento** de los **tramos de excepción normativa** ya ejecutados. A lo largo de 2024, hemos analizado testigos del **tramo de la A-32** entre Villacarrillo y Villanueva del Arzobispo, en donde hemos podido comprobar, mediante ensayos de laboratorio, que los testigos del tramo ejecutado con una mezcla BBTM (Béton Bitumineux Très Mince) 11B en rodadura con betún convencional y caucho predigerido presentan un mayor

envejecimiento que los del tramo con mezcla BBTM 11B y betún modificado con polímeros.

Asimismo, hemos llevado a cabo el control de ejecución de la rehabilitación de la calzada derecha del **tramo de la Autovía A-66** entre Puerto de Béjar y Aldeanueva del Camino, en donde hemos ejecutado un reciclado *in situ* con cemento, incluyendo material de fresado de las capas bituminosas existentes, y donde también realizamos la auscultación estructural mediante deflexiones de ambas calzadas.

También hemos participado en el control de ejecución y seguimiento del comportamiento de **tres tramos de firme en la autopista AP-7** entre los pp.kk. 130+000 y 130+500, en dos de los cuales se han empleado **aditivos plásticos** procedentes de residuos poliméricos reciclados con betunes de penetración en mezclas tipo SMA, mientras que el tercero es el tramo de referencia, fabricado con betún modificado con polímeros y fibras de celulosa.

Estamos realizando el seguimiento de las características superficiales (resistencia al deslizamiento y ruido) del firme de **dos tramos ejecutados en la VA30**, en los que se ha extendido una doble capa de microaglomerado en frío, con y sin la incorporación de RA (Reclaimed Asphalt) en la capa inferior y empleando dos emulsiones diferentes en la capa de rodadura, una, convencional y otra, de altas prestaciones. La experiencia y conocimiento que estamos adquiriendo gracias al seguimiento de estos tramos permitirá, a medio plazo, **revisar la normativa existente** en aquellos aspectos

que así lo requieran.



*Extendido de la capa de rodadura en el tramo de excepcionalidad normativa en la A-32 Villacarrillo-Villanueva del Arzobispo.*

También relacionado con el apoyo normativo, hemos definido una nueva metodología para el control de la densidad de puesta en obra de las mezclas bituminosas en capa delgada (BBTM), que servirá de base para la redacción de una **nota técnica** para el **Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible**.

Esta metodología permitirá resolver las discrepancias que se venían encontrando en obra en relación con las densidades de los testigos de este tipo de mezcla, lo que en última instancia repercutía en el abono económico de las capas de mezcla ejecutadas.

## **Estado de firmes de carreteras**

En el ámbito de la **auscultación de firmes y su gestión**, durante 2024 hemos continuado realizando la comprobación de indicadores en las autovías de primera generación, lo que constituye un apoyo fundamental a la DGC para asegurar el control del estado de los firmes de estos

tramos de carreteras, gestionados en régimen de peaje en sombra. Nuestra experiencia en auscultación permite que ésta sea una herramienta clave en el centro, que se consolida como organismo de referencia en el campo del estudio de las características superficiales y estructurales de los pavimentos.



*Equipo SCRIM realizando mediciones*

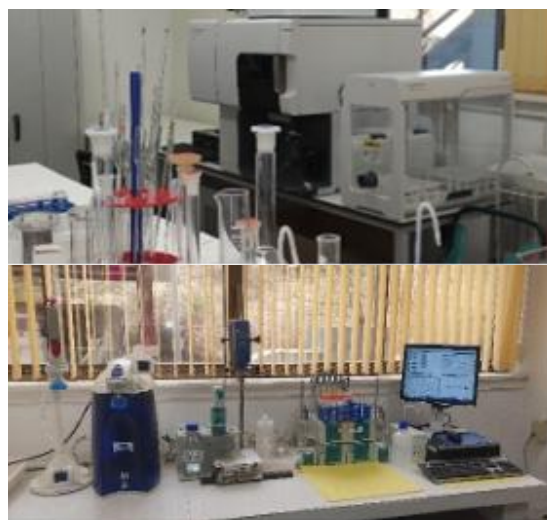
En cuanto a la **monitorización de firmes de carretera**, hemos finalizado el estudio del comportamiento de un tramo de firme semirrígido rehabilitado en 2017 en la **A-62**, por medio de la instrumentación colocada en el pavimento. Los datos obtenidos de la sensorización nos han permitido obtener información de gran interés con respecto al conocimiento de la evolución de las fisuras de reflexión de las capas tratadas con cemento, así como respecto a la influencia de los periodos de humedad y sequedad en la explanada, y su posible repercusión en su capacidad estructural.

## **Sostenibilidad y cambio climático**

Dentro del ámbito de la **sostenibilidad y el cambio climático**, hemos trabajado en la **caracterización de las propiedades de**

**las fundentes empleadas** para la nieve y el hielo en carreteras y el estudio de su **afección sobre el pavimento y el medio ambiente**. Para ello, hemos estudiado los tipos de tratamientos con fundentes y los productos empleados, tanto de uso tradicional como de nueva aplicación, sus mecanismos de actuación, así como las ventajas e inconvenientes de cada uno.

En esta línea, estamos llevando a cabo la evaluación de los posibles efectos adversos de los fundentes sobre las mezclas y los ligantes bituminosos mediante ensayos específicos en laboratorio. Con este estudio esperamos recabar información que permita seleccionar el fundente más adecuado en determinadas circunstancias.



*Dispositivos empleados en el análisis de fundentes*





*Ensayo de afinidad árido betún*

Por otra parte, con relación a los objetivos de descarbonización y economía circular, en el CET hemos iniciado los trabajos para el desarrollo de la herramienta **HAFIRMA (Herramienta de análisis Ambiental de Firmes de Carretera)** para el cálculo de los impactos ambientales relativos a la construcción, mantenimiento, conservación y rehabilitación de firmes, incluyendo la incorporación de reciclados y la fabricación de mezclas bituminosas a menor temperatura y que permitirá, entre otras funcionalidades, la comparación ambiental de distintas soluciones constructivas.



*Portada de la herramienta HAFIRMA*

## Movilidad e innovación

En el ámbito de la **innovación y la movilidad**, hemos trabajado en una ficha específica del encargo de la DGC relativa a

los **vehículos autónomos y conectados (VAC) y las necesidades de adaptación de la infraestructura** para la creciente participación de este tipo de vehículos, dotados de unas capacidades que posibilitan una conducción cada vez más automatizada, en el tráfico rodado.

En este sentido, cabe destacar el estudio que hemos efectuado relativo a las características y equipamientos de la carretera que juegan un papel más importante para facilitar una conducción automatizada, entre los cuales cabe citar a las marcas viales y las señales verticales; también hemos analizado las posibles **Hojas de Ruta** para lograr la implantación de la conducción automatizada y conectada, entendidas estas hojas de ruta como documentos en los que se expresan las prioridades y las fases de implantación de los diferentes niveles de la conducción automatizada.

En el campo de la **movilidad autónoma**, hemos comenzado con la participación en el **Proyecto SCALE (Strengthening C-ITS Adoption and Lining-up accross Europe)**, que puede considerarse como la **continuación del Proyecto C-Roads** y reúne socios de 5 países diferentes. El proyecto SCALE, cofinanciado por la UE dentro del **Programa Connecting Europe Facility (CEF)**, tiene como objetivo ampliar el desarrollo de los servicios maduros C-ITS (**Cooperative Intelligent Transport Systems**) y apoyar el desarrollo técnico y la evaluación de los impactos de los nuevos casos de uso de sistemas C-ITS en 10 emplazamientos piloto y operativos diferentes.

También estamos realizando distintas

actividades de **apoyo a la planificación del transporte**, que durante 2024 han estado dirigidas principalmente a la evaluación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes asociados a fase de operación de los diferentes modos de transporte (marítimo, ferroviario, carretera y aéreo), junto con los consumos energéticos. Para ello, hemos trabajado en el desarrollo de la herramienta **HEAT**, en el marco de un encargo con el **MITMS**.

Otra línea de actividad en este campo es la relativa al apoyo al ministerio en el **desarrollo del Modelo Nacional de Transporte 2.0 (MNT 2.0)**. Este modelo, que es una evolución del MNT actual (versión 1.0), permite la modelización de la oferta y demanda del transporte orientada a la planificación de servicios e infraestructuras de transporte. Todos estos trabajos son necesarios para sustentar una planificación de infraestructuras basada en datos y criterios de reducción de emisiones y eficiencia del transporte.

## Transferencia del conocimiento

Por último, dentro de las actividades de **difusión y transferencia del conocimiento** podemos destacar:

- **Congresos y jornadas**  
La activa participación en congresos y jornadas, tales como el Congreso Ibero Latinoamericano del Asfalto (**CILA XXII**), las **Jornadas de conservación** de carreteras (ATC),

el congreso **Smart Roads** (AEC), el Congreso internacional de **reciclaje de residuos de construcción y demolición** y el **Global Mobility Call**, entre otros.

- **Cursos**  
La impartición del curso de *“Ensayos prestacionales referidos en la OC 2/2023 sobre reutilización de capas de firmes y pavimentos bituminosos”*, en modalidad híbrida teórico-práctica en el CET.
- **Comités**  
La intensa presencia en comités de normalización de UNE y CEN en las distintas líneas de actividad del CET (materiales, auscultación, liberación de sustancias peligrosas en productos de construcción y en áridos, y equipamientos viales y tráfico y seguridad vial); así como en múltiples **grupos de trabajo**, tanto nacionales (comités sobre diversos temas de la Asociación Técnica de la Carretera **ATC**) como internacionales (comités de la Asociación Mundial de la Carretera **AIPCR-PIARC**, Foro Europeo de Laboratorios de Carreteras **FEHRL** y Conferencia de Directores Europeos de Carreteras **CEDR**), y también en grupos en colaboración con las asociaciones del sector, tales como ALEAS (englobada en ASEFMA) y ATEB, pertenecientes al sector de la fabricación de mezclas y emulsiones bituminosas, respectivamente.
- **Consejos**

La presencia en los consejos de redacción de varias revistas técnicas nacionales del sector (Ingeniería civil, Carreteras).

- **Visitas**

Distintas delegaciones visitaron nuestro Centro de Estudios del Transporte.



*Visita al CET de una Delegación de México (FIIAPP)*

Como conclusión, la actividad del CET se encuentra alineada con los ejes de la **Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible**, y da cumplimiento a los retos de la **Agenda Estratégica del CEDEX 2022-2025** en el campo de la movilidad sostenible, resiliente y digital.