

## RUTAS TÉCNICA

Estrategia avanzada de inspección y seguimiento para el Puente del Alamillo

## RUTAS DIVULGACIÓN

Programas de firmes sostenibles efAPaves y ReCOPAVes de la Dirección General de Carreteras

Balance de los contratos de concesión de las autovías de primera generación

Autovía del Duero A-11. Tramo: Venta Nueva- Enlace de Santiuste.

Autopista musical

## CULTURA Y CARRETERA

Las uvas de la ira. Steinbeck, Ford y la Ruta 66 (2)



# Asfaltos Repsol, abriendo el camino a la eficiencia y a la innovación

En Repsol innovamos cada día para adaptarnos a las nuevas necesidades en pavimentación. Por eso, ahora te ofrecemos **5 gamas de asfaltos de alto nivel** para crear carreteras y pavimentos más seguros, eficientes y sostenibles: **PAVE, PERFORM, COLOR, ADVANCE e ISOLATE.**

- **Altas prestaciones:** asfaltos de calidad y garantía certificada con nuestra asistencia técnica y desarrollo.
- **Más eficientes:** soluciones eficientes y comprometidas con el medioambiente desarrolladas en el Repsol Technology Lab.
- **A tu medida:** elige el que mejor se adapte a ti entre más de 120 referencias, con diversidad de formatos.



**REPSOL**

*Inventemos el futuro*



Repsol Compromiso  
Cero Emisiones Netas  
2050



Descubre más  
aquí



### ***Tribuna Abierta***

- 03** **Hacia una mejor gestión estratégica del ruido viario**  
Christian de la Calle Otero

### ***Rutas Técnica***

- 05** **Estrategia avanzada de inspección y seguimiento para el Puente del Alamillo**  
*Advanced inspection and monitoring strategy for the Alamillo Bridge*  
José Joaquín Hernández Martínez, José E. Álvarez Giménez y Raúl Díaz Álvarez



### ***Rutas Divulgación***

- 23** **Programas de firmas sostenibles efAPaves y ReCOPaves de la Dirección General de Carreteras**  
Valverde Jiménez Ajo e Imanol García Álvarez

- 27** **Balance de los contratos de concesión de las autovías de primera generación**  
Pablo David Conde Blanco y Rosalía Bravo Antón

- 33** **Autovía del Duero A-11. Tramo: Venta Nueva- Enlace de Santiuste. Provincia: Soria.**  
Javier Fernández Armijo y Lorenzo Plaza Almeida



- 38** **Autopista Musical. Un incentivo positivo a la Seguridad Vial**  
Máximo Machado Guzmán y Camino Arce Blanco



### ***Cultura y Carretera***

- 42** **Las uvas de la ira. Steinbeck, Ford y la Ruta 66 (2)**  
José María Menéndez Martínez y Jesús Rubio Alférez

### ***ATC***

- 55** **XIV Jornada sobre Equipamiento Vial**

- 57** **Nuevos Estatutos de la ATC**

- 60** **Álvaro Navareño reelegido como Presidente y Ana Isabel Arranz nueva directora de la ATC**

- 64** **Próximos eventos ATC**

- 65** **Junta Directiva, Comités Técnicos y Socios de la ATC**



## Edita:

ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS  
Monte Esquinza, 24 4º Dcha. ♦ 28010 ♦ Madrid  
Tel.: 913 082 318 ♦ Fax: 913 082 319  
info@atc-piarc.com - www.atc-piarc.com

## Comité Editorial:

### Presidente:

Álvaro Navareño Rojo Presidente de la Asociación Técnica de Carreteras (España)

### Vicepresidente Ejecutivo:

Óscar Gutiérrez-Bolívar Álvarez Dirección General de Carreteras, MTMS (España)

### Vocales:

Ana Isabel Blanco Bergareche	Subdirectora Adjunta de Circulación, DGT, M. Interior (España)
Alfredo García García	Catedrático de la Universitat Politècnica de València (España)
Jaime Huerta Gómez de Merodio	Secretario del Foro de Nuevas Tecnologías en el Transporte, ITS España (España)
María Martínez Nicolau	Directora Técnica de Innovia-Coptalia (España)
Félix Pérez Jiménez	Catedrático de Caminos de la Universidad Politécnica de Barcelona (España)
Manuel Romana García	Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Madrid (España)
Jesús J. Rubio Alférez	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)
Javier Sainz de los Terreros Goñi	Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (España)

### Vocales-Representantes de los Comités Técnicos de la ATC:

Rafael López Guarga	Presidente del CT de Túneles de Carreteras
José Manuel Blanco Segarra	Presidente del CT de Financiación
Luis Azcue Rodríguez	Presidente del CT de Vialidad Invernal
Valverde Jiménez Ajo	Presidenta del CT de Firms de Carreteras
Fernando Pedrazo Majarrez	Presidente del CT de Planificación, Diseño y Tráfico
Manuel Romana García	Presidente del CT de Geotecnia Vial
Paula Pérez López	Presidenta del CT de Conservación y Gestión
Emilio Criado Morán	Presidente del CT de Puentes de Carreteras
Roberto Llamas Rubio	Presidente del CT de Seguridad Vial
Antonio Muruais Rodríguez	Presidente del CT de Carreteras Sostenibles y Resilientes
Mónica Laura Alonso Pla	Presidenta del CT de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico
Álvaro Navareño Rojo	Presidente del CT de Dotaciones Viales
Rita Ruiz Fernández	Presidenta del CT de Valor Histórico Patrimonial

### Redacción, Maquetación, Diseño,

### Producción y Gestión Publicitaria:

Asociación Técnica de Carreteras  
Tel.: 91 308 23 18 ♦ info@atc-piarc.com

### Arte Final, Impresión y Distribución:

Huna Comunicación (Huna Soluciones Gráficas S. L.)  
Tel.: 91 029 26 30 ♦ www.hunacomunicacion.es

Depósito Legal: M-7028-1986 - ISSN: 1130-7102

Todos los derechos reservados.

La Revista Rutas publica trabajos originales de investigación, así como trabajos de síntesis, sobre cualquier campo relacionado con las infraestructuras lineales. Todos los trabajos son revisados de forma crítica al menos por dos especialistas y por el Comité de Redacción, los cuales decidirán sobre su publicación. Solamente serán considerados los artículos sobre no hayan sido, total o parcialmente, publicados en otras revistas, españolas o extranjeras. Las opiniones vertidas en las páginas de esta revista no coinciden necesariamente con las de la Asociación ni con las del Comité de Redacción de la revista.

Precio en España: 18 euros +IVA

© Asociación Técnica de Carreteras

## REVISTA RUTAS

La Revista Rutas desde 1986, año de su creación, es la revista editada por la Asociación Técnica de Carreteras (Comité Nacional Español de la Asociación Mundial de la Carretera).

Las principales misiones de la Asociación, reflejadas en sus Estatutos son:

- Constituir un foro neutral, objetivo e independiente, en el que las administraciones de carreteras de los distintos ámbitos territoriales (el Estado, las comunidades autónomas, las provincias y los municipios), los organismos y entidades públicas y privadas, las empresas y los técnicos interesados a título individual en las carreteras en España, puedan discutir libremente todos los problemas técnicos, económicos y sociales relacionados con las carreteras y la circulación viaria, intercambiar información técnica y coordinar actuaciones, proponer normativas, etc.
- La promoción, estudio y patrocinio de aquellas iniciativas que conduzcan a la mejora de las carreteras y de la circulación viaria, así como a la mejora y extensión de las técnicas relacionadas con el planteamiento, proyecto, construcción, explotación, conservación y rehabilitación de las carreteras y vías de circulación.



Nº 200 JULIO - SEPTIEMBRE 2024

# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

*Fotografía de portada:*

*Autovía A-38, PK 16,  
Variante de Cullera - Favara  
(Provincia de Valencia)*

**Innovia**

# Hacia una mejor gestión estratégica del ruido viario

**Christian de la Calle Otero**

*Subdirector Adjunto de Conservación y Gestión de Activos. DGC*

La Ley del Ruido de 2003 define contaminación acústica como la “presencia en el ambiente de ruidos o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente”. La Ley, a instancias de la Directiva de ruido ambiental que traspone, proporciona herramientas de gestión que son de obligada cumplimiento a nivel europeo para los gestores de infraestructuras de transporte, como la evaluación global de la magnitud del problema a través de los mapas estratégicos de ruido (MER) y el planteamiento de soluciones a través de planes de acción (PAR), en ambos casos con vigencia de 5 años.

El ruido generado por el tráfico rodado es una externalidad singular; a diferencia de otras formas de contaminación, afecta de manera muy desigual a la población. Por un lado, el proceso físico de generación y propagación del ruido cuenta con múltiples variables involucradas; además el umbral de la molestia percibida es muy diferente entre personas

y territorios, siendo el factor cultural - clima, costumbres, tolerancia al ruido - muchas veces empleado como atajo hacia la tolerancia y la inacción. Finalmente, una normativa muy ambiciosa y las limitaciones económicas inherentes al ámbito de gestión administrativa permiten comprender las dificultades de avanzar sustantivamente en la materia; incluso cuando hay avances que sí se están produciendo.

Para no caer en la tentación de minusvalorar el problema de origen, que con frecuencia queda invisibilizado para quienes no lo padecen con intensidad en primera persona, conviene recordar algunos datos:

- Más de 167 millones de europeos estaban expuestos en 2017 a 53 dBA (indicador Lden). Este valor, recomendado por la OMS en base a evidencia científica para limitar efectos graves en la salud como enfermedades cardíacas isquémicas o alteraciones graves de sueño, es más restrictivo que los 55 dBA que desde 2003 monitoriza la UE.

- Estudios científicos en España por parte del Instituto de Salud Carlos III, basados en observación de monitorización continua plurianual de ruido, han aflorado altas correlaciones entre niveles de ruido de tráfico urbano y eventos como llamadas al 112, ingresos hospitalarios, mortalidad cardiovascular o mortalidad respiratoria, todo ello vinculado a exposiciones no necesariamente de largo plazo, sino en periodos cortos de exposición.
- La Comisión Europea estimó en 2011 un coste social anual en la UE del ruido en ámbito Directiva (coste sanitario, depreciación viviendas, limitaciones de uso de suelo y pérdida de productividad laboral) de unos 40 mil millones de euros (de 2011) de los que un 78% es imputable al tráfico rodado (55% urbano y 23% interurbano).

Parece sensato esperar que en el futuro, con la consolidación de la evidencia científica y una creciente demanda ciudadana, lo que ahora son objetivos globales no vinculantes (el Zero Pollution Plan de la Comisión Europea persigue reducir un 30% la población que sufre molestias crónicas por ruido del transporte entre 2020 y 2030) se trasladen a la normativa tendiendo a niveles de protección de la salud humana más elevados. Un asunto regulado pero aun no abordado es la protección de la salud animal por ruido ambiental; sirva esto de “aviso a navegantes”.

Desde hace ya varias décadas las evaluaciones de impacto ambiental de nuevas carreteras, variantes y acondicionamientos velan con rigor por la disposición de medidas de corrección acústica desde fase de diseño; además se evalúa *ex post* su eficacia a través del programa de vigilancia ambiental.

Por su parte, desde la Dirección General de Carreteras se ha retomado en los últimos meses el pulso en lo referente a evaluar, planificar y ejecutar medidas correctoras en la red “en servicio”. El principal hito se ha producido el pasado mes de agosto cuando, tras 10 años desde la última publicación de Mapas de Ruido (MER), se ha aprobado tras ser sometida a pública exposición la serie de MER en las carreteras de la RCE sin peaje; próximamente se culminará el trabajo con la exposición de los MER en las autopistas de peaje. Se trata en ambos casos de la 4ª fase quinquenal de las prescritas por la Directiva, y ha supuesto un ingente trabajo de puesta a cero del cartografiado, con la participación de 14 consultoras, abarcando los más de 12.300 km de

red estatal en la que se supera el umbral de 3 millones de vehículos anuales. La novedad esencial es el empleo de la nueva metodología común de evaluación de ruido ambiental para toda la UE, “CNOS-SOS”, en sustitución del método interino francés que se empleó en España hasta el 2018, lo que implica, por un lado, la imposibilidad de hacer una comparativa entre esta cuarta fase y las anteriores, pero por otro, sí ser comparables los resultados y su evolución con el resto de países europeos.

Adicionalmente, a través de fondos europeos NextGenerationEU del capítulo de Sostenibilidad del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, se han impulsado numerosos proyectos de corrección acústica en la RCE que ya estaban identificados como prioritarios en el PAR de 2ª fase (año 2016), con una inversión de unos 180 millones de euros sumando obra ya licitada y consultoría. La semilla está plantada: se ha generado una interesante sinergia entre técnicos, expertos, administración, fabricantes y ayuntamientos, en que convendría seguir profundizando.

Queda en este asunto mucho camino por recorrer y mucha cooperación por impulsar: investigación científico-médico-sociológico, reguladores, gestores de infraestructuras, administraciones competentes en ordenación del territorio, sector de la innovación y desarrollo en el campo de las soluciones (fabricantes de automóviles, fabricantes de pavimentos, fabricantes de pantallas...), políticos con capacidad de orientar inversiones... La medida en que ser optimista depende de que haya cada vez más puentes de contacto y mecanismos de información y colaboración entre todos estos agentes, conjuntamente con un esfuerzo de sensibilización a favor de las personas afectadas. ❖

# Estrategia avanzada de inspección y seguimiento para el Puente del Alamillo



Advanced inspection and monitoring strategy for the Alamillo Bridge

## José Joaquín Hernández Martínez

*Director del Contrato de conservación de carreteras zona Oeste de Sevilla*

## Raúl Díaz Álvarez

*IMESAPI, S.A.*

## José E. Álvarez Giménez

*Jefe Servicio Carreteras Delegación Territorial de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda de Sevilla*

**E**l Puente del Alamillo, por su concepción estructural y tamaño, es uno de los Puentes más singulares con los que contamos en España, y el hecho de ser un puente atirantado y no contar con tirantes en la retenida constituyó un hito en su momento.

Una vez que ha superado los 30 años de vida, y contando con tirantes como elemento fundamental de su concepto resistente, un planteamiento avanzado de inspección y seguimiento se hace imprescindible para un adecuado mantenimiento del mismo.

Tareas como la realización de una inspección especial de los tirantes, usando las más modernas técnicas, la generación de un modelo digital del Puente y la auscultación del mismo han formado parte de esta estrategia descrita en el artículo, y siempre bajo la supervisión y coordinación de expertos de reconocido prestigio en el ámbito de los Puentes.

**T**he Alamillo Bridge, due to its structural concept and dimensions, is one of the most unique bridges in Spain. Being a cable-stayed bridge and not having retaining stay cables became it a landmark job in its conception

Once the bridge has reached 30 years of service life, and having critical components such as the cables themselves, it is advisable to carry out an advanced inspection and monitoring approach to achieve proper maintenance and ensure a long service life.

The strategy developed, which is outlined in the article, includes a special inspection of the stay cables using the latest techniques, the creation of a digital twin model, and the auscultation and instrumentation of the bridge, among other technical works, always under the supervision and coordination of recognised experts in the field of bridges.

## Introducción

El Puente del Alamillo se encuentra en Sevilla, en la carretera autonómica A-8083, la cual da continuidad a la ronda de circunvalación SE-30 de Sevilla salvando la dársena de San Jerónimo en su zona norte, y se encuentra encuadrado dentro del contrato de conservación integral de carreteras de nombre “Servicios de diversas operaciones de conservación en las carreteras de la zona oeste del Área Metropolitana de la provincia de Sevilla” y Clave: 07 – SE – 2 6 8 9 - 0.0 - 0.0 – GI, promovido por la Junta de Andalucía y del que es adjudicatario IMESAPI, S.A.

La empresa cuenta entre sus actividades la de la conservación de carreteras, disciplina en la que se encuentra entre las empresas punteras del sector y para la que cuenta con una sensibilidad especial, puesta de manifiesto en casos especiales como el que nos ocupa: el mantenimiento avanzado de una estructura singular como es el Puente del Alamillo.

Así IMESAPI S.A cuenta con los conocimientos del estado y evolución del Puente del Alamillo, generado a través de la experiencia de su conservación durante años, habiendo participado y estado presente en inspecciones, operaciones de mantenimiento, obras de mejora...y accediendo a la documentación técnica existente de la estructura, tanto original como generada en el tiempo. Además cuenta con una vasta experiencia de conservación y mantenimiento en Puentes atirantados, entre los que se encuentran además del propio Puente del Alamillo, el Puente del Centenario, Sevilla ( 1.997-2.019) y el Puente de la Constitución de 1.812, Cádiz ( 2.015-2.024). Todo lo anterior permite una visión sobre la estructura y sus necesidades que lo sitúa en un plano privilegiado para proponer un planteamiento general

del mantenimiento cooperando en ella con la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda de la Junta de Andalucía.

En el presente artículo veremos la estrategia de conservación y seguimiento avanzado del estado del Puente del Alamillo, llevado a cabo conjuntamente con la Dirección General de Carreteras de la Consejería de Fomento, Articulación del Territorio y Vivienda, así como el conjunto de razones y justificación técnica que ha llevado a que esta se haya implementado.

En primer lugar se hará una breve descripción del Puente y su esquema de trabajo estructural, lo que ya nos dará una primera idea acerca de su singularidad, a continuación se expondrán una serie de razones técnicas, que sumadas a acontecimientos recientes en puentes similares a nuestro entender justifican la necesidad del empleo de técnicas avanzadas para la inspección y evaluación del estado del Puente, y por último se describirá la estrategia seguida, y las actividades que ha contenido ésta así como las conclusiones obtenidas.

## Descripción de la estructura

El Puente fue construido con motivo Exposición Universal de Sevilla del año 1.992, con lo cual cuenta con una edad superior a los 30 años y constituye una de las actuaciones de

mayor envergadura y singularidad que haya acometido la Junta de Andalucía en materia de obra pública.

Para comprender la especial atención requerida por este Puente comenzaremos con una breve descripción del mismo, a partir de la cual se podrá asumir su especial singularidad.

Por sus dimensiones, luz de 200 m., pilono de 141 m. de longitud y formando 32 ° con la vertical, y su tipología estructural, atirantamiento central en arpa con cables paralelos anclados en un pilón con forma de mástil y en el centro del tablero, sin tirantes de retenida, constituyó en su momento un hito en lo que a diseño y construcción de puentes se refiere: trabaja como una balanza, equilibrando los pesos propios de pilono y tablero, con lo que los márgenes de seguridad para la estabilidad global de la estructura los tiene que aportar la rigidez que proporcione la cimentación del pilono, en la que se encuentran encastrados tanto pilono como tablero. (Figura 1)

Una construcción de esta envergadura y con este esquema resistente tan novedoso precisó de un control de ejecución muy preciso, por lo que fue instrumentado profusamente durante esta fase. Este sistema de auscultación una vez finalizadas las obras se abandonó y finalmente se perdió.

Como hemos dicho el Puente cuenta con una única luz libre de 200 m., y

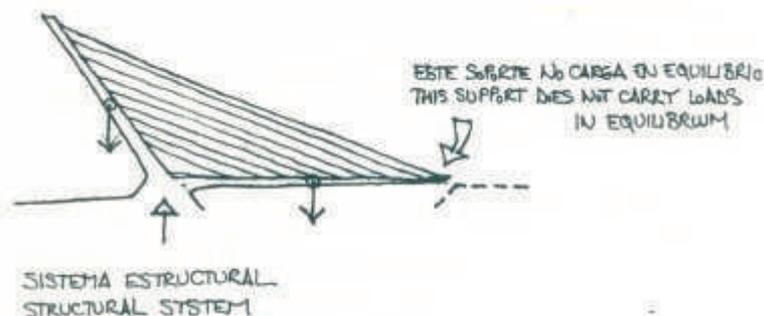


Figura 1. Esquema estructural Puente. Alberto Díaz Hermidas, 1.992

cuenta con un tablero que se caracteriza por dos elementos principales:

- Cajón central metálico sobre el que se sitúa la pasarela peatonal. Cuenta con sección constante y forma de hexágono regular, con un canto de 4,40 m., y se encuentra rigidizado tanto longitudinal como transversalmente mediante perfiles y chapas. Además existen diafragmas transversales coincidentes con las costillas de los voladizos.
- Dos voladizos laterales situados a una cota inferior a la de la pasarela peatonal, sobre los que circula el tráfico rodado. Estos voladizos, de 13,20 m. de anchura están resueltos mediante una prelosa de hormigón de 23 cm. de espesor, apoyada en costillas metálicas dispuestas cada 4 m. y conectadas al cajón central,

La pila principal y única está formada por un mástil de 141 m. de longitud, inclinada  $32^\circ$  con la vertical, lo que de la una altura total de 132,25 m.

La sección transversal de este fuste, aunque inicialmente prevista en hormigón armado, está resuelta mediante una estructura mixta hormigón-acero de sección variable por condicionantes de construcción y plazo. La cara exterior del fuste es metálica de forma que ha servido de encofrado para el hormigón que se sitúa en su interior. En el centro de la sección se aloja un aligeramiento circular de 4 m. de diámetro hasta la cota 76,15, y de 2 m. de diámetro desde dicha cota hasta los 132,25 correspondiente con la coronación de la pila.

Para el empotramiento del tablero en la base de esta pila se dispone un gran plinto de hormigón armado sobre un encepado de hormigón armado de dimensiones 28 x 28 x 12 m, recogiendo 54 pilotes de 2 m. de diá-

metro y 48 m. de longitud, con 24 m. empotrados en el estrato de las margas azules de Sevilla.

En el lado Sevilla la estructura se completa mediante un amplio estribo que realiza las funciones de apoyo del tablero y de contención de tierras del terraplén de la carretera. En condiciones de ausencia de sobrecargas de uso sobre el Puente este estribo no recibe cargas. Está formado por una gran viga transversal de hormigón armado en la que se empotra el tablero metálico y un encepado sobre pilotes sobre el que descansa la viga transversal descrita, apoyada mediante dos aparatos de apoyo tipo POT, uno libre y el otro con guídera longitudinal para evitar movimientos transversales. La zona del apoyo se encuentra dentro de un recinto cerrado con muros laterales cimentados sobre zapatas mientras que el central posterior lo hace sobre el encepado, lo cual hace que sufran un cierto asiento diferencial con respecto al apoyo del tablero y el muro central.

Por último dentro de este apartado de descripción general de la

estructura encontramos el atirantamiento, materializado mediante trece parejas de cables, paralelos y dispuestos en arpa, con un ángulo de  $28^\circ$  con respecto a la horizontal, con una longitud máxima de 291 m. y mínima de 71 m. Los pares 5 al 13 están dotados de un sistema de amortiguamiento externo. Se cuenta en el Puente con 4.800 ml de tirantes.

Para un puente atirantado, y de esta envergadura, los tirantes son uno de los aspectos más sensibles, tanto por su misión estructural y vida útil, como por la dificultad de acceso para inspeccionarlos e incluso como por la dificultad de reparación cuando bajan de cierto umbral de servicio.

### Necesidad de planteamiento de estrategia de inspección y mantenimiento avanzados

En las sucesivas versiones de la "Instrucción sobre las acciones a considerar para puentes de carretera", IAP, se ha establecido en su

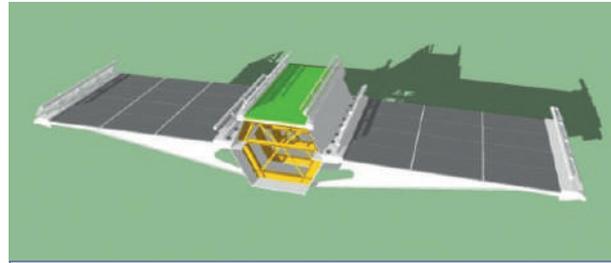


Figura 2. Corte transversal 3D del tablero. IMESAPI 2.020.

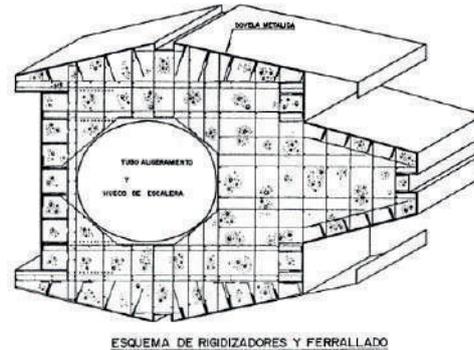


Figura 3. Corte transversal 3D de la pila. Puente del Alamillo. FCC 1.992

apartado 2.2 Vida útil, una vida útil para los puentes de 100 años, y en la medida en estos que contienen elementos con una vida útil inferior, es preciso mantenerlos o sustituirlos conforme su edad avanza.

En primer lugar es preciso identificar los diferentes puntos críticos y establecer el plan de control que garantice su mejor conservación en el tiempo, y para elementos tan cruciales en un puente atirantado como son los tirantes esto es fundamental, pues constituyen uno de estos elementos cuya vida útil es sensiblemente inferior a la vida del Puente, y sin su concurso y en plenas condiciones “no hay puente”.

Por tanto las estructuras atirantadas requieren inspecciones especializadas y un mantenimiento proactivo para poder garantizar su vida útil. Son estructuras esbeltas y deformables que para su correcto funcionamiento requieren la integridad de los tirantes. A esto debemos sumar la singularidad de funcionamiento del Puente que nos ocupa y la edad del mismo y de sus elementos constructivos, entre ellos por supuesto los tirantes.

Los tirantes como componentes estructural principal (conectan tablero y pilono) requieren un control exhaustivo debido a:

- Estar en contacto con los agentes atmosféricos (sol, viento, lluvia...)
- Estar sometidos a fenómenos de vibración y fatiga
- Ser técnicas que han experimentado un gran avance en los últimos 30 años

Las principales recomendaciones internacionales ACHE (española), PTI (americana), fib(internacional) y CIP (francesa) resaltan la importancia de la durabilidad.

En la colección “Recomendaciones y Manuales Técnicos” del Colegio de Caminos, Canales y Puertos, se recoge en su manual “E-12 Manual de Tirantes”, ACHE 2.007., en la tabla “Tabla II.8. Criterios de Durabilidad y Mantenimiento” la siguiente vida útil de elementos y periodos de inspección para los tirantes.

Atendiendo a esta tabla nos encontraríamos ahora habiendo consumido el 60 % de la vida útil de los tirantes. Además hay que añadir que las técnicas usadas en los años 80 y primeros 90 para la ejecución de tirantes se han mostrado generalmente incapaces de dotar de una vida útil a estos elementos, no ya de 50 años como se exige en la actual normativa, sino de periodos mucho más cortos que se cifran entre los 25 y 30 años por la bibliografía especializada.

Recordaremos que no es hasta mediados de los años 90 cuando comienza a utilizarse la técnica de los tendones autoprotegidos, que generan tirantes mucho más resistentes a los agentes externos y en base a los cuales se determina la vida útil de 50 años ( técnicas como la inyección de vainas por medio de lechadas, profusamente utilizadas en los 80 y primeros 90, se han mostrado incapaces de garantizar a largo plazo el come-

tido para el que estaban destinadas- se quedaban zonas sin rellenar dejando los cordones desprotegidos, la elevada presión a usar para llegar a cubrir tirantes largos podían generar fisuras en la vaina por las que penetraba agua y el ambiente... ).

A lo largo de la vida de la estructura se han venido llevando a cabo inspecciones principales periódicamente por parte de personal cualificado ( González Barcina, ALEPH, 1.999, 2.002, 2.009 y 2.016), además de las básicas anuales realizadas por los técnicos de la conservación integral, e incluso en 2.004 y 2.009 se han llevado pruebas dinámicas sobre los tirantes (Casas y Aparicio, UPC, 2.004 y 2.009) , arrojando todas ellas buenos resultados, pero tras casi 30 años de vida se venía echando en falta una inspección especial para los tirantes, detallada y usando medios y técnicas avanzadas para determinar con certezas la salud de los mismos dadas las dudas razonables existentes acerca de la vida útil real de estos elementos diseñados antes de la aparición de la normativa vigente actual.

A la justificación de necesidad de llevar a cabo una inspección especial de tirantes, y una evaluación global del comportamiento estructu-

Tabla II.8. Criterios de Durabilidad y Mantenimiento

Acceso, capacidad sustitución	Vida útil estructura	Vida útil tirante sin perdida capacidad	Durabilidad protección corrosión, vibración,...	Vida útil protección corrosión, vibración,...	Periodo inspección/ mantenimiento
Tirante sustituible	100 años	50 años	Partes accesibles: 10 años mínimo,  Partes no accesibles: 50 años.	Partes accesibles: 10 años mínimo,  Partes no accesibles: 50 años.	1era inspección: 3años mínimo  Sigüientes inspecciones: cada 5años
Tirante no sustituible Accesible	100 años	100 años	100 años	Partes accesibles: 10 años  Partes no accesibles: 100 años	1era inspección: 3años mínimo  Sigüientes inspecciones: cada 5años
Tirante no sustituible No accesible	100 años	100 años	100 años	100años	100años

ral del Puente, relacionada anteriormente, tenemos que añadir el especial momento de atención por parte de la opinión pública que viven este tipo de estructuras después de los últimos acontecimientos vividos en puentes atirantados y especialmente el acontecido en Génova (Italia) el cercano verano de 2.018.

Pero también en España hemos tenido precedentes negativos para puentes atirantados de la misma edad que el Puente del Alamillo, tal es el caso del Fernando Reig en Alcoy que data de 1.988, puente perteneciente a la Red de Carreteras del Estado y gestionado por el Ministerio de Transportes, que sufrió la rotura de un tirante el pasado 28 de julio de 2.016 lo cual obligó a cerrar al tráfico la estructura. Tras una importante labor de inspección y auscultación motivada por este hecho se llegó a la conclusión de que para abrir nuevamente al tráfico en el contexto reglamentario vigente (mucho más estricto que el existente en el momento de la ejecución de estos puentes), tanto para la situación actual como para el horizonte temporal al que hacen referencia los códigos, era preciso sustituir el 100 % de los tirantes.

Añadiremos además que estas situaciones han provocado una inspección especial muy intensa sobre otro Puente vecino al Puente del Alamillo y de su misma edad, el Puente del Centenario (también competen-

cia del Ministerio de Transportes), que entre 2.016 y la actualidad ha sufrido de numerosas actuaciones de inspección y auscultación, y para el que ya incluso se encuentran en marcha las obras para la sustitución de todos los tirantes, dadas las incertidumbres a efectos de durabilidad que se plantean para unos tirantes de 30 años y concebidos a primeros de los años 90.

Adicionalmente a todo lo anterior el Puente del Alamillo desde su construcción vino sufriendo esporádicamente y ante la combinación de lluvia y fuerte viento del Sur-Suroeste el fenómeno que se conoce como "rain vibration", lo que se manifiesta como vibraciones de amplitud importante en determinados tirantes.

Este fenómeno en ocasiones ha llegado a causar alarma social dada su aparatosidad, máxime cuando los tirantes se disponen junto a la pasarela peatonal del Puente; además de tratarse de un efecto no deseable de cara a la durabilidad de los tirantes por cuanto que afecta a la resistencia por fatiga de los mismos.

Entre el año 1.999 y el 2.003 se llevó a cabo la redacción de varios informes de consultoras especializadas acerca de este fenómeno y en el que en todos los casos se aconsejaba la disposición de amortiguadores para disipar la energía de vibración de los tirantes.

Esta circunstancia provocó que en 2.004 ya se realizara una campaña de ensayos dinámicos sobre los tirantes, realizada por la Universidad Politécnica de Cataluña a petición de la Dirección General de Carreteras de la Junta de Andalucía, el cual si bien ponía de manifiesto el buen estado de conservación del Puente sí confirmó la necesidad del amortiguamiento adicional entre los pares de tirantes 5 y 13.

Amortiguamiento que se definió en el "Proyecto de amortiguamiento de los tirantes del Puente del Alamillo", de clave 05-SE-1744-0.0-0.0-PC y fecha septiembre de 2.005, con Alonso Cobo Estudio de Ingeniería como autor, y que fue posteriormente implantado en 2.007 mediante la ejecución del citado proyecto.

Los amortiguadores dispuestos son del tipo dinámico, es decir, adecúan la capacidad de amortiguamiento en función de la sollicitación requerida por el tirante.

A continuación se puede observar una gráfica en la que se observa la capacidad de adecuación del amortiguamiento de estos elementos, además de un esquema de funcionamiento del amortiguador. (Figura 4 y 5)

Así pues entre los años 1.992, de puesta en servicio, y 2.007, de instalación de los amortiguadores, transcurrieron 15 años durante los cuales

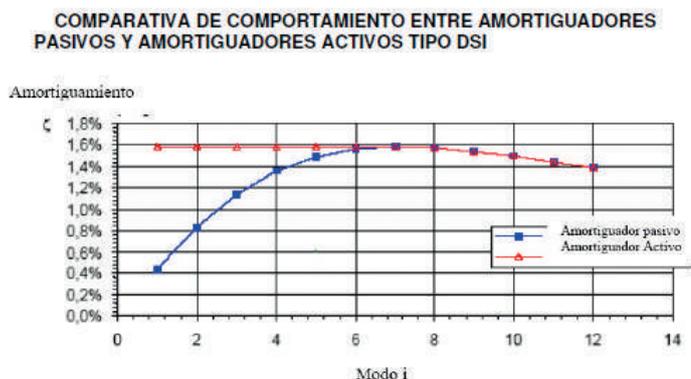


Figura 4. Amortiguamiento dinámico vs estático. Maurer Shöne 2.007

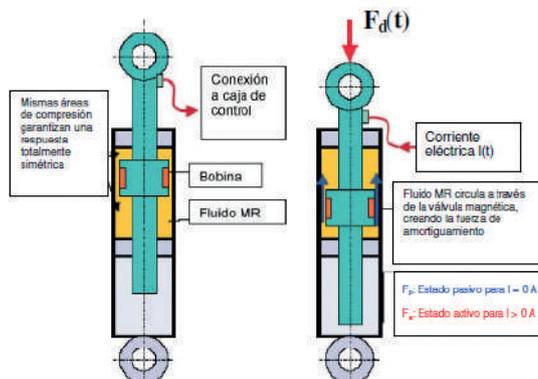


Figura 5. Funcionamiento amortiguador dinámico. MS 2.007

el Puente estuvo sujeto a episodios, esporádicos eso sí, en los que se provocaban vibraciones con amplitudes muy importantes y que han podido estar afectando a la resistencia a fatiga de los tirantes.

Después de casi 30 años de vida, y a partir de argumentos expuestos en este apartado se desprende la necesidad de establecer una pauta de inspección y seguimiento más ambiciosa que la ordinaria que se estaba llevando a cabo para el Puente, con atención prioritaria a la inspección especial de los tirantes, así como un planteamiento para el seguimiento que nos mostrara el actual comportamiento estructural del Puente y que nos permitiera adelantarnos a la evolución de éste en el tiempo.

## Estrategia avanzada de inspección y seguimiento del puente

Como hemos visto en el apartado anterior se hace preciso llevar a cabo el planteamiento de una estrategia de inspección y seguimiento del Puente, para la cual se debería hacer uso del actual estado de la técnica y de los avances tecnológicos disponibles en aras de conseguir su máxima eficacia

Este planteamiento se hace en base a los cuatro puntos relacionados a continuación:

- Inspección especial detallada de tirantes. Realizada entre septiembre y diciembre de 2.019

En la que se plantea la inspección de manera muy detallada de los distintos elementos de los que se componen los tirantes y se evalúa su estado y comportamiento, de manera que podamos establecer un informe de partida o “cero” que permita conocer con la mayor exactitud posible su estado

de conservación y sirva de guía para acometer reparaciones o mejoras.

- Elaboración de modelo digital de comportamiento del Puente. Desarrollado entre enero y octubre de 2.021

Se lleva a cabo la modelización parametrizada del puente con el fin de evaluar la respuesta estructural general en hipotéticos escenarios de variación de las fuerzas de los tirantes. Al cabo de todos estos años de servicio del puente, próximos a los 30, cuando las curvas de comportamiento podrían haber iniciado una fase de descenso en prestaciones con gradiente más acentuado, se hace necesario tratar de extrapolar hacia atrás y hacia adelante en el tiempo a partir de los datos de la auscultación.

Este modelo paramétrico de control permite aplicar automáticamente los cambios en las propiedades de los materiales del puente, muy especialmente las de los tirantes, para el control de la fuerza de los mismos.

- Auscultación del Puente y retroalimentación del modelo. Realizado entre los meses de enero y octubre de 2.021.

Las técnicas de monitorización de salud estructural son imprescindibles para la evaluación del estado de las infraestructuras como la que nos ocupa, tanto para tener una visión en tiempo real del estado de esta, como para tener un método de determinación de eventos críticos.

Adicionalmente con las medidas obtenidas se retroalimenta el modelo con lo cual nos permite realizar una calibración muy fina de este y ajustar su comportamiento de manera muy fiel al de la estructura.

Este sistema de monitorización se vale de una plataforma web para la visualización y consulta de los datos tomados arrojados por el sistema, los cuales compara de manera continua con los valores límites que llevarían al Puente a consumir su capacidad resistente, constituyendo una herramienta fabulosa para la vigilancia estructural en tiempo real.

- Actualización del manual de conservación. Realizado en diciembre de 2.019

Es asimismo necesario a partir de todo lo anterior actualizar el manual de conservación del Puente, adaptando las inspecciones a realizar al estado de la técnica, planteando unas prioridades, periodicidad e intensidad de inspecciones acorde al estado de los distintos elementos del Puente, especialmente los tirantes y establecer unas normas de buena práctica a observar que ayuden a extender la vida útil de estos.

En cada fase de la estrategia se cuenta con empresas especialistas, de primer nivel y reconocido prestigio, primando además el conocimiento previo y la experiencia sobre la estructura, siendo la relación más destacada la siguiente:

- Dywidag Systems International, para las actuaciones en la inspección de tirantes, como instaladora en su día de los mismos y mejor conocedora de la tecnología instalada y sus posibles debilidades.
- Alpin Technik Leipzig como empresa especialista en trabajos verticales en estructuras singulares ( filial de Dywidag).
- DMT GmbH, como empresa que cuenta con la tecnología del ensayo MRT (magnetic rope testing).

- Maurer Shöne, empresa propietaria de la tecnología de los amortiguadores dinámicos instalados.
- IDVIA Ingeniería, spin off de la Universidad politécnica de Valencia para la instrumentación del Puente y desarrollo del modelo digital de comportamiento estructural del Puente.
- ALEPH Consultores, como seguimiento especializado de todos los trabajos y la actualización del manual de conservación.

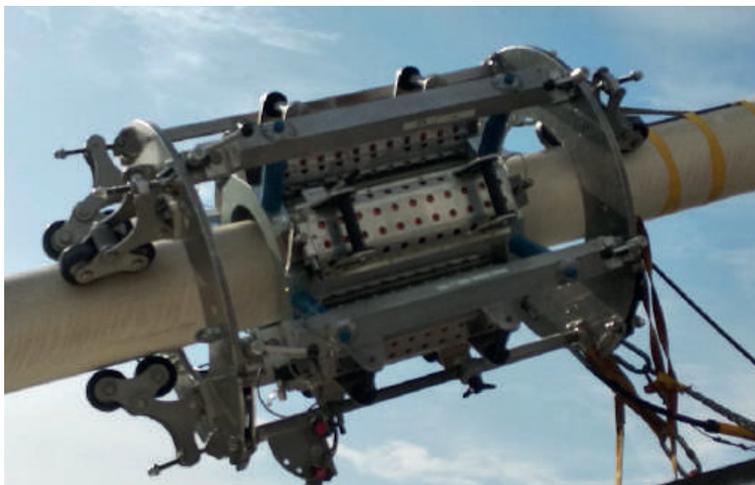


Figura 6. Robot trepador inspección tirantes Alamillo. IMESAPI 2.019

## Inspección especial detallada de tirantes

Las distintas operaciones de inspección realizadas han tenido como objetivo verificar el estado actual de conservación de los tirantes, valorar las implicaciones estructurales y definir las necesidades de reparación en el corto, medio y largo plazo.

En la inspección realizada se han usado técnicas hasta en es momento no usadas en España en el marco de la inspección de tirantes de Puentes, como es el uso de robots trepadores que han permitido la monitorización continua de determinados parámetros, así como el uso de la técnica de auscultación magneto inductiva, especie de resonancia magnética realizada al tirante de forma continua gracias al concurso de los robots.

El uso de estos robots en la inspección cuenta con las siguientes ventajas:

- Permite la toma de datos en continuo
- Ejecución de los trabajos, de forma más limpia y rápida, ya que no hay que montar andamios voluminosos, ni cestas de gran capacidad.
- Se limita al mínimo tener que descolgar operarios a grandes alturas

- Se garantiza una recogida de datos de mayor calidad al estar sincronizada la captación de datos con el movimiento ascendente del robot.
- Baja afección al tráfico

Para el uso de los robots fue necesario el retirar previamente los anillos de PVC que cubrían las soldaduras de los tramos de vaina exterior de los tirantes, y su sustitución por bandas de reparación en base de goma de butilo coextrusionado y aplicado en dos capas, trabajos que fueron llevados a cabo mediante técnicas de trabajos verticales

Recordaremos algunas características de los tirantes inspeccionados:

- 13 pares de tirantes, con longitudes comprendidas entre los 71 y 291 ml., comprendiendo una longitud total de tirantes sobre el Puente de 4.800 ml. lo que da idea de la envergadura del trabajo.
- Formados por 60 cordones de 0,6" (cordones de 7 alambres paralelos conformados en frio sin soldadura, ASTM A 416-80, Grado 270), excepto el par 13 que cuenta con 45 cordones de 0,6". Autoprotegidos con revestimiento de resina epoxi, dentro de vaina



Figura 7. Trabajos en altura. IMESAPI 2.019

de 200 mm. de diámetro en PEAD, esta vaina a su vez se reviste de una exterior en color blanco por motivos estéticos.

- Anclaje inferior activo en tablero y superior pasivo en pilono

Relacionamos a continuación las actuaciones de inspección planteadas y llevadas a cabo:

- Inspección visual de la longitud libre de los tirantes
- Inspección visual de los anclajes en el pilono y en el tablero

- Retirada de caperuzas de anclaje del pilono y tablero
- Ensayos de vibración de tirantes
- Ensayo magneto- inductivo
- Nivelación del tablero
- Revisión completa de amortiguadores y sistema de control de los mismos

## Inspección visual de la longitud libre de los tirantes

Se lleva a cabo un análisis visual continuo de la longitud libre de los 4.800 ml de tirantes existentes en el Puente, para verificar el estado de la vaina y la posible existencia de daños que pudieran estar permitiendo la entrada de agua y del ambiente en su interior.

Esta operación se realizó mediante robots automotrices dotados con cámaras de alta resolución, que filman la superficie exterior de las vainas de los tirantes desde cuatro ángulos, deslizándose a lo largo de todos los tirantes y obteniendo una imagen continua de alta resolución del desarrollo de la vaina. Posteriormente se analizan las imágenes mediante un software específico, que detecta las irregularidades y defectos de las vainas, permitiendo este sistema detectar fisuras de 0,1 mm.

En todos los cables se han encontrado defectos superficiales en la vaina blanca, con algunos rasguños que alcanzan a la vaina negra interior, pero ninguno de los defectos supone una amenaza para la integridad de la vaina.

## Inspección visual de los anclajes en el tablero

Se inspeccionan los 26 anclajes inferiores para detectar corrosión y signos de agua dentro de la zona de anclaje. Esta inspección es visual, en primera instancia y de forma directa la zona accesible, y en segunda con la participación de un endoscopio. Para poder realizarla se retira el guardapolvos elevándolo sobre la vaina, se lleva a cabo la inspección visual y la endoscopia y se comprueba el estado de conservación del filtro de flexiones situado más abajo, determinando en todos los casos su buen estado y su centrado.

Se detectaron humedades generalizadas y restos de lechada y de material de sellado de color rojizo en el interior del tubo de transición en la mayoría de los tirantes junto con oxidación en el interior del tubo, que proviene probablemente del lavado con agua de filtraciones del relleno de mortero del tirante en esa zona, por lo que insistimos en la recomendación anterior de mantener estanca

la parte inferior del tirante, además de aplicar un tratamiento de saneo y protección anticorrosión a las zonas afectadas.

Se detectó la presencia de agua en 4 casos, que fueron debidamente drenados.

Con esta inspección verificamos también el tramo de tirante situado justo por encima del anclaje inferior, en especial la situación del “Bond socket” del anclaje, resultando en buen estado en todos los casos.

Para los trabajos de endoscopia se emplea el video endoscópico Olympus IPLLES LX.

Para las caperuzas y al encontrarse estas rellenas de lechada de cemento, no se puede verificar su estado con estos medios y serán objeto una inspección específica descrita más adelante, aunque previamente se lleva a cabo una inspección visual exterior para detectar posibles restos de circulación de agua desde el interior, circunstancia que no se da en ningún caso.

En las recomendaciones de reparación arrojadas por esta inspección se encuentra la reposición del tratamiento anticorrosivo en el interior de los tubos donde se aloja el anclaje, así como la sustitución de los guardapolvos.

## Inspección visual de anclajes en pilono

Se inspeccionan todos los anclajes superiores para detectar la posible existencia de corrosión y signos de agua dentro de la zona de anclaje. Al igual que en los anclajes inferiores, se realizará una endoscopia, en este caso de abajo a arriba, desde la entrada del tirante en el pilono. Con esta inspección se comprobará el estado del filtro de flexiones y del bond socket del anclaje.



Figura 8. Ejemplo de raspadura encontrada en una vaina (5 cm x 5 cm). Dywidag-Systems International. 2.019



Figura 9. Interior tubo anclaje inferior. IMESAPI 2.019



Figura 10. Cara interior de pilono: tubos encofrado paso tirantes. IMESAPI 2.019



Figura 11. Tubos encofrado paso tirantes. Anclajes superiores. Alpin 2.019



Figura 12. Recolocación anillo centrador. Anclaje Superior. Alpin .2019.

La inspección se ha realizado mediante técnicas de trabajos verticales.

Como era de esperar por su posición y orientación no se han encontrado problemas de humedades y acumulación de agua en el interior del tubo donde se aloja el anclaje.

Las inspecciones no han detectado ningún defecto importante en la parte de los telescopios superiores, salvo una fisura entre el anillo de unión y el tubo telescópico, en tirante 3 sur. Asimismo y dado que en los anillos de conexión, los tornillos muestran signos de corrosión evidente, su sustitución está planteada, más un tratamiento anti corrosivo en las superficies a unir

En las caperuzas superiores tan solo se han encontrado restos de suciedad, provenientes en su mayoría de excrementos de pájaros.

### Retirada de caperuzas de anclaje del pilono y tablero

Se lleva a cabo la retirada de 8 caperuzas de protección de los anclajes, 6 en anclajes inferiores y 2 en anclajes superiores, para verificar el estado de los elementos del mismo tras la placa de reparto y comprobar en el caso de los anclajes inferiores (activos) la longitud libre de los “rabos” en base a posibles futuras labores de retesado.

Para comprobar el estado del interior de las caperuzas, ha sido necesario cortarlas en su base, ya que se encontraban muy adheridas al mortero de inyección interior. Se seleccionaron los anclajes que habían tenido humedades o signos de corrosión en la inspección de las caperuzas, además de los anclajes del tirante 1 en el pilono, más accesible. Finalmente se retiraron las caperuzas de los pares 1 superiores y 13 inferiores, y los tirantes 4, 6 y 7 sur y 12 norte, todos ellos inferiores, en el tablero.



Figura 13. Anclaje inferior tras retirada de capot y lechada de protección. Alpin Technik Leipzig. 2.019



Figura 14. Trabajos verticales sobre el Rio. Alpin 2.019

Después de la retirada de las caperuzas, se eliminó mecánicamente la lechada de cemento, con cuidado para no dañar la parte saliente de los cordones. Tras la inspección, se colocaron unas nuevas caperuzas, inyectando un gel anticorrosivo en el interior.

En todos los casos el estado de los anclajes y del material de protección es excelente, incluso en aquellos en que se detectó la presencia de agua en el tubo.

## Ensayos de vibración de tirantes

Se lleva a cabo para los 26 tirantes existentes y en este ensayo se mide la fuerza en los tirantes de manera indirecta, mediante la medida de su vibración, y su correlación con los parámetros geométricos y mecánicos (longitud, masa, rigidez, fuerza) bien conocidos. Se procede instalando un acelerómetro en el tirante y analizando su registro, previa excitación del mismo para conseguir que vibre. La señal del tirante se aproxima linealmente, obteniéndose una transformada rápida de Fourier de ella. Filtrando la señal se selecciona el primer modo de vibración, para estimar la fuerza en el tirante mediante la fórmula de la teoría de la cuerda vibrante.

En segundo lugar, se calcula el coeficiente de amortiguamiento, en-

cajando una curva exponencial del límite superior de la envolvente de la señal. Se muestran los resultados de este análisis para uno de los tirantes. (Figura 16)

Se han realizado dos series de medidas, con los amortiguadores activados y sin activar, para comprobar también el funcionamiento de estos elementos, para la totalidad de los tirantes. Los resultados obtenidos son en general muy buenos, encajando perfectamente con los obtenidos en las campañas realizadas en 1.992 (tras la puesta en servicio del Puente), 2.004 y 2.008 (tras la instalación de amortiguadores). Tan solo el tirante nº 7 norte presenta una ligera discordancia con respecto a las medidas anteriores (del 3,8 % cuando el resto de tirantes se encuentra por debajo del 2%) aunque dentro del margen de error del proceso de obtención de las frecuencias de los modos propios de los tirantes y de las variaciones debidas a la diferencia de temperaturas y el paso del tráfico

En cuanto a la amortiguación, de los resultados de los ensayos con los amortiguadores activos, y su comparación con los de los no amortiguados, cabe concluir que los niveles de amortiguación son aceptables, excepto en el par de tirantes 7, en los que no hay cambios apreciables entre ambas situaciones, aunque por otra parte su amortiguación inherente

es alta. Para los tirantes más cortos, pares 1 a 4, se da la situación inversa, ya que su amortiguación propia es baja. Dado que no se han observado episodios de vibración en estos tirantes, la situación general en este aspecto es buena, sobre todo teniendo en cuenta la coincidencia de resultados con los de los ensayos de años anteriores.

## Ensayo magneto inductivo (MRT, Magnetic Rope Test)

Realizado también mediante un robot autopropulsado midiendo en continuo, y por primera vez en España, el ensayo se basa en la creación de un campo magnético mediante electro-imanés, que es analizado mediante sensores incluidos también en el propio robot.

Permite detectar anomalías en el campo magnético, que se corresponderían con roturas no ya en los cordones, o alambres que lo conforman, sino llegando a detectar incluso pérdidas de sección en estos últimos, que podrían venir motivadas por corrosión. Para hacernos cargo de su precisión diremos que en las pruebas en campo realizadas para la calibración del robot se detectaba la discontinuidad de un cable de cobre de 1,5 mm<sup>2</sup> colocado sobre la vaina.

Los tirantes a ensayar se eligieron en función de la mayor probabilidad



Figura 15. Ejecución ensayo "cuerda vibrante". DMT GmbH & Co. KG. 2.019

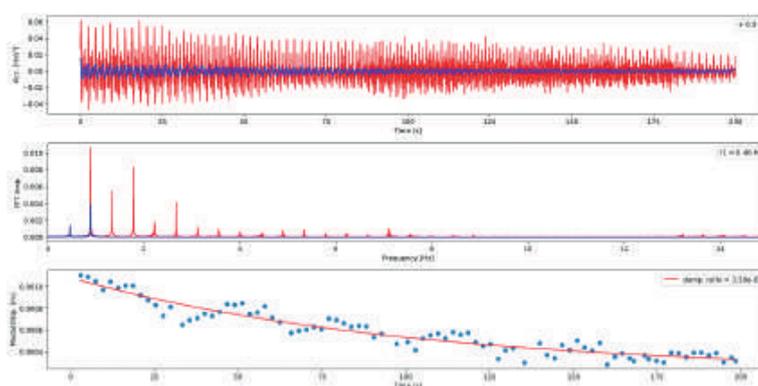


Figura 16. Tirante 12 norte: Señal lineal y filtrada, transformada y frecuencia del primer modo, y amortiguamiento

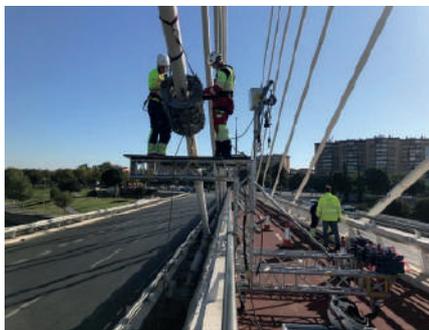


Figura 17. Ensayo MRT. Dywidag-Systems International. 2.019

de encontrar defectos en los mismos, que en principio fueron los más largos, afectados por los episodios de vibraciones, que son los pares 11 a 13. Adicionalmente se inspeccionaron el par 7 y el tirante 6 sur, lo que da un total de 9 tirantes. Estos últimos tirantes se eligieron una vez conocidos los avances de resultados de inspecciones realizadas, concretamente por la presencia de agua en el interior de las caperuzas inferiores, además de ofrecer el tirante 7 norte una discordancia mayor que el resto en el ensayo de la cuerda vibrante como se comentó en el punto anterior.

En todos los casos los resultados arrojados han sido excelentes.

### Nivelación del tablero

Se ha realizado una nivelación de la plataforma del puente tomando los bordes de las dos calzadas cada tres costillas (12 m), y realizando con estas medidas unos gráficos que se comparan entre tableros y con los de medidas anteriores tomadas en cada una de las inspecciones principales realizadas al Puente. La nivelación actual se ha realizado mediante estación total, dispuesta fuera de la estructura.

Este ensayo y su comparación con resultados anteriores permite valorar la correcta evolución de la estructura (fenómenos térmicos y reológicos), así como detectar fallos en el atirantamiento, que se manifiestan

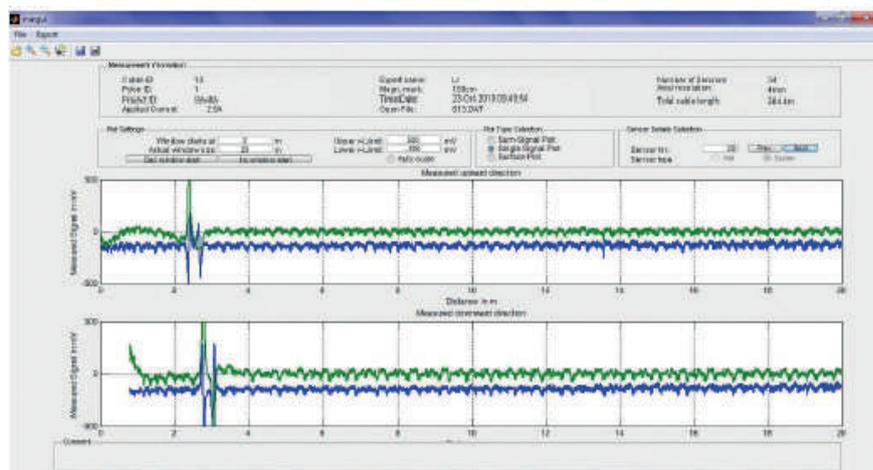


Figura 18. Ejemplo de gráfica obtenida. Tirante 13 Sur. Se aprecia a los 2,2 m. la introducción de cable para comprobar la calibración del sistema

en defectos apreciables en la nivelación.

Los resultados de la nivelación efectuada, comparada con las de la serie de medidas homologables anteriores, encuentran diferencias que en todo caso se encuentran dentro del nivel aceptable de variación entre ellas: debidas a la precisión de los aparatos de medida y variaciones de temperatura y estado del tráfico sobre las plataformas del puente.

El hecho de que en ambos extremos de las calzadas las cotas sean ahora superiores a las anteriores, y en una magnitud similar en los dos lados, respalda la hipótesis de diferencia de temperatura entre mediciones o de carga vertical sobre la calzada e, indirectamente, son una señal de la buena respuesta de la

estructura en su conjunto, ya que no se observan giros transversales de torsión que serían un indicio de problemas en algún tirante.

### Revisión de sistema de amortiguamiento de tirantes

Como elemento integrante del atirantamiento y garante de la seguridad del mismo ante los efectos indeseados de vibraciones excesivas sobre los tirantes se ha llevado a cabo una inspección profunda del amortiguamiento, comprendiendo esta:

- Revisión física de los amortiguadores en sí
- Comprobación de funcionamiento de los sensores de desplazamiento colocados sobre ellos



Figura 19. Revisión control sistema amortiguamiento dinámico. IMESAPI 2.021

- Comprobación de continuidad de circuitos entre cuadro de mando y bobinas alojadas en amortiguadores
- Actualización de software de control, y revisión completa al cuadro de mando y control : tarjetas electrónicas, generadores de intensidad...
- Comprobación de la función de autochequeo del sistema de control, y renovación del sistema de generación de avisos tras éste.

De esta inspección ha resultado necesario el sustituir el amortiguador inicialmente situado en el tirante 12 S por pérdidas excesivas de líquido hidráulico.

Asimismo se ha llevado a cabo la instalación de router sobre el cuadro de mando del sistema para envío de avisos de forma remota al centro de conservación, así como también de los eventos generados por entrada en servicio del sistema ante episodios de vibración. Esta mejora permite llevar un seguimiento diario y a distancia del sistema, además de tener conocimiento puntual y de detalle de los episodios de vibración, su magnitud (amplitud y frecuencia) y su duración.



Figura 20. Amortiguador dinámico dañado. IMESAPI 2.021

## Elaboración de modelo digital de comportamiento del puente

Para elaborar esta modelización previamente se ha realizado una campaña de catas y mediciones para confirmar la geometría del Puente y el espesor de las chapas utilizadas, partiendo inicialmente de la colección de planos "Liquidación Provisional. Modificado N° 2 Paso del Alamillo", con clave del proyecto 1-SE-182- M2 y posteriormente, tras la confirmación y/o corrección de medidas se ha llevado a cabo la elaboración de la colección definitiva de planos en CAD, los cuales se han utilizado para la confección definitiva del modelo.

La campaña para la confirmación de medidas que permitieran la elaboración de los planos definitivos en CAD con todas las garantías supuso un importante consumo de medios, en los que destacaron medios topográficos de alto rendimiento y el uso de equipos de ultrasonidos (confirmación espesores de chapa).

Además, se han extraído y ensayado una serie de testigos del hormigón de la pila, con objeto de conocer las características mecánicas de este hormigón: módulo de Young, módulo de rigidez, coeficiente de Poisson y resistencia a compresión.

Con estos datos iniciales: geometría y características de materiales se ha llevado a cabo la confección del modelo numérico para la simulación de la estructura, en el entorno de los elementos finitos, mediante el software ANSYS APDL v19.2.

El resultado de este modelo, en combinación con los diferentes datos obtenidos de la instrumentación, servirá para verificar que dicho modelo está calibrado.

El objetivo de la calibración es obtener un modelo 'gemelo' de la estructura. Es decir, un modelo que

reproduzca la respuesta estática y dinámica de la misma, atendiendo a los parámetros medidos durante la campaña de inspección o periodo de monitoreo, según corresponda.

Así, una vez obtenido el modelo digital y en base a las mediciones obtenidas directamente por la instrumentación, se modifican ligeramente determinados parámetros en el modelo hasta hacerlo comportarse de la misma manera que lo está haciendo la estructura real, en determinados puntos o secciones considerados como críticos y que se encuentran instrumentados.

Contamos entonces con un modelo "calibrado" que se comporta de manera prácticamente idéntica al modelo real y sobre él podemos implementar numerosos escenarios que nos ayudarán a predecir desde el comportamiento del Puente ante determinados eventos (fallo de un tirante, de un transporte especial, paso de una maratón...) como prever la evolución de su comportamiento en el tiempo mediante la adición de algoritmos avanzados para la predicción de evolución de daños o deterioros ( algoritmos probabilísticos de prognosis).

A partir de la elaboración de este modelo calibrado se ha llevado a cabo un informe (Informe Estructural Avanzado) que tiene por objeto la determinación del estado, a efectos de comportamiento estructural, del puente Alamillo frente a la actuación de diferentes acciones conforme se especifica en la normativa vigente.

Para ello se ha procedido a la simulación numérica de diferentes escenarios en el modelo calibrado. A partir de los resultados de esta simulación se han establecido los límites resistentes o de servicio de cada uno de los elementos que componen el Puente ante las distintas acciones que pueden solicitarlo, evaluando los márgenes resistentes con los

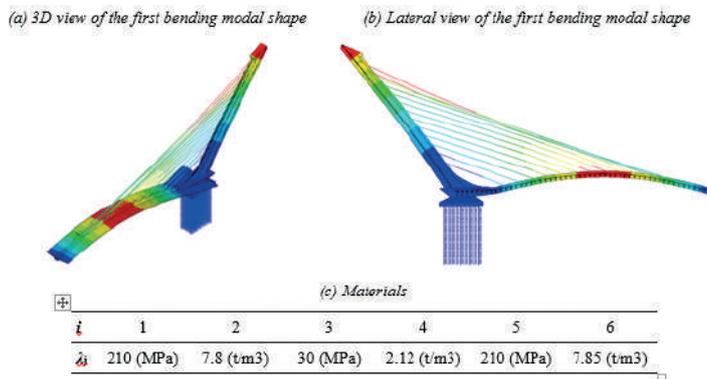


Fig. 14. Numerical model obtained from the calibration (Twin Model).

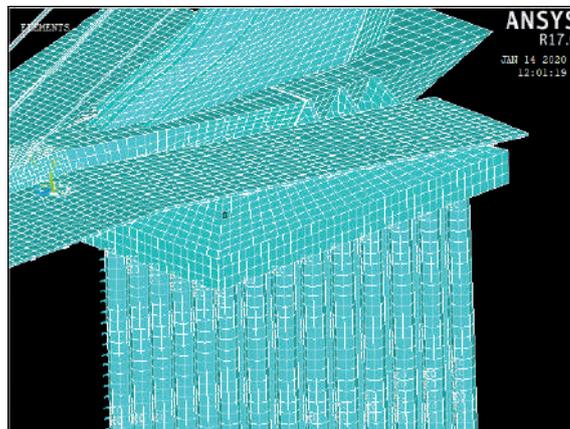


Figura 22. Detalle modelo . IDVIA (UPV) 2.021

Figura 21. Modelización Puente ( primer modo). IDVIA (UPV) 2.022

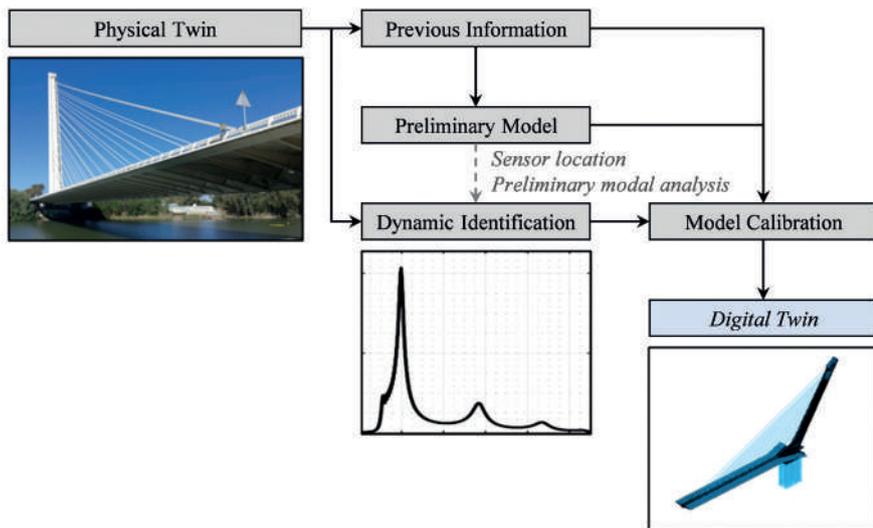


Figura 23. Proceso generación modelo digital. IDVIA (UPV) 2.022

que cuenta la estructura ante estas combinaciones de acciones, lo cual ha arrojado resultados muy satisfactorios en cuanto a la salud estructural del Puente.

### Auscultación del puente

Otro de los pilares fundamentales de la estrategia seguida es la monitorización del Puente mediante un sistema de auscultación, basado en la disposición de instrumentos de medida de determinados parámetros sobre el Puente, equipos de adquisición de datos y un software de registro, tratamiento y almacenamiento de datos que permita su visualización, consulta de registros e históricos, genere gráficas, etc...

Con esta monitorización del Puente se han pretendido abarcar dos objetivos complementarios:

- Mejorar el conocimiento del estado del puente de forma directa a partir de las medidas recogidas en los distintos instrumentos, generar conocimiento y establecer históricos de medidas fiables y comparables a futuro para determinar la evolución del comportamiento del Puente.
- Conocer en tiempo real el comportamiento de la estructura contrastando las mediciones obtenidas con los modelos numéricos correspondientes, como hemos descrito en el apartado anterior

Para el planteamiento de auscultación de la estructura se han tenido

en cuenta los siguientes factores: eficiencia económica, representatividad de la información y estabilidad de la medida. Esta última condición es importante, ya que plantear una instrumentación con el objetivo de controlar el estado de una estructura a lo largo de un amplio periodo de tiempo, implica la necesidad de que las diferentes medidas sean repetitivas, y en la medida de lo posible absolutas. La comparación de los datos adquiridos en un periodo, con los de otro posterior debe permitir el conocimiento de la evolución de la estructura, como puede comprobarse por ejemplo en los ensayos de vibración de tirantes realizada y su comparación con los ensayos anteriores.

De acuerdo con la tipología estructural del Puente y su esquema resistente se han considerado relevantes para la caracterización de la respuesta de la estructura el control de los siguientes parámetros:

- Inclinación longitudinal del pilono.
- Inclinación transversal del pilono.
- Frecuencias propias del pilono.
- Tensión en los cables.
- Vibración y frecuencias de vibración de los cables.
- Aceleración en cimentación para detección de acción sísmica.
- Frecuencias propias del tablero.

- Aceleraciones en el tablero.
- Temperatura.
- Velocidad y dirección del viento.
- Amplitud de desplazamiento de amortiguadores.
- Inclinación longitudinal del pilono

Dado que el plano resistente principal de la estructura corresponde con su plano longitudinal medio, resulta de gran interés conocer la variación en la inclinación del pilono en dicha dirección. La variación en la tensión de los cables se encuentra íntimamente relacionada con la inclinación del pilono en este plano, de ahí su interés. Es por ello que se medirán las inclinaciones longitudinales en la cabeza del pilono.

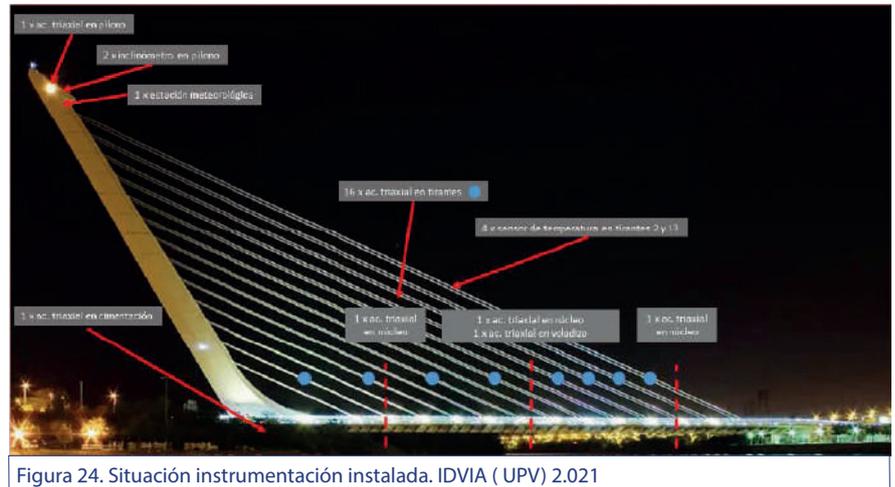
Se trata de un parámetro de lectura directa que servirá de indicador, junto con otros parámetros que se detallan a continuación, de variación en la rigidez de la estructura.

### Inclinación transversal del pilono

Como se mencionó anteriormente, en una estructura de semejante envergadura – más de 130 metros de altura del pilono y dos planos de tirantes que sostienen una luz de tablero próxima a los 200 metros - es esperable que las acciones horizontales en sentido transversal al puente tengan una gran relevancia en la respuesta de la estructura.

Para comprobar que dichas acciones no ponen en riesgo la integridad de la estructura se controlarán las inclinaciones transversales en la cabeza del pilono.

Se trata de un parámetro de lectura directa que servirá de indicador acerca de la deformabilidad lateral de la estructura y para el control de la integridad del pilono.



### Frecuencias propias del pilono

El pilono es elemento muy masivo cuya rigidez está, en parte, íntimamente relacionada con el estado de los tirantes.

La variación en la rigidez del mismo se controlará mediante el estudio de la variación de sus frecuencias propias, las cuales, serán obtenidas mediante el análisis en el dominio de la frecuencia de sus aceleraciones (análisis modal operacional)

Se trata, por lo tanto, de un parámetro conocido de forma indirecta, a través del tratamiento matemático de los registros de las aceleraciones de la estructura.

### Tensión en los cables

De igual modo que para el estudio de la rigidez del pilono se obtienen sus frecuencias propias, existe una estrecha relación entre las frecuencias propias de vibración de un cable y su tensión.

Debido a la gran importancia que tiene el estado tensional de los cables para la respuesta global de la estructura, se ha decidido controlar la tensión en los mismos mediante la aplicación del análisis modal operacional a las aceleraciones registradas en cada uno de los cables.

Se trata, por lo tanto, de una medida indirecta de la tensión de los mismos.

### Aceleración en cimentación para detección de la acción sísmica

La propuesta de instrumentación realizada se basa, en muchos puntos, en el estudio de la respuesta de la estructura en condiciones normales de operación (análisis modal operacional). una importante fuente de excitación puede ser, puntualmente, la acción sísmica.

Resulta importante conocer qué registros del resto de parámetros se han visto influenciados por la acción de las aceleraciones sísmicas así como la respuesta estructural frente a este tipo de eventos.

Por ello, la medida de las aceleraciones sísmicas en la base del pilono supone un indicador de lectura directa que permite complementar el estudio dinámico de la estructura frente a una acción intermitente y de intensidad variable.

### Frecuencias propias del tablero

De modo similar al control de la rigidez del pilono, el análisis frecuencial de las aceleraciones verticales en distintos puntos del tablero permiten conocer sus frecuencias propias

y, de forma indirecta, obtener variaciones significativas en su rigidez.

### Aceleraciones en el tablero

Conocer las aceleraciones horizontales en el tablero tiene un doble objetivo. Por un lado, verificar la acción sísmica detectada en la base del pilono y, por el otro, obtener las frecuencias propias asociadas a los modos que impliquen desplazamiento lateral del tablero – para el control también de posibles variaciones de rigidez significativas de forma indirecta.

### Temperatura, velocidad y dirección del viento

Las condiciones ambientales a las que se encuentra el puente expuesto en todo momento son determinantes para la correcta interpretación del resto de parámetros. En estructuras atirantadas es especialmente relevante el control de la temperatura, ya que se encuentra íntimamente relacionada con la tensión en los tirantes.

La presión ejercida por el impacto del viento a una determinada velocidad y dirección influye también en la lectura del resto de parámetros.

Mediante la disposición de una estación meteorológica es posible obtener, de forma directa, estos parámetros complementarios.

Además se dispondrá un sensor de temperatura en varios tirantes representativos de forma que sea posible correlacionar el estado tensional con la temperatura a la que se encuentran.

De acuerdo a lo anterior, se ha dispuesto la siguiente distribución de sensores:

- (1x) acelerómetro triaxial en cabeza de pilono
- (2x) inclinómetros en cabeza de pilono

- (1x) acelerómetro triaxial en cimentación del lado oeste (base del pilono)
- (16x) acelerómetro triaxial en tirantes
- (3x) acelerómetro triaxial a  $\frac{1}{4}$  de vano,  $\frac{1}{2}$  de vano y  $\frac{3}{4}$  de vano en el interior del núcleo metálico dispuestos verticalmente
- (2x) acelerómetro Triaxial vertical dispuesto en  $\frac{1}{2}$  de vano en el extremo de los voladizos laterales
- (1x) estación meteorológica
- (4x) sonda de temperatura en parejas de tirantes 2 y 13

### **Plataforma web monitorización. Vigilancia estructural del Puente del Alamillo**

Todo sistema de monitorización de una estructura requiere no solo de la toma de datos, sino del registro, almacenamiento y tratamiento de los mismos, por supuesto con la conversión a magnitud ingenieril de las medidas, y debe contar con algún medio para la visualización y consulta de los mismos.

En este caso se ha ido más allá, porque además estas mediciones se han relacionado en tiempo real con la respuesta de la estructura en el límite de sus capacidades resistentes, aportada por el modelo digital, llevando a cabo una interpretación automática y representando por ello un elemento muy importante de la gestión del puente.

Durante los 9 meses, de enero a octubre de 2021, que ha venido funcionando la monitorización del Puente se ha mantenido esta herramienta tan potente y fácil de interpretar: Para el Puente del Alamillo se ha elaborado una plataforma web, que ha trabajado 24 horas al día 365 días al año, donde se han recogido de manera continua todas las señales de

todos los instrumentos instalados en el Puente, donde se han procesado para obtener la magnitud ingenieril de las medidas, se han registrado y almacenado generando un archivo histórico, y donde se han venido comparando también de manera continua con los límites establecidos en el Informe avanzado generado a partir del modelo para cada uno de ellos, permitiendo seguir directamente y en tiempo real a partir de unos indicadores muy sencillos el comportamiento de la estructura en diferentes planos.

Para cada parámetro analizado se muestra no solo el dato medido por el aparato y los límites entre los que se debería mover para un correcto funcionamiento de la estructura, sino que se ha implementado una presentación gráfica con colores para hacerla más evidente: en color verde un comportamiento adecuado, en amarillo un comportamiento cercano a los límites establecidos y que nos deben hacer tomar medidas y en rojo un comportamiento fuera de lo deseable. Si se superaran los valores expuestos como límite la plataforma además de mostrarlo genera un mensaje de alerta.

La plataforma asimismo permite consultar el histórico de medidas y generar gráficas, con lo que se pueden comparar resultados de medidas entre sensores (por ejemplo en el caso de vibración de tirantes con las medidas de viento) desde donde poder obtener conclusiones.

Constituye esta plataforma como podemos observar un elemento muy intuitivo de seguir, incluso para los no versados en estructuras, y muy útil a efectos de vigilancia estructural por un lado y de mantenimiento por otro, por cuanto en función de la evolución del comportamiento de determinados elementos se pueden planificar y programar las revisiones y las acciones de mantenimiento que procedan.

En la plataforma una vez accedemos nos encontramos con el siguiente esquema del Puente con la situación de grupos de instrumentos, sobre los que picando podemos acceder a los registros de medición realizados.

La plataforma cuenta con una escala de colores para indicar el estado de "salud" de cada uno de los nodos. También se permite una visualización en modo de tabla para comprobar que los valores se encuentran dentro de los intervalos predefinidos.

En el menú evolución de los parámetros se nos permite ver las gráficas de las señales de los sensores empleados y su evolución en el tiempo

En "descargas" podemos obtener los listados con los valores medidos, entre otros en formato excell o texto , para poder trabajar con ellos

En el apartado "alertas" permite una breve recopilación de los históricos de daños detectados en toda la estructura.

Se muestran también los resultados de la estación meteorológica instalada, importante para correlacionar con las mediciones aportadas por el resto de instrumentos.

## Manual de mantenimiento

Como último punto de la estrategia seguida se ha procedido a la revisión del manual de mantenimiento actualmente existente, ya que es fundamental para recuperar su función el actualizarlo a la realidad de lo construido, inspeccionado y medido. La inspección especial realizada (de estado cero) habrá de servir de referencia para las siguientes inspecciones y para programar también las actividades de mantenimiento.

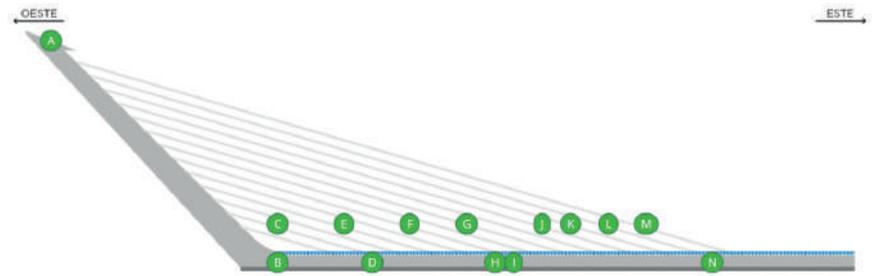


Figura 25. Situación instrumentos plataforma web auscultación Alamillo. IDVIA ( UPV ) 2.021

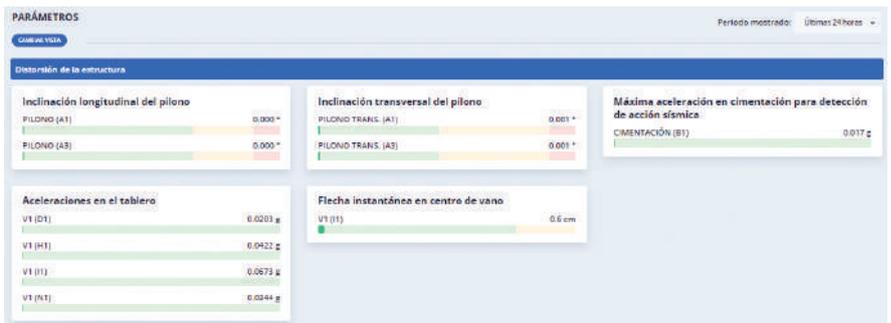


Figura 26. Salidas plataforma web auscultación Alamillo. Parámetros. IDVIA ( UPV ) 2.021



Figura 27. Salidas plataforma web auscultación Alamillo. Acelerómetro H1. IDVIA ( UPV ) 2.021

Registros Alamillo											
Sección A				Sección B							
Nodo A1		Nodo A2		Nodo A3		Nodo B1					
Fecha	Dir Longitudinal (g)	Dir Transversal (g)	Fecha	Dir Longitudinal (g)	Dir Transversal (g)	Fecha	Dir Longitudinal (g)	Dir Transversal (g)			
06/03/21	0.0000	0.0000	06/03/21	0.0000	0.0000	06/03/21	0.0000	0.0000			
07/04/21	0.0000	0.0000	07/04/21	0.0000	0.0000	07/04/21	0.0000	0.0000			
08/05/21	0.0000	0.0000	08/05/21	0.0000	0.0000	08/05/21	0.0000	0.0000			
09/06/21	0.0000	0.0000	09/06/21	0.0000	0.0000	09/06/21	0.0000	0.0000			
10/07/21	0.0000	0.0000	10/07/21	0.0000	0.0000	10/07/21	0.0000	0.0000			
11/08/21	0.0000	0.0000	11/08/21	0.0000	0.0000	11/08/21	0.0000	0.0000			
12/09/21	0.0000	0.0000	12/09/21	0.0000	0.0000	12/09/21	0.0000	0.0000			
01/10/21	0.0000	0.0000	01/10/21	0.0000	0.0000	01/10/21	0.0000	0.0000			
02/11/21	0.0000	0.0000	02/11/21	0.0000	0.0000	02/11/21	0.0000	0.0000			
03/12/21	0.0000	0.0000	03/12/21	0.0000	0.0000	03/12/21	0.0000	0.0000			

Figura 28. Salidas plataforma web auscultación Alamillo. Registros exportar. IDVIA ( UPV ) 2.021

Se plantea así una programación de las futuras inspecciones y operaciones de mantenimiento periódicas y programables, recogiendo en ellas

el uso de medios técnicos disponibles a la fecha. En este documento se presta especial atención a los tirantes, puesto que hay que tener en



## Conclusiones

De la relación de actividades, estudios e inspecciones llevadas a cabo sobre el Puente en el marco de esta estrategia avanzada de inspección y seguimiento podemos concluir que el estado del Puente es satisfactorio desde el punto de vista de su conservación, y asimismo en lo relativo a la seguridad estructural, que no se ha visto mermada con el paso de los años.

También hemos podido observar a partir de todos las consideraciones previas y estudios realizados la importancia de mantener viva la estrategia desarrollada, con especial atención sobre el estado del Puente y sus elementos, ejecutando aquellas actividades de conservación que vayan apareciendo como necesarias, las inspecciones periódicas precisas y detalladas en el Manual de Conservación y llevando a cabo la auscultación y valoración del comportamiento del Puente de manera continua.

## Bibliografía

- [1] "Puente del Alamillo. Sevilla. Informe técnico 205". FCC Construcción S.A. Enero 1.992
- [2] "Propuesta del paso Alamillo ( Camas-San Lázaro II). Sevilla" .III Premio internacional Puente de Alcántara .Fundación San Benito de Alcántara. 1.992
- [3] "Construcción del Puente del Alamillo". Alberto Díaz Hermidas. 1992
- [4] "Puente del Alamillo. Manual de Conservación".ALEPH Consultores. José M. González Barcina. 1.998
- [5] "Dywidag stay cable. Versión 2. Technical report for Puente del Alamillo". Marzo 1.990. Dywidag Systems International
- [6] "Campaña experimental de toma de datos para el análisis de la amortiguación de los tirantes del Puente del Alamillo. Informe". Cátedra de Puentes. ETS Ingenieros Caminos, Canales y Puertos. UPC. Joan R. Casas Rius y Ángel C. Aparicio. Julio 2.004
- [7] "Proyecto de amortiguamiento de los tirantes del Puente del Alamillo ( Sevilla)". Carlos Alonso Cobo, septiembre de 2.005
- [8] "Instruction for maintenance of the hardware of Maurer Adaptive Cable Dampers ( ACD). Alamillo Bridge .Sevilla". Maurer Shöne. Mayo 2.008
- [9] "Informe sobre ensayos experimentales realizados en el Puente del Alamillo después de la instalación de los amortiguadores" . Joan R. Casas Rius y Ángel C. Aparicio. Mayo 2.008
- [10]"Rain-wind-induced cable vibrations in the Alamillo cable-stayed bridge (Sevilla, Spain). Assessment and remedial action" Joan R. Casas Rius y Ángel C. Aparicio. Mayo 2.009
- [11]"Control de funcionamiento de sistemas de amortiguadores del Puente del Alamillo". Ecocivil-Cauchil. Marzo 2.019
- [12]"Inspection of Magnetorheological Cable Dampers of Alamillo Bridge, Seville, Spain", Maurer Shöne. Mayo 2.019
- [13]"Actuación de emergencia para la inspección especial y evaluación del nivel de seguridad del Puente del Alamillo, situado en la A-8083, Sevilla". API Movilidad, S.A. Diciembre de 2.019
- [14]"Puente Alamillo. Inspección de tirantes". Dywidag Systems International. Octubre/Noviembre 2.019
- [15]"Manual de conservación del Puente del Alamillo". ALEPH Consultores. Diciembre 2.019
- [16]"Propuesta de instrumentación para el Puente del Alamillo". IDVIA ingeniería ( Universidad Politécnica de Valencia), septiembre 2.020
- [17]"Puente del Alamillo. Informe estructural primigenio. 001-IEA-ALM. V.02". IDVIA ingeniería (Universidad Politécnica de Valencia), marzo 2.021
- [18]"Puente del Alamillo. Informe estructural avanzado. 001-IEA-PA. V.01". IDVIA ingeniería (Universidad Politécnica de Valencia), marzo 2.021
- [19]"Inspección especial de tirantes y evaluación del nivel de seguridad del Puente del Alamillo, situado en la carretera A-8083. Sevilla". Diciembre 2.019. IMESAPI, S.A. ❖

# Programas de firmes sostenibles efAPaves y ReCOPAVes de la Dirección General de Carreteras



**Valverde Jiménez Ajo**

*Máster en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos*

*Dirección Técnica DGC – MTMS*

**Imanol García Álvarez**

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos*

*INECO*

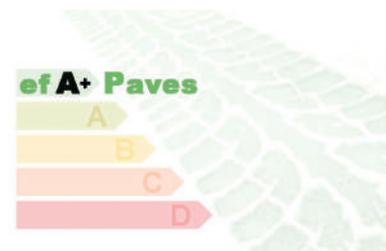
## El programa de Compra Pública de Innovación de la DGC

Durante el año 2022, desde la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, se definieron 10 ambiciosos retos con el objetivo de encontrar soluciones innovadoras que cubrieran las necesidades identificadas en su ámbito de actuación: Planificación, Construcción, Conservación y explotación, y Seguridad Vial de la Red de Carreteras del Estado (RCE). Para ello se promovió, en primer lugar, una Consulta Preliminar al Mercado a fin de conocer el estado de la técnica, las capacidades de colaboración público-privada y adquirir el conocimiento suficiente sobre las soluciones más innovadoras que el ecosistema empresarial y

de investigación podría aportar para abordar los retos.

En enero de 2023 se cerró el plazo de presentación acumulando un total de 556 propuestas en gran medida novedosas y de alto interés para la DGC, destacando especialmente el “Reto 4. Construcción de firmes bajo criterios de sostenibilidad, seguridad y eficiencia energética” al recibir en torno a un 38% de las ideas de interés. En particular, el mayor número de propuestas y variedad de soluciones innovadoras se plantearon dentro del “Subreto 4.1. Mezclas bituminosas sostenibles y descarbonizadas”, lo que ha llevado a configurar los dos programas de firmes sostenibles que se presentan a continuación.

## efAPaves (efficient Asphalt Pavements)



El primero de estos programas aglutina 13 actuaciones emplazadas en diferentes tramos de la RCE con el objeto de acometer la rehabilitación de firmes con procedimientos más sostenibles que los empleados generalmente en estos casos, con los siguientes impactos deseados:

- **Potenciar la economía circular y reducir el consumo de recursos naturales** mediante la reutiliza-

ción de tasas incrementadas de asfalto recuperado (RA) y, deseablemente, con la adición de residuos procedentes de otras industrias.

- **Mejorar la eficiencia energética** de los procesos de fabricación mediante la reducción de temperaturas (técnicas semicalientes y templadas en planta, o en frío *in situ*).
- **Reducir las necesidades de acarreo** de materiales mediante técnicas de reutilización *in situ*.

Para ello, en cada una de las 13 actuaciones se aplicará alguna de las 3 técnicas siguientes bajo diferentes condiciones de contorno (climatología, solicitaciones de tráfico, capacitación del sector empresarial...):

- a) Reutilización de mezclas bituminosas en caliente o semicaliente ( $\approx 140^{\circ}\text{C}$ ) en central** (Asturias, Cantabria, La Rioja, Burgos, Zaragoza y Zamora)

Aunque el marco normativo actual de la RCE ampara la fabricación de este tipo de mezclas (art. 22 OC 2/2023), se pretende incorporar tasas de RA en torno al límite superior permitido a fin de reducir en lo posible la huella de carbono de una serie de mezclas bituminosas, además de proseguir con la experimentación práctica de esta técnica.

Así mismo, aunque la posibilidad de fabricar en semicaliente ya esté contemplada en la normativa de aplicación, aún se debe abundar en la experiencia práctica con este procedimiento, especialmente cuando se combina con tasas relevantes de RA, por lo que se aplicará buscando la combinación de temperatura-RA que maximice la reducción de la huella de carbono sin perder

prestaciones ni comprometer su viabilidad técnica.

- b) Fabricación de mezclas bituminosas templadas ( $\approx 100^{\circ}\text{C}$ ) en central con emulsión o betún espumado**

(Pontevedra, Ourense, Murcia y Valladolid)

A pesar de que en España hay cierta experiencia práctica con este procedimiento e incluso se encuentra regulado en determinados ámbitos (norma de firmes del País Vasco, recomendaciones ATC...), actualmente no se encuentra recogido bajo el marco normativo de la RCE por su potencial sensibilidad ante determinados factores. Sin embargo, esta técnica permite alcanzar notables reducciones del consumo energético en comparación con el procedimiento generalizado de fabricación en caliente ( $\Delta T^a \approx 80^{\circ}\text{C}$ ), a lo que se suman otras ventajas como el menor envejecimiento que sufre el ligante, la trabajabilidad de la mezcla durante un tiempo más prolongado o la reducción de los riesgos laborales asociados a las altas temperaturas de las mezclas o a la inhalación de gases, entre otras. Por todo ello se pretende evaluar las posibilidades y limitaciones de esta técnica, tratando de habilitar un procedimiento adicional, más eficiente, para la fabricación de mezclas bituminosas en central.

- c) Reutilización de firmes *in situ* (temperatura ambiente) con emulsión o betún espumado** (Ávila y Murcia)

La aplicación de este procedimiento, actualmente amparado bajo el marco normativo de la RCE (art. 20 OC 2/2023), presenta ciertas limitaciones en cuanto a sus condiciones de aplicación, además de un conocimiento práctico limitado. No obstante,

se trata de una técnica de bajo consumo energético que permite un aprovechamiento integral del firme existente y que elimina casi por completo la necesidad de acarrear materiales, por lo que se continuará evaluando su aplicación bajo diferentes condiciones de contorno con la posibilidad adicional de ejecutarse con betún espumado.

## ReCOPaves (Reduced CO2 Pavements)



El segundo de los programas contempla 9 actuaciones repartidas por diferentes tramos de la RCE en Andalucía donde se aplicarán soluciones con un marcado carácter innovador, generalmente por exceder el marco normativo de aplicación, pero también por la conjunción de una serie de técnicas, ya conocidas y reguladas, que permitirán alcanzar ciertas prestaciones de forma no convencional. Los objetivos perseguidos se alinean, en algunos casos, con los del anterior programa, pero con ciertas variaciones como se verá a continuación:

- **Potenciar la economía circular y reducir el consumo de recursos naturales** mediante la optimización de espesores, la reutilización de tasas incrementadas de RA o la adición de residuos procedentes de otras industrias como en el caso del polvo de caucho procedente de neumáticos fuera de uso (NFU).
- **Mejorar la durabilidad y prestaciones de los firmes**, reduciendo

la frecuencia con la que tienen que ser rehabilitados (con los costes y afecciones al tráfico que esto lleva aparejado), además de garantizar mejores condiciones de seguridad y comodidad al usuario; por ejemplo, mediante la adición de grafeno o la formulación de mezclas bituminosas mejoradas (más tenaces, con betunes menos envejecidos...).

- **Mejorar la eficiencia energética y reducir la huella de carbono** de los firmes mediante la disminución de las temperaturas de fabricación y las necesidades de transporte de materiales, focalizando en las técnicas de fabricación semicalientes y templadas, así como las reutilizaciones *in situ*.
- Sustituir materiales procedentes de **fuentes fósiles por otros procedentes de fuentes renovables**, por ejemplo, mediante el empleo de bioligantes en sustitución de los tradicionales betunes asfálticos procedentes de la destilación del petróleo.

Concretamente, en cada una de las 9 actuaciones se aplicará alguna de las siguientes soluciones:

- a) **Mezclas sostenibles de altas prestaciones**, basadas en una mezcla SMA con adición de polvo

de caucho procedente de NFU, fabricada a menor temperatura (idealmente en semicaliente) e incorporación de RA, con el objeto de:

- o Compensar los sobrecostes de ejecución de las mezclas SMA mediante la prolongación de su vida útil, la reducción del coste energético de fabricación y la sustitución de parte de sus componentes vírgenes (áridos y betún) por RA.
  - o Resolver la tendencia al escurrimiento del betún mediante la incorporación de polvo de caucho procedente de NFU en lugar de las tradicionales fibras.
- b) **Reutilización en caliente o semicaliente en central** en mezclas AC, BBTM, SMA y AUTL con incorporación de RA por encima de los límites normativos y reducción de las temperaturas de fabricación, a fin de explorar una posible ampliación de las limitaciones normativas actuales y promover el incremento de las tasas medias de RA empleadas en la producción de mezclas bituminosas.
  - c) **Evolución de la técnica de fabricación en templado en central**, actualmente fuera del marco

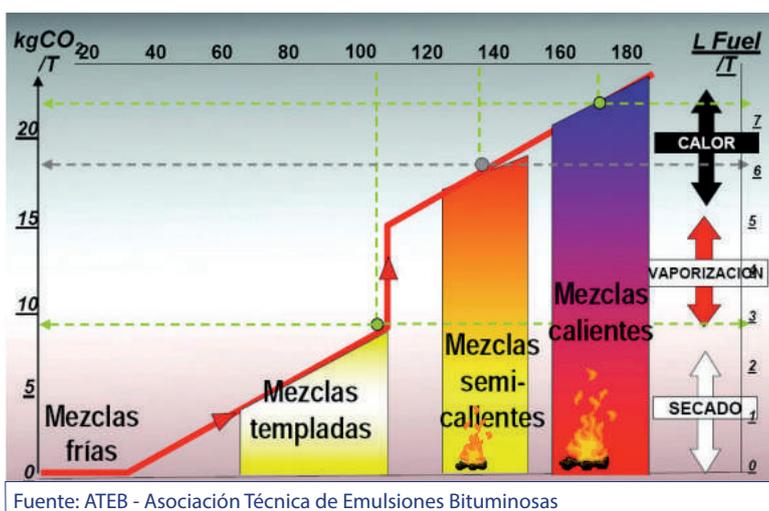
normativo de la RCE, en mezclas de diferente tipología y con incorporación de RA, para estudiar la posibilidad de regularse normativamente.

- d) **Empleo de ligantes de origen vegetal o renovable** en sustitución total o parcial de los betunes empleados tradicionalmente para la fabricación de mezclas bituminosas (bioligantes), o bien, en sustitución de las emulsiones bituminosas empleadas para las reutilizaciones *in situ* con emulsión (bioemulsiones), con el fin de reducir su huella de carbono, minorar la dependencia de terceros países y promover la valorización de residuos o subproductos de proximidad.
- e) **Mejora de prestaciones en firmes** mediante la aplicación de las siguientes técnicas innovadoras:
  - o Incorporación de **aditivos a base de grafeno** en la fabricación de mezclas bituminosas para la mejora de sus propiedades mecánicas y la prolongación de su vida útil.
  - o Desarrollo de **subbases tratadas con cemento de altas prestaciones** que prolonguen la vida útil del firme a la vez que permitan reducir su espesor, junto con un pavimento bituminoso altamente flexible que evite la reflexión de fisuras de retracción desde la subbase.

## Financiación y contratación

El Presupuesto Base de Licitación (sin IVA) y el modo de financiación previstos para cada programa es:

- **efAPaves: 27 M€** a cargo de los fondos del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia (MRR), previendo ejecutar el contrato durante los años 2025 – 2026.



- **ReCOPaves: 19 M€** solicitados para su cofinanciación a cargo de la línea de Fomento de la Innovación desde la Demanda (FID) del Programa Plurirregional de España FEDER 2021-2027, cuya convocatoria se lanzó en febrero de 2024 desde el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, previendo iniciar el contrato durante el año 2026.

Como aspecto novedoso, también cabe destacar que la modalidad de contratación será la propia de un contrato mixto de Proyecto y Obra (artículos 18 y 234 de la Ley de Contratos del Sector Público), donde el adjudicatario deberá redactar el proyecto constructivo y ejecutar las obras consecuentes. Además, en el caso del programa ReCOPaves, se adaptarán los pliegos a la modalidad de Compra Pública de Tecnología Innovadora (CPTI), orientados en mayor medida hacia el cumplimiento de una serie de prestaciones funcionales y no tanto hacia las prescripciones técnicas convencionales.

Con todo ello se espera explorar al máximo las posibilidades que ofrece cada técnica en términos de reducción de la huella de carbono, mejora de la eficiencia energética, durabilidad y potenciación de la economía circular, implicando al empresario desde el momento inicial del diseño para alcanzar los objetivos establecidos a la par que se garantiza la viabilidad de cada solución.

## Dirección y seguimiento de los trabajos

Desde la fase inicial de diseño de ambos programas, tanto para la solicitud de financiación como para la redacción de anteproyectos y la elaboración de pliegos, se ha contado con varios especialistas en firmes y en Compra Pública de Innovación

(CPI) de la Dirección Técnica y la Subdirección General de Sostenibilidad e Innovación de la DGC, con la asistencia técnica de INECO y PARMA ingeniería, además de la colaboración de las Demarcaciones de Carreteras del Estado y diversos efectivos de los sectores de conservación a la hora de recabar la información disponible en los tramos seleccionados, completándola en su caso con las inspecciones visuales y reconocimientos necesarios.

Para dirigir la ejecución de estos contratos se ha planificado una actuación coordinada entre los servicios periféricos y centrales de la DGC a fin de establecer unos objetivos comunes, unificar criterios y lograr con ello unos resultados equiparables en todos los casos. Entre las asistencias con las que se contará durante el desarrollo de los contratos (coordinación, supervisión de proyectos, control y vigilancia de obras...), cabe destacar la del Centro de Estudios del Transporte (CET) del CEDEX, que iniciará su participación con el apoyo a la evaluación técnica de las ofertas presentadas durante la fase de licitación, llegando hasta el asesoramiento especializado durante la fase de redacción de proyectos, y el seguimiento de las obras mediante los ensayos de contraste y las auscultaciones pertinentes. Así mismo, una vez finalizados los contratos de proyecto y obra, se prevé continuar con su colaboración para observar la evolución real de las soluciones aplicadas y analizar así las potenciales regulaciones normativas que se puedan derivar de estas experiencias.

## Conclusiones

Con los dos programas aquí presentados, desde la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, se pretende avanzar en el conoci-

miento y desarrollo de diferentes soluciones que permitan la ejecución de firmes de un modo más eficiente y sostenible, evolucionando los procedimientos que se han venido empleando tradicionalmente hacia las necesidades y estándares actuales.

La consecución de los objetivos marcados supondrá, no sólo una mejora en la gestión de la infraestructura y de los recursos administrados por la DGC, sino también un impacto positivo en otros aspectos como, por ejemplo:

- Las condiciones de seguridad y comodidad de los usuarios de la RCE, con la mejora de las prestaciones funcionales de los pavimentos y la prolongación de su vida útil.
- La capacitación e impulso del sector empresarial para abordar la ejecución de firmes con soluciones más eficientes, sostenibles e innovadoras.
- La reducción del impacto ambiental causado a lo largo de todo el ciclo de vida de los firmes de carreteras, mediante la racionalización del consumo de recursos, su sustitución por otros menos lesivos y la valorización de residuos.

Las conclusiones alcanzadas como consecuencia de la ejecución de estos dos programas y sus evaluaciones *ex post*, serán difundidas mediante las publicaciones técnicas y regulaciones normativas pertinentes, con lo que se espera que el conocimiento adquirido también se pueda hacer extensivo a la práctica de otros gestores de infraestructuras, logrando con ello un despliegue mucho más amplio de las ventajas conseguidas. ❖

# Balance de los contratos de concesión de las autovías de primera generación



**Pablo David Conde Blanco**

*Dirección General de Carreteras, MITMS*

**Rosalía Bravo Antón**

*Subdirectora General de Planificación y Explotación*

*Dirección General de Carreteras, MITMS*

## 1. Origen de las autovías de primera generación

Para conocer el origen de las denominadas autovías de primera generación hemos de remontarnos a principios de los años ochenta, cuando la transición política superó su etapa inicial y el gobierno de entonces pudo plantearse firmemente el establecimiento de una red de alta capacidad.

Tras el análisis seguido para el Plan General de Carreteras (PGC) cuyo avance se presentó en 1984 (Borrajó, J. 1993)<sup>1</sup> finalmente se decidió que las infraestructuras que completasen la red española de alta capacidad fuesen “autovías que utilizaran la carretera convencional para un sentido de circulación, controlando los accesos y construyendo intersecciones a distinto nivel en los principales cruces y variantes en la mayor parte de los núcleos de po-

blación” (MOPT, 1993)<sup>2</sup>. Aunque la decisión fue controvertida (San Miguel, M. 1988. Las prioridades del Plan General de Carreteras, Tiempo de Autovías. Revista del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), el PGC tuvo como programa más cuantioso el de Autovías, incluyendo la duplicación por fases de las carreteras nacionales radiales.

Con el paso de los años, y debido principalmente al incremento de los tráficos, las velocidades de circulación y los índices de peligrosidad y mortalidad registrados, se puso de manifiesto la necesidad de adecuar estas autovías a los estándares de calidad y seguridad del momento. Así quedó reflejado en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes (PEIT), aprobado en 2005 para el horizonte 2020, donde la adecuación, reforma y conservación de las autovías de primera generación figuraba como una de las actuaciones

prioritarias a efectuar en materia de infraestructuras por parte del entonces Ministerio de Fomento.

En desarrollo de dicha planificación, en el año 2006 el Ministerio lanzó el Programa de Adecuación de las Autovías de Primera Generación, enmarcado en las prioridades del PEIT 2005-2020, y que para estos itinerarios marcaban los siguientes objetivos:

- Tratar todos los tramos de concentración de accidentes detectados y todas las carencias de seguridad vial existentes.

1 Borrajó, J. 1993. Ponencia del Congreso del Plan General de Carreteras. Experiencias e innovaciones.

2 MOPT, 1993 “Las vías de gran capacidad. Una necesidad postergada”. Incluido en “El Plan General de Carreteras. Realizaciones”

## RUTAS DIVULGACIÓN

- Mejorar el trazado de las vías y de sus enlaces hasta alcanzar unas condiciones de seguridad y comodidad similares a las de las autovías de última generación.
- Dotarlas de las vías de servicio necesarias para controlar los accesos.
- Reponer el firme y las obras de paso a su situación inicial.
- Reponer, actualizar y completar el equipamiento.

Además, el programa establecía la necesidad de buscar una fórmula que permitiese adelantar cuanto fuese posible la financiación de las actuaciones requeridas - dado el alto coste que suponían - teniendo en cuenta la disponibilidad limitada de los recursos públicos. Estas circunstancias motivaron la elección del mo-

delo de concesión de obra pública para llevar a cabo este programa, que se estructuró en dos fases de actuación consecutivas, de las cuales finalmente solo se completó parcialmente la primera.

Así pues, durante el año 2007 se adjudicaron a lo largo de la Red de Carreteras del Estado diez contratos de concesión de obra pública de autovías abarcando una longitud total de 993 kilómetros, para su acondicionamiento, conservación y explotación por un periodo de 19 años, teniendo como contraprestación por parte de la Administración el pago de un canon periódico en función del volumen de tráfico circulante y de una serie de indicadores de estado y calidad del servicio.

Los diez contratos de concesión adjudicados fueron los siguientes:

1. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-1 del P.K. 101,0 al 247,0. Tramo: Santo Tomé del Puerto – Burgos.
2. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-2 del P.K. 5,9 al 62,0. Tramo: Madrid - R2.
3. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-2 del P.K. 62,0 al 139,50. Tramo: R-2 - L.P. Soria/Guadalajara.
4. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-2 del P.K. 139,5 al 232,8. Tramo: L.P. Soria/Guadalajara – Calatayud.



	Longitud Autovía (km)	Presupuesto adjudicación (millones €)	Presupuesto reequilibrio (millones €)	Inversión tras reequilibrio de contratos (millones €)			
				Área 1	Área 2	Área 3	Inversión Total
A1 - T2	146	475,24	632,75	184,47	91,53	65,4	341,4
A2 - T1	56,1	409,19	523,71	148,42	36,17	75,2	259,79
A2 - T2	77,5	263,58	406,66	129,67	45,64	79,3	254,61
A2 - T3	93,3	350,03	502,84	149,82	63,8	60,5	274,12
A2 - T4	107,2	402,85	539,49	176,18	73,4	73,6	323,18
A3 - T2	136,6	277,89	389,92	139,08	53,12	46,3	238,5
A31 - T1	94,2	254,67	320,18	92,17	41,32	60,3	193,79
A31 - T2	111,4	241,9	339,68	79,99	53,66	58,8	192,45
A4 - T1	63,72	249,17	344,98	75,03	40,78	51,8	167,61
A4 - T3	107	319,07	445,75	156,25	56,85	45,8	258,9
Total	993,02	3.243,58	4.445,97	1.331,08	556,27	617	2.504,35

Fuente: Evaluación intermedia del Programa de Adecuación de las Autovías de primera generación de TRANSyT (2017) a partir de datos del entonces Ministerio de Fomento.

5. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-2, P.K. 232,8 a P.K. 340,0. Tramo: Calatayud-Alfajarín.
6. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-3 del P.K. 70,70 al 177,53 y Autovía A-31 del P.K. 0,00 al P.K. 29,80. Tramo: L.P. Madrid/Cuenca - L.P. Cuenca/Albacete.
7. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-31 del P.K. 29,80 al 124,00. Tramo: La Roda – Bonete.
8. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-31 del P.K. 124,00 al 235,40. Tramo: Bonete – Alicante.
9. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-4 del P.K. 3,78 al 67,50. Tramo: Madrid - R4.
10. Contrato de concesión para la conservación y explotación de la Autovía A-4 del P.K. 138,0 al 245. Tramo: Puerto Lápice - Venta de Cárdenas.

En la licitación se presentaron ofertas económicas con bajas muy importantes - entre el 29,3% y el 48,8%, con un promedio del 41,21% - lo que ocasionó graves dificultades en el desarrollo de los contratos, teniendo en cuenta además que los tráficos reales registrados resultaron significativamente inferiores a los inicialmente previstos, por desviaciones respecto a las estimaciones de la demanda, en parte debido a la crisis económica global de 2008.

En este contexto, el Ministerio de Fomento adoptó una serie de medidas, recogidas en la disposición adicional cuadragésima segunda de la Ley 26/2009, de 23 de diciembre de Presupuestos Generales del Estado para el año 2010, que permitieron un reequilibrio de los contratos, posibilitando obras adicionales no contempladas en la licitación e incluyendo mejoras, que, de media, supusieron un aumento en el precio de los contratos de un 37,8%. Por otra parte, para la financiación de las inversiones necesarias, se acordó el otorgamiento por el Estado de un préstamo participativo a cada sociedad concesionaria en condiciones

ventajosas que debe devolverse seis meses antes de la finalización de los contratos. Posteriormente, con la finalidad de ordenar el procedimiento de devolución de dichas ayudas, que ascendían a un total de 398 millones de euros, en el plazo fijado, a través de la Ley 11/2020, de 30 de diciembre, de Presupuestos Generales del Estado para el año 2021, se estableció la obligación de dotar anualmente un fondo para la devolución de la totalidad préstamo, con la supervisión de la Delegación del Gobierno en las Sociedades Concesionarias de Autopistas Nacionales de Peaje. Cabe reseñar que una de las diez sociedades concesionarias ya ha procedido a la amortización anticipada del importe completo del préstamo otorgado.

## 2. Características básicas de los contratos

El principal objetivo de estos contratos era lograr unos niveles de seguridad y servicio similares a los de autopistas y autovías construidas con posterioridad, adaptando en la

medida de lo posible estas carreteras a la normativa. Para ello, se llevaron a cabo importantes actuaciones de acondicionamiento y mejora relativas al trazado, el tratamiento de todos los tramos de concentración de accidentes, la reposición del firme y el equipamiento vial.

Los pliegos clasifican las prestaciones del contrato en tres grandes áreas:

El Área 1, se corresponde con las obras de primer establecimiento y reforma para la adecuación, reforma y modernización de las autovías para alcanzar las características técnicas y funcionales requeridas para la correcta prestación de los servicios.

El Área 2, se corresponde con las actuaciones de reposición y gran reparación que son exigibles en relación con los requisitos que ha de reunir la infraestructura para mantenerse apta a fin de que los servicios y actividades a los que aquella sirva puedan ser desarrollados adecuadamente de acuerdo con las exigencias económicas y las demandas durante toda la vida del contrato.

El Área 3, se corresponde con la conservación de la infraestructura desde el momento en el que el contrato comienza a surtir efecto para los tramos de carretera existentes al inicio de este y desde el momento de su puesta en servicio para los tramos afectados por obras de primer establecimiento.

A efectos prácticos, las obras de área 1 las constituyen aquellas actuaciones de mayor envergadura que ejecutaron las sociedades concesionarias durante los primeros años de vida del contrato, para adecuar los estándares de calidad y seguridad de estas autovías a las del resto de vías de gran capacidad más modernas, y por tanto, las que permitieron mejorar de forma sustancial los niveles de siniestralidad en estos tra-

mos de la red. Y del otro lado, las actuaciones de área 2 y área 3 son las obras de conservación y los servicios que permiten al concesionario cumplir con los umbrales definidos para los indicadores de estado y calidad establecidos en los pliegos contractuales, estando el área 2 orientado a la conservación extraordinaria y el área 3 a la conservación ordinaria y mantenimiento de la vialidad de la infraestructura.

A cambio de realizar estas prestaciones, la Administración abona mensualmente una retribución económica al concesionario en función de la utilización y de los niveles de calidad de la infraestructura, denominado, a efectos del contrato de concesión, “canon de demanda” y calculado sobre las dos variables siguientes:

- El número de vehículos-kilómetro (ligeros/pesados) que circula por la autovía, aplicándose la correspondiente tarifa ofertada y que se actualiza anualmente conforme a la evolución del IPC.
- Los factores de corrección, al alza o a la baja, derivados de los indicadores de estado y calidad del servicio establecidos en los pliegos contractuales.

En relación con los indicadores de estado y calidad del servicio, estos son parámetros que se definen de manera objetiva para que los distintos elementos de la red viaria puedan satisfacer las condiciones óptimas de vialidad y servicio durante la vigencia del contrato. Se establecieron un total de 41 indicadores y para cada uno de ellos se fijan unos umbrales que marcan las correcciones al alza, a la baja y las penalidades, que, en el caso de no alcanzarse, es preceptivo llevar a cabo una actuación antes de que expire el plazo máximo definido en la ficha del propio indicador en el Pliego.

Entre los indicadores cabe destacar los de estado de firmes (resistencia al deslizamiento, macrotextura, regularidad superficial, capacidad estructural, regularidad transversal, fisuración y u otros deterioros superficiales, asentamiento, baches), de puentes, vialidad invernal, limpieza de firmes drenantes, marcas viales y cartelería vertical (retroreflexión), indicadores de seguridad vial (índices de peligrosidad y mortalidad, TCA), drenajes (limpieza y reparación), barreras y elementos de contención, túneles, siegas y mantenimiento de plantaciones y limpieza de márgenes y áreas de descanso. Y entre los indicadores de servicio se encuentran la atención a incidentes y accidentes, ocupación de carriles, nivel de servicio y vigilancia.

En relación con la solvencia técnica de los licitadores, en el pliego se exigía acreditar experiencia en cuatro aspectos: operaciones de conservación y explotación de carreteras, en construcción de autovías y/o autopistas, en redacción de estudios y proyectos, así como en control y vigilancia, y se requería que la sociedad concesionaria estuviera participada por las empresas que integraran la solvencia descrita para cada una de las actividades enumeradas.

A través de este precepto y del cuidadoso procedimiento de adjudicación y selección de ofertas llevado a cabo, el Ministerio consiguió confiar la gestión de este importante conjunto de infraestructuras estratégicas dentro de la Red de Carreteras del Estado durante un periodo prolongado de tiempo, 19 años, a empresas avaladas por su sólida trayectoria en las distintas disciplinas del ciclo de vida la carretera.

	Antes de las obras				Periodo de obras	Después de las obras			
	2006		2007		2008-2013	2014		2015	
	IP	IM	IP	IM		IP	IM	IP	IM
A1 - T2	18,64	0,46	15,48	0,17		3,63	0,27	3,37	0,27
A2 - T1	23,58	0,41	27,60	0,34		9,68	0,23	8,76	0,13
A2 - T2	14,45	0,61	13,41	0,49		3,44	0,18	1,86	0,00
A2 -T3	19,25	0,94	27,89	1,75		6,26	0,45	4,22	0,21
A2 -T4	28,15	0,26	34,67	0,54		3,83	0,00	5,41	0,17
A3 - T2	50,97	1,53	18,55	0,26		4,54	0,00	3,23	0,17
A31 - T1	14,70	0,22	17,82	0,84		8,40	0,28	7,56	0,16
A31 -T2	16,18	0,90	30,77	1,49		3,38	0,00	3,95	0,35
A4 - T1	19,34	0,29	17,01	0,59		2,07	0,13	1,86	0,37
A4 -T3	27,80	1,57	28,92	0,93		5,02	0,18	4,43	0,27

Fuente: Evaluación intermedia del Programa de Adecuación de las Autovías de primera generación de TRANSyT (2017) a partir de datos del entonces Ministerio de Fomento.

### 3. Evaluación del cumplimiento de los objetivos

Hacia el ecuador de estos contratos, en el año 2017, la Dirección General de Carreteras encargó un estudio independiente al Centro de Investigación del Transporte (TRANSyT) de la Universidad Politécnica de Madrid para evaluar el cumplimiento de los objetivos planteados dentro del Programa de Adecuación de las Autovías de Primera Generación.

Desde el punto de vista de la mejora de la seguridad vial, objetivo supremo para un operador de carreteras, las actuaciones de primer establecimiento y reforma (área 1) supusieron una mejora muy significativa de los índices de peligrosidad (IP) y de mortalidad (IM) en los diez tramos de autovías en comparación con esos mismos índices antes de la ejecución de las obras. Como se observa en la tabla arriba incluida, de manera cuantitativa, dicha mejora se ve reflejada en una reducción de los índices de peligrosidad entre el 72 y el 86 %, lo que contribuyó a reducir los daños y la pérdida de vidas humanas en la carretera.

Estas cifras ponen de manifiesto el hecho constatado por numerosos estudios de que la mejora de las condiciones de la infraestructura tiene como efecto una notable reducción de su impacto en los accidentes y, lo que es más importante, la minimización de sus consecuencias.

Desde el punto de vista de la rentabilidad de la inversión, de acuerdo con el análisis elaborado por el TRANSyT se estima que el beneficio social derivado de la mejora de la siniestralidad en las diez autovías, desde la finalización de las obras de adecuación del primer tramo (2011) hasta el final del periodo concesional (2026), alcanzaría una cifra de 1.661,94 millones de euros. La tasa interna de retorno (TIR) de los beneficios sociales netos obtenida en el análisis resultó del 10%. Esto supone que, desde el punto de vista de la sociedad, mereció la pena adelantar estas importantes inversiones en colaboración con el sector privado puesto que los beneficios obtenidos por reducción de accidentalidad compensaron los costes de financiación derivados de la modalidad de contratación elegida.

Con respecto al resto de objetivos, que cubrían aspectos tan diversos y relevantes como la mejora de trazados y remodelación de enlaces, o la reposición de firmes y de equipamientos viales el estudio analizó las medidas ejecutadas, fundamentalmente a través de las obras de área 1 de los contratos y elaboró una tabla de síntesis (página siguiente).

De todo ello, es posible concluir que se pueden considerar cumplidos todos los objetivos planteados para el Programa de Adecuación de Autovías de Primera Generación en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transportes (PEIT), lo que lo convierte en un caso de éxito para la Dirección General de Carreteras. Un éxito que ha sido fruto de la dedicación y compromiso de todos los funcionarios que han participado en las distintas fases de estos contratos - desde su preparación, pasando por las fases de proyecto, obra y conservación de las autovías - y más en particular del esfuerzo de los inspectores y sus equipos, la contribución de las sociedades concesionarias, y el apoyo de las asistencias técnicas, del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) y de INECO.

Definición de los Objetivos	Medidas ejecutadas
Tratamiento de todos los TCA detectados y todas las carencias de seguridad vial existentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamiento de los 109 TCA identificados en 2008</li> </ul>
Mejora del trazado de las vías y de sus enlaces hasta alcanzar unas condiciones de seguridad y comodidad similares a las de una autovía de última generación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 251 km de obras de primer establecimiento</li> <li>• 739 km de obras de reforma</li> <li>• 10 variantes de trazado</li> <li>• 122 mejoras de trazado</li> <li>• 121 actuaciones en los enlaces</li> </ul>
Reordenación de los accesos existentes ajustándolos a la normativa vigente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 196 actuaciones en carriles de cambio de velocidad</li> <li>• Adecuación de los pasos de mediana</li> </ul>
Reposición del firme y de las obras de paso a su situación de partida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13,156 M de Tn de mezcla bituminosa extendidas en obras de primer establecimiento y reforma</li> <li>• 23 aumentos de gálibo en obras estructuras</li> </ul>
Reposición, actualización y complementación del equipamiento vial	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2.000 km de nuevos sistemas de contención</li> <li>• Sustitución de señales y carteles. Más de 18.000 nuevas señales</li> </ul>

Fuente: Evaluación intermedia del Programa de Adecuación de las Autovías de primera generación de TRANSyT (2017) a partir de información procedente de las XIII Jornadas de Conservación de Carreteras (2013) organizadas por la Asociación Técnica de Carretera (ATC)

## 4. Reversión de las concesiones

Actualmente estos contratos se encuentran encarando su recta final, diciembre de 2026 es el horizonte temporal que marca el pliego para la entrega de la infraestructura a la Administración. Recordemos que estos diez tramos de concesiones de autovías de primera generación representan en torno al 8 % de las vías de gran capacidad de la Red de Carreteras del Estado y supondrán un incremento aproximado del 10% en la longitud de las autovías que actualmente se operan bajo un régimen de gestión directa, por lo que la reversión supone un importante desafío para la Dirección General de Carreteras.

Atendiendo a la literalidad del pliego, la infraestructura revertirá a la Administración, sin derecho a indemnización a favor del concesionario, quien deberá entregarla en perfecto estado de funcionamiento y con to-

dos los elementos de la concesión perfectamente conservados y con capacidad de prestar el servicio, cumpliendo los umbrales establecidos en los indicadores de estado sin incurrir en correcciones a la baja o en incumplimientos.

Precisamente, uno de los aspectos innovadores de estos contratos, que fueron adjudicados en 2007, fue diseñar un sistema de indicadores que ha permitido durante todos estos años evaluar de forma objetiva el estado de los elementos de la concesión de manera periódica mediante unos parámetros objetivos. Si bien no todos los elementos ni todos los aspectos de la infraestructura pudieron ser cubiertos por estos indicadores, el sistema facilitará la entrega del conjunto de la infraestructura en las condiciones adecuadas.

En este sentido, la Administración se encuentra trabajando actualmente en una evaluación del estado de la infraestructura objeto de los diez contratos de concesión, con la fina-

lidad de identificar las medidas necesarias para la entrega en perfecto estado de funcionamiento de la infraestructura y el cumplimiento de los compromisos contractuales.

Debido a la gran cantidad de agentes involucrados en el proceso - las sociedades concesionarias, la Subdirección General de Planificación y Explotación, la Subdelegación del Gobierno en la sociedades concesionarias de autopistas nacionales de peaje, las Demarcaciones y Unidades de carreteras del estado de las que dependen las inspecciones de explotación, las Asistencias Técnicas a cada una de las inspecciones, el CEDEX e INECO - es preciso intensificar la coordinación y aunar esfuerzos para una reversión ordenada. Lograr este entendimiento y los acuerdos necesarios, sería la manera idónea de cerrar el ciclo exitoso de estos contratos de concesión de las autovías de primera generación. ❖

# Autovía del Duero A-11

## Tramo: Venta Nueva- Enlace de Santiuste.

### Provincia: Soria.



#### Javier Fernández Armiño

Ingeniero Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en Castilla y León Oriental  
Dirección General de Carreteras

#### Lorenzo Plaza Almeida

Director de la obra  
Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón  
Dirección General de Carreteras

### 1. Antecedentes

Las obras del tramo Enlace de Santiuste - Venta Nueva, de la autovía del Duero, A-11 fueron licitadas por el Ministerio de Fomento y adjudicadas en julio de 2009 por 64,7 M a la UTE CYOPSA-SISOCIA, S.A. (60%) Y OBRAS PÚBLICAS Y REGADIOS, S.A. (40%). El plazo inicial de ejecución de las obras era de 30 meses. Debidos a recortes presupuestarios las obras estuvieron suspendidas desde mayo de 2012 hasta marzo del 2015. En marzo de 2015 se retomaron las obras, estando entonces ejecutadas aproximadamente en un 1,93%.

La obra se puso en servicio el 15 de junio de 2022.

### 2. Datos económicos

La inversión total es de 94,49 M€ desglosándose en:

- Presupuesto vigente de obras: 101,34 M€.
- Presupuesto redacción proyecto: 0,74 M€.
- Presupuesto control y vigilancia de las obras: 1,20 M€.
- Presupuesto de expropiaciones: 2,06 M€.

#### **Inversión total:**

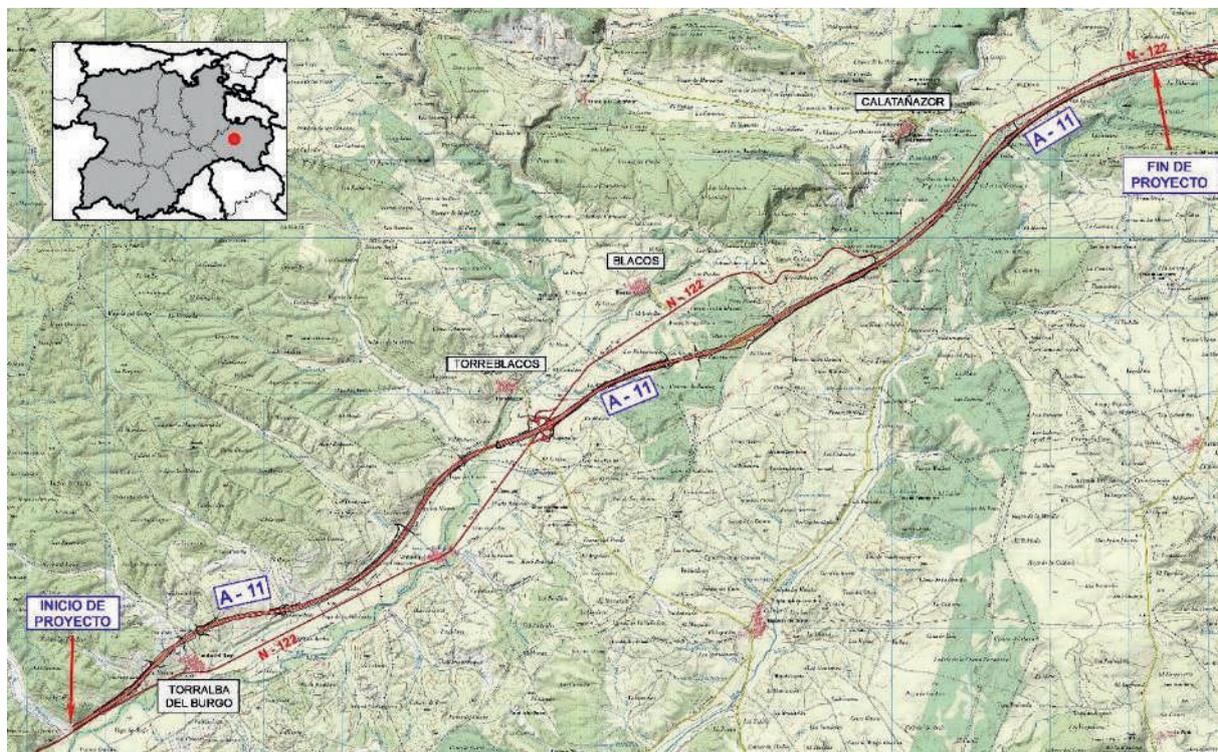
**105,34 M€.**

### 3. Descripción de las obras

La Autovía del Duero A-11, conecta el este y el oeste de la mitad norte de la península ibérica, uniendo Soria con Valladolid, Zamora y la frontera portuguesa, siguiendo el recorrido del río Duero.

Esta infraestructura supone un gran eje de transporte este-oeste, que también vertebra a la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Dieciséis kilómetros de autovía de nuevo trazado que, junto con el enlace de Santiuste, ofrecen una alternativa de altas prestaciones a la actual Nacional 122, y que se unen a los otros tramos en servicio de esta autovía entre Soria y Valladolid. En este caso, además, se da la necesaria continuidad con los otros dos tramos contiguos en servicio: Burgo de Osma - Santiuste y Venta Nueva - La Mallona. Una nueva infraestructura que mejora la capa-

## RUTAS DIVULGACIÓN



Mapa de situación

ciudad, la seguridad y los tiempos de recorrido de los trayectos entre estas dos localidades, evitando el paso por el puerto del Temeroso.

La sección transversal de la autovía está formada por dos calzadas, una para cada sentido de la circulación, con dos carriles de tres metros y medio cada uno, arcenes exteriores de dos metros y medio e interiores de un metro. La anchura de la mediana entre calzadas es de 10 m entre el inicio y el enlace de Torreblacos y de 2 m entre este punto y el final, con nueve pasos de mediana dispuestos a lo largo del tramo. La velocidad de proyecto del tramo es de 120 km/h.

El inicio del trazado se sitúa al nordeste de la localidad de Santiuste, a la altura del punto kilométrico 202,7 de la carretera nacional N122 en la vega del río Abión, próximo a la localidad de Torralba del Burgo. A partir de este punto el tronco se separa del corredor de la N122 para bordear por el norte el núcleo urbano de Torralba del Burgo, salvando diferentes zonas de pinar en

las proximidades del municipio.

En las distancias a origen. 7+123, 7+297 y 12+119, la nueva infraestructura cruza las carreteras SO-P-5032, N-122 y SO-P-4059, respectivamente. Las dos primeras intersecciones se resolverán mediante el denominado en proyecto "Enlace de Torreblacos". Para la tercera se ha previsto un paso inferior por el que se da continuidad a la carretera local bajo el tronco de autovía.

Pasado el enlace, el trazado abandona la vega del río Abión y discurre en desmonte para atravesar el páramo de Calatañazor en una zona de sabinas en la que la DIA consideró necesario minimizar su afección mediante la disposición de mediana estricta hasta el final del tramo. En esta última zona se disponen además de hasta cuatro pasos de fauna, dos inferiores y dos superiores a la autovía, para lograr la completa permeabilidad ambiental de la autovía.



Enlace de Torreblacos

El trazado en planta queda concebido con una sucesión de alineaciones circulares de sentido opuesto, unidas entre sí mediante curvas de transición, exceptuando la alineación inicial que es una recta. Estas alineaciones circulares se diseñan con radios que varían entre los 1.500 m y los 3.925 m.

Se disponen 20 estructuras: 4 pasos sobre la Autovía, 7 bajo ella, 8 obras de drenaje transversal y el viaducto sobre el río AbiÓN, esta última estructura tiene 260 metros de longitud y en ella destaca su cuarto vano del tablero de calzada derecha por salvar una luz de 90 metros que permite minimizar la afección a la vegetación de ribera.

Otro punto a destacar, es la realización una serie de actuaciones para desafectar, proteger y promocionar un importante tramo de la vía romana de Numancia a Osma. Para lograr la desafección se han construido dos pasos inferiores de tipo pérgola, que aportan gran luminosidad. Por ellos discurre la vía romana bajo la autovía, dando continuidad al camino antiguo y permitiendo su recorrido y promoción. Así mismo, se han construido dos muros de pilotes que han logrado minimizar la afección a la vía romana y sobre los cuales se han instalado sendas siluetas alegóricas al paso de la vía romana en este tramo.

Para la puesta en valor y promoción de la vía romana se han efectuado labores de limpieza y señalización para permitir que, a partir de ahora, pueda ser recorrida de forma peatonal y ciclista durante unos 7 km, entre el término de Blacos y Venta Nueva. Para ello se la ha dotado de tres áreas de interpretación situadas junto a la vía romana, una al lado de la autovía en el término de Blacos, otra en el alto del puerto del Temerero y otra en la Venta Nueva. También se han dispuesto otros carteles informativos a lo largo de su recorrido.



Zona de puesta en valor de la Vía Romana.



Viaducto sobre el río AbiÓN



Pérgolas para la desafección de la Vía Romana



Trinchera de subida al páramo de Calatañazor

#### 4. Datos técnicos

El tramo de autovía, de 16,2 km de longitud, está dotado con dos calzadas separadas con dos carriles por calzada:  $2 \times 3,5 = 7$  m. Arcenes interiores: de la D. O. 0+000 a la 7+620 ancho 1 m; de la 7+620 a la 8+020, transición de 1 a 1.5 m y de la 8+020 al final 1.5 m y arcenes exteriores: 2,50 m. La mediana: de la D. O. 0+000 a la 7+620 tiene un ancho de 10 m de la 7+620 al 8+020 transición de 10 m a 2.0 m y de la 8+020 al final de tramo 2.0 m.

En las distancias a origen de obra 7+123, 7+297 y 12+118, la nueva infraestructura cruza las carreteras SOP5032, N122 y SOP4059, respectivamente". Para la tercera se ha previsto un paso inferior por el que se da continuidad a la carretera local bajo el tronco de autovía. Para dar conexión a las dos primeras con la nueva infraestructura, se ha construido el "Enlace de Torreblacos". El enlace está compuesto por dos "trompetas" para la definición de los ramales de entrada y salida de la autovía que se conectan con la nacional a través de sendas glorietas de radio interior 22 metros, a la glorieta norte además se conecta la citada carretera local para el acceso a Torreblacos. El trazado ha sido diseñado para una velocidad de 120 km/h, disponiendo en planta

de un radio mínimo 1.500 m y en alzado de una pendiente máxima del 3,0%.

En el tramo se han proyectado un total de 20 estructuras que se pueden agrupar como se indica a continuación:

**4 pasos superiores** (en adelante PS) sobre la Autovía con tablero formado con cuatro vanos isostáticos de vigas artesas, prelasas prefabricadas con armadura colaborantes y losa hormigonada "in situ". La subestructura consiste en tres pilas prefabricadas y dos cargaderos hormigonados "in situ", elementos todos ellos cimentados superficialmente.

- PS 1.3: Longitud total de 64 m (11,62 m + 8,75 + 18,75 m + 11,62) Anchura del tablero 8 metros.
- PS.9.1: Longitud total de 57 m (11,62 m + 16,25 m + 16,25 m + 11,62 m) y una longitud de 57 m. Anchura del tablero 8 metros.
- PS. 9.5 Longitud total de 59 m (9,62 m + 17,25 m + 17,25 m + 9,62 m). Anchura del tablero 13 metros.
- PS. 10.6 Longitud total 65 m (13,62 m + 17,25 m + 17,25 m + 13,62 m). Anchura del tablero 13 metros.

**7 pasos inferiores** (en adelante P.I.) de diversa tipología:

- PI 1.8: marco de 9 x 6 m y 41 m de luz
- PI 3.2: marco de 9 x 6 m y 43,06 m de luz
- PI 6.2: marco de 9 x 6 m y 42,72 m de luz
- PI 12.1: marco de 12 x 6,3 m y 33,27 m de luz
- PI 5.1, Consta de dos estructuras de un solo vano cada, el tablero, compuesto por vigas doble T de hormigón prefabricado y losa hormigonada "in situ", está apoyado en estribos cerrados con muros en vuelta cimentados superficialmente. El tablero de calzada derecha tiene una longitud de 19,70 m y su anchura es variable de 15, 88 m a 16,47 m. El tablero de calzada izquierda tiene una longitud de 19,70 metros y un ancho constante de 11,50 m.
- el PI 7.3, Consta de dos estructuras de 3 vanos cada una, tablero compuesto por vigas doble T de hormigón prefabricado y losa hormigonada "in situ", apoyado sobre dinteles soportados por tres pilas cada una cimentadas en pilotes y estribos cimentados en pilotes. La longitud total del tablero es de 46,26 metros (12,81+20,63+12,82) y la anchura del tablero es variable de 15,11 m a 16, 82 metros en CI y 15,53 m a 19, 75 metros en CD
- el P.I. 14.4, es un marco de hormigón "in situ" con gálibo horizontal de 9,00 m y vertical de 6,00 m. Con una longitud de 39,21 m.
- Pérgola P-13: Estructura tipo pérgola formada por 5 tableros independientes separados por juntas de dilatación. Los tableros se forman con vigas doble T de 20 m de luz, apoyando en sendos muros cargaderos rematados en aletas.

- Pérgola P-14: Estructura tipo pérgola, formada por 5 tableros independientes separados por juntas de dilatación. Los tableros se forman con vigas doble T de 20 m de luz, apoyando en sendos muros cargaderos rematados en aletas.
- ODT 4.2 marco de 7 x 3.5, de 69,19 m de longitud
- ODT 6.2 marco de 3.0 x 3.0, de 81,80 m de longitud
- ODT 8.0 marco de 12.0 x 4.0, de 51,32 m de longitud
- ODT 11.7 marco de 12.0 x 4.0, de 41,74 m de longitud
- ODT 14.0 marco de 7 x 3.5, de 38,45 m de longitud.
- P.I. 2.0, consta de dos estructuras de 3 vanos cada una, tablero compuesto por vigas doble T de hormigón prefabricado y losa hormigonada "in situ, apoyado sobre pilas y estribos cimentados en pilotes. La longitud total del tablero es de 87.01 metros (26,5+34,0+26,5) y la anchura del tablero es de 11,70 m y 12,12 metros.

#### Viaducto sobre el río Abión:

Está formado por dos estructuras, una para cada calzada, compuestas por un tablero hiperestático formado por un cajón y prelosas prefabricadas y losa hormigonada in situ, siendo el ancho total de viaducto de 13,80 m. Para la calzada derecha su longitud de 263 metros se reparte entre 5 vanos (28+47+50+90+48), para la calzada izquierda de 250 metros 6 vanos (25+40+50+50+50+35). Tanto sus estribos cerrados como las pilas tienen cimentación profunda. Destaca de esta estructura el vano de 90 metros en la calzada derecha que surgió de la necesidad de evitar la afección a la vegetación de ribera.

#### Muros de contención:

- Muro 0.1: Se ejecuta este muro para evitar la afección del terraplén del tronco a la plataforma de la carretera N-122
- Muro 10.2 D y Muro 10.4 I: Se trata de dos pantallas de pilotes secantes que minimizan la afección a la calzada romana de 134 m (86 pilotes) y 124 m (83 pilotes) de longitud respectivamente. El diámetro de los pilotes es de 1250 mm y su longitud media es de 20 m que se anclan a una viga de atado en cabeza y a otra intermedia, ambos presentan un quiebro en su eje para minimizar la longitud del muro.

8 obras de drenaje transversal (en adelante ODT):

- ODT 0.4 marco de 7 x 3.5, de 44,43 m de longitud
- ODT 1.0 marco de 7 x 3.5, de 54,37 m de longitud

- ODT 4.2 marco de 7 x 3.5, de 69,19 m de longitud
- ODT 6.2 marco de 3.0 x 3.0, de 81,80 m de longitud
- ODT 8.0 marco de 12.0 x 4.0, de 51,32 m de longitud
- ODT 11.7 marco de 12.0 x 4.0, de 41,74 m de longitud
- ODT 14.0 marco de 7 x 3.5, de 38,45 m de longitud.
- P.I. 2.0, consta de dos estructuras de 3 vanos cada una, tablero compuesto por vigas doble T de hormigón prefabricado y losa hormigonada "in situ, apoyado sobre pilas y estribos cimentados en pilotes. La longitud total del tablero es de 87.01 metros (26,5+34,0+26,5) y la anchura del tablero es de 11,70 m y 12,12 metros.

En cuanto al drenaje longitudinal se han ejecutado cunetas revestidas de hormigón de los laterales de los desmontes, la central de la mediana, donde esta no es estricta y sus correspondientes tubos colectores para evacuar las escorrentías acumuladas a lo largo de la longitud de la autovía. Igualmente se han ejecutado las cunetas de los pies de terraplén para recoger las obras de drenaje transversal del drenaje longitudinal, las cunetas de guarda igualmente revestidas de las cabezas de los desmontes y los bordillos de cabeza de terraplén y sus correspondientes bajantes de evacuación.

También, se han llevado a cabo diferentes tipos de elementos para captación de las aguas subterráneas a lo largo de la traza, que evacúan al exterior de la traza las escorrentías subterráneas, consistentes en zanjas drenantes, pantallas drenantes en los desmontes y contrafuertes drenantes de escollera en taludes del desmonte con drenes californianos para la captación de subálveos que afloran en los taludes.

El paquete de firme en el tronco consta de 3 cm de M-10, 7 cm de S-20, 10 cm de G-25 y 20 cm de suelo cemento con sus correspondientes riegos sobre una explanada tipo E3. En los ramales la sección del firme consiste en 5 cm de mezcla asfáltica D-12, 10 cm de S-20 y 20 cm de suelo cemento. La explanada se ha formado con suelo adecuado y suelo estabilizado con cemento.

Se han repuesto y dado continuidad a los caminos existente, ejecutándose un total de 23, con una longitud total de caminos de 12,94 km

Otros trabajos llevados a cabo han sido los correspondientes a señalización, defensas y cerramiento, y la reposición de los servicios afectados de telefonía, red de abastecimiento, repetidor de TV y líneas eléctricas. También se ha llevado a cabo el cerramiento de la autovía, incluso en los ramales del enlace mediante pasos canadienses, también se han instalado las puestas necesarias para el acceso a las labores de conservación. Para facilitar la explotación del tramo se han instalado dos estaciones de aforo.

Se incluyen dentro del proyecto una serie de actuaciones de ordenación ecológica, estética y paisajística encaminadas a dar cumplimiento a la D.I.A y a garantizar la integración ambiental del Proyecto. Destacan las hidrosiembra y plantaciones llevadas a cabo, así como los decantadores ejecutados para la recogida de las aguas superficiales previo vertido de las mismas al río Abión. Se han construido los pasos de fauna superiores e inferiores previstos, así como los escapes adosados al cerramiento.

Por último, se han realizado una serie de actuaciones para desafectar, proteger y poner en valor la Vía Romana existente. ❖

# Autopista Musical

## Un incentivo positivo a la Seguridad Vial



### Máximo Machado Guzmán

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.  
Gerente Autopistas R4-AP36. SEITT

### Camino Arce Blanco

Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos.  
Directora Técnica y de Desarrollo de Negocio. SEITT

### PROBLEMA:

Seguridad vial en las playas de peaje. Dentro de la gestión de las autopistas de peaje, una de las cuestiones que se plantea de manera recurrente es la seguridad de los peajistas así como la de los usuarios, quienes en ocasiones se aproximan a las estaciones de peaje a velocidades más elevadas de las permitidas en los accesos. Por este motivo, se establecen continuamente medidas para prevenir, por un lado, accidentes en la llegada y, por otro, impactos de los vehículos contra las cabinas en

las que se encuentran los trabajadores, evitando daños y posibles atropellos.

Dichas medidas suelen centrarse en la disposición de señales de código, señalización horizontal y balizas luminosas, orientadas todas ellas, tanto a los conductores de los vehículos, como a los propios trabajadores. También se planteó, en su momento, la colocación de bandas sonoras a la entrada de las playas de peaje, pero fue desestimado por el impacto sonoro en los trabajadores y el entorno.

### SOLUCIÓN:

La materialización de una AUTOPISTA MUSICAL: ¿Y qué es esto? Consiste en la colocación de un sistema de huella sonora musical en la banda de rodadura del carril exterior, justo antes del inicio de la reducción de velocidad previo al peaje, con una longitud de 500 m y una duración de 30 segundos.

Mediante este sistema establecemos un incentivo positivo que impacta directamente en las dos principales causas de accidentes: distracción y velocidad. En lo relativo a la distracción conseguimos



atraer de forma creativa la total atención del usuario. En cuanto a la velocidad generamos un incentivo positivo, pues para que la melodía suene correctamente hay que ir a la velocidad establecida del tramo.

## Principales causas de accidentes

La Organización Mundial de la Salud estima las lesiones por accidentes de tránsito como una de las principales causas de defunción.

Así mismo, en “las principales cifras de la siniestralidad vial de España 2022” publicadas por la DGT se desprende que la principal causa de los accidentes es la distracción que, con 11.692 casos, representa un 17% del total. Si hablamos en términos de accidentes mortales las tres primeras causas son distracción (31%), alcohol (29%) y la velocidad inadecuada (23%).

La importancia de los hechos, que no pueden ser un tópico, hace que todos los actores en el trans-

porte por carretera deban implicarse para aplicar medidas que reduzcan su incidencia.

## Incentivos positivos versus coercitivos para mejorar la seguridad vial

Para reducir las causas que provocan accidentes en la conducción, existen dos alternativas: imponer medidas coercitivas (de prohibición) o idear incentivos positivos.

Las primeras, se basan en el miedo a que ocurra algo potencialmente negativo, instaurando el temor en el usuario, que actúa para evitar un castigo. Ergo si se evita el castigo no hay motivación.

Por otro lado, el incentivo positivo tiene una vinculación emocional, mucho más potente. Los incentivos positivos actúan como recompensa de un comportamiento correcto y motivan para que se actúe de forma específica, por lo que establece un refuerzo del comportamiento. Este tipo de incentivos establecen

una meta y una contribución, quedando reforzada la conducta de forma mucho más eficaz y continua en el tiempo. Estas acciones se traducen en un proceso por el que se libera mayor dopamina, mejorando la función cognitiva, la felicidad y la satisfacción.

Aunque el cerebro humano y el comportamiento evolucionan constantemente y cambian con el tiempo, hay que considerar que la sociedad actual está cada vez más acostumbrada a incentivos inmediatos, perdiendo valor los incentivos diferidos. Una recompensa inmediata tiene mayor impacto que una aplazada.



Los seres humanos estamos totalmente predispuestos a recibir incentivos positivos, especialmente si son inmediatos, y esto es lo que aportan las autopistas musicales.

## Difusión de la cultura

La difusión de la cultura se entiende como la propagación de rasgos culturales de una sociedad. En este sentido, somos acérrimos defensores de que las autopistas, por las cuales circulan a diario miles de conductores, deberían considerarse como un potencial medio de difusión. Existe un largo recorrido y múltiples acciones potenciales a realizar, hasta alcanzar la utópica realidad de que se conviertan en verdaderos “museos”, es decir lugares en los que exponer arte y que propicien fuentes de aprendizaje e interés.

El sentido cultural al que nos referimos se vuelve todavía más significativo, desde el momento en el que es una entidad pública, quien gestiona estas infraestructuras o medios de difusión. En el caso de las autopistas musicales de SEITT planteamos la difusión de composiciones españolas. Y en concreto en el tramo desarrollado en la Autopista R4 se puede escuchar un fragmento de “Asturias” de Isaac Albéniz.



## Antecedentes

Existen varios ejemplos de autopistas musicales, destacando Japón y EEUU. Una de las más llamativas es, sin duda, la Ruta 66, también conocida como The Main Street of America (‘La Calle Principal de Estados Unidos’) que une Chicago (Illinois) con Santa Mónica (California) en el tramo entre Tijeras y Albuquerque. El proyecto se llevó a cabo gracias a la colaboración del National Geographic Channel y el Departamento de Transporte de New México. Su relevancia y notoriedad justificó que fuese objeto de un documental de la National Geographic “Musical Highway – Crowd Controlen 2016” ([https://www.youtube.com/watch?v=Uucy\\_blcSrg](https://www.youtube.com/watch?v=Uucy_blcSrg)).

No existen precedentes en España del uso de autopistas musicales, si bien la normativa de carreteras, en su “Guía para el proyecto y ejecución de obras de señalización horizontal)” contempla marcas viales especiales (3.1.4) y, concretamente, aquellas con efectos acústicos y mecánicos (sonoras) (3.1.4.1).

Se descarta efecto alguno que pueda perjudicar a la seguridad vial, al estar la técnica de ejecución de bandas sonoras suficientemente probada y avalada con las instalaciones similares que existen

en otros países del mundo. No obstante, se ha analizado que deberán tomarse las siguientes precauciones:

- Evitar la ejecución en tramo con radio de curvatura elevado, no coincidente con de carriles de aceleración y deceleración.
- Considerar lo previsto en la “Instrucción Técnica para la instalación de reductores de velocidad y bandas transversales de alerta en carreteras de la Red de Carreteras del Estado”, Orden FOM/3053/2008, principalmente en lo referido a una profundidad inferior a 10mm en las marcas fresadas, así como a la no presencia de ciclistas, cuyo acceso está prohibido, al ser la R4 una autopista.
- Señalizar verticalmente con la señal “P-15a Resalto”.



P-15a  
Resalto

- Se considera conveniente una señal adicional, fuera de código, específica para la autopista musical, incluso con sugerencia de la velocidad recomendada.





# Las uvas de la ira

## Steinbeck, Ford y la Ruta 66 (2)



**José María Menéndez Martínez**

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.*

**Jesús Rubio Alférez**

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.*

### Resumen

Este artículo constituye la segunda parte de otro anterior de igual título y su objetivo conjunto es resaltar el papel de protagonista indiscutible que una carretera, la "ROUTE 66", jugó en el éxodo de cientos de miles de familias de campesinos estadounidenses que, en la década de los años 30 del siglo pasado, arrasadas por la crisis económica y los años de sequías, se vieron obligadas a abandonar sus hogares para escapar del hambre y la miseria.

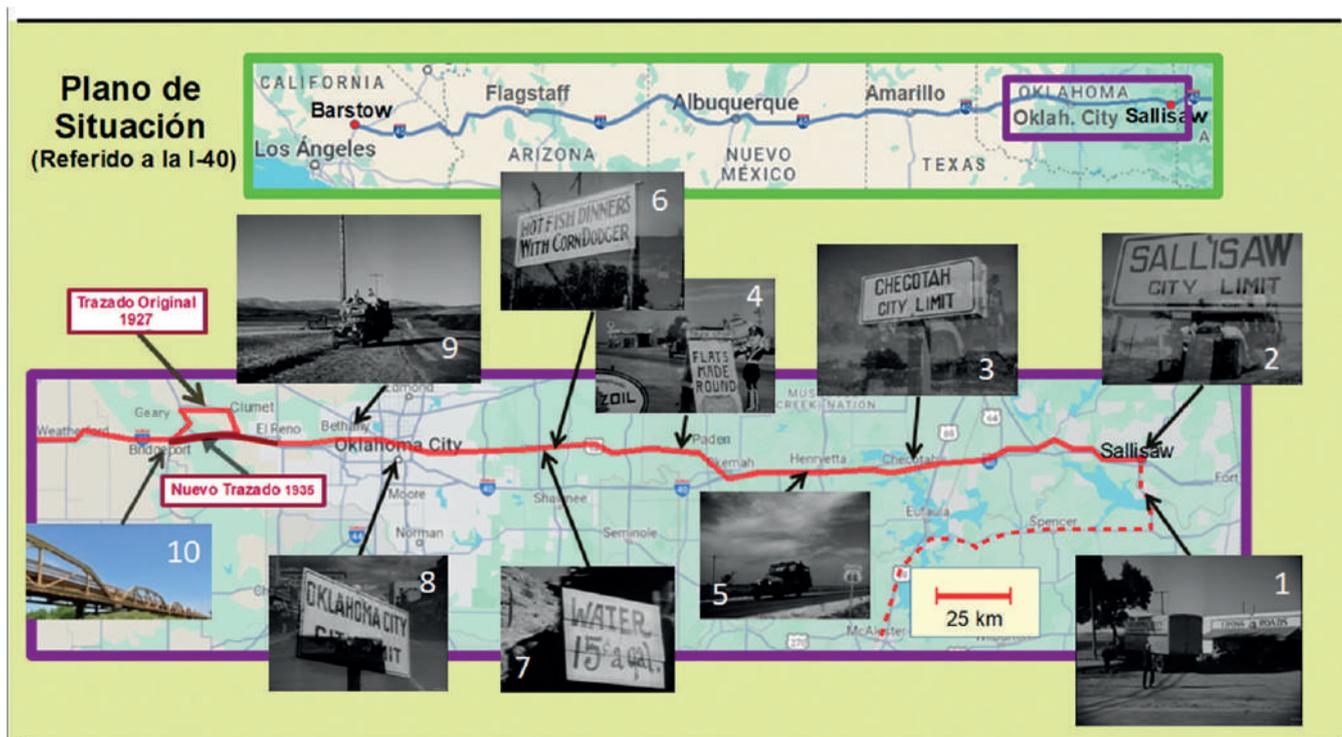
### Introducción.

Como recordarán los lectores de la primera parte, en ella dábamos noticia de aquellos hechos terribles a los que se llamó el "Dust Bowl" y contábamos cómo, primero el novelista J. Steinbeck y tras él el director de cine J. Ford, los narraban, ambos de forma magistral, en sus respectivas obras homónimas: "Las uvas de la

ira". Completábamos el artículo describiendo la génesis, en 1927, del "US Highways System", la primera red de carreteras interestatales de los EEUU y, en particular y como parte de ella, la de la "ROUTE 66", el itinerario que pasando por San Luis y Oklahoma City unía las ciudades de Chicago y Los Ángeles y que, como decimos en el resumen, ocuparía un relevante papel en la trama.

En esta segunda parte, de la mano de ambos autores, acompañaremos a los protagonistas del relato novelado, la familia Joad, campesinos de Sallisaw, al este de Oklahoma, una más entre las muchas otras que marchaban hacia California en busca de una vida mejor. Al hacerlo, la "Carretera Madre", como Steinbeck la calificó, nos irá mostrando cada uno de los hitos sobre los que los personajes de la historia irán perfilándose hasta alcanzar su altura. Al mismo tiempo la propia carretera se nos descubrirá como el actor principal que fue a lo largo de la narración. Pasemos a los hechos:

# Oklahoma



Mapa 1. Imágenes tomadas de la película, excepto la foto 10: <https://historicbridges.org/bridges/browser/?bridgebrowser=oklahoma/us281/canadian/>

La primera etapa del largo éxodo del que queremos dar noticia, la protagoniza Tom Joad en solitario y es, en realidad, el itinerario de un retorno a casa. Su lugar de inicio es la prisión del Estado de Oklahoma, en McAlester, donde Tom, tras recibir su libertad provisional, comienza una marcha a pie de unos 100 km, hasta las proximidades de Sallisaw, para regresar al hogar familiar. En el mapa 1 su ruta aparece al lado derecho señalada en línea discontinua, de color rojo.

La primera imagen de la película nos muestra a Tom en un cruce de caminos, sin señalización vertical, pero con unos significativos resaltes en el pavimento que marcan el punto de detención de los vehículos. Será aquí, a la puerta de un bar de carretera, único edificio en el paraje yermo, donde esperará la salida del conductor de un moderno camión articulado (foto 1 en el mapa 1) quien le facilitará, no sin cierto recelo, los últimos kilómetros de su marcha.

Con Tom ya incorporado al grupo, y una vez que su hermano Al, que entiende algo de mecánica, consiga transformar en camioneta un destartado Hudson comprado de ocasión en Sallisaw, comienza propiamente el viaje de los 12 miembros la familia Joad a los que se une

en el último momento, en un rasgo de generosidad del grupo, el reverendo Casy.

Tras un primer tramo de caminos rurales sin pavimentar el vehículo alcanza la carretera principal. Los espectadores que acaban de contemplar el deslumbrante aspecto del camión en el que Tom ha realizado la última parte de su camino, (un GMC de 1938, recién estrenado), no podrán evitar compararlo con el desven-





cijado vehículo en el que viaja el grupo. Ford, hablando a nuestros ojos, nos hace entender las desoladoras condiciones en las que las familias campesinas enfrentaban su éxodo a California.

Steinbeck precisa con exactitud el itinerario seguido por la camioneta en las siguientes horas: Sallisaw, en el extremo este del Estado de Oklahoma, Gore, Warner, Checotah, Henrietta, Okemah y Paden. Algunos de los lugares quedarán registrados en las imágenes de J. Ford (F2) (F3).

Por lo demás, la información de Steinbeck resulta interesante, porque de sus datos deducimos que los viajeros no estaban todavía en la R-66, que no alcanzarán hasta llegar a Oklahoma City, sino al este, recorriendo un tramo bastante parecido al de la actual autopista interestatal I-40. Este hecho junto con el de que, a grandes rasgos, la traza de la R-66 coincida desde esta última ciudad con la de la propia autopista, nos ha aconsejado utilizar la I-40 como referencia de apoyo en los “Planos de Situación” de los cuatro mapas que aparecen en el artículo.

En Paden se detendrán para llenar el depósito de gasolina (F4) y comprar 6 galones de agua, más para asegurarse la refrigeración del radiador que para su uso propio. Tras esto y reanudada la marcha continuarán su camino hacia Oklahoma City.

Ford, por su parte, presenta a los espectadores esta primera etapa del viaje dejando de lado la minuciosidad de Steinbeck e insistiendo en el sentimiento de liberación y de esperanzado entusiasmo que invade a los via-

jeros una vez que la dramática decisión de abandonarlo todo y marchar ha sido ya tomada. Tal vez por eso, la película se anticipa al mostrarnos el emblema de la R-66 (F5), cuando todavía los viajeros no la han alcanzado.

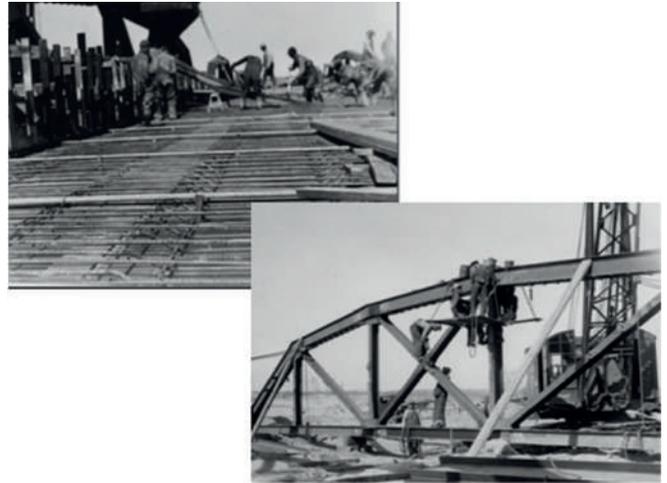
A lo largo de la secuencia, las referencias a lugares de paso se mezclan en la película, en fundidos encadenados, con las sonrisas de los más jóvenes de la familia, las imágenes de talleres de reparación de neumáticos, de gasolineras y restaurantes en los que no se atreverán a entrar (F6), o de carteles que hacen publicidad de lugares de acampada y de puestos de venta de agua (F7) por galones al precio de 15 centavos la unidad, el mismo que la gasolina. Por último, al igual que lo cuenta Steinbeck, los espectadores vemos a la familia deteniéndose al borde del camino, cerca de Bethany, ya al oeste de Oklahoma City (F8), con la intención de reposar de la fatiga y tal vez dormir (F9). Había concluido, aparentemente con bien, tras recorrer alrededor de 200 millas, la primera jornada de camino.

Sin embargo, y para desgracia de todos, el descanso se teñirá de dolor porque el abuelo, un anciano enfermo y demenciado, morirá esa misma noche. La familia, falta de recursos, decide darle sepultura allí mismo, al borde del camino, sin dejar señal alguna de su enterramiento por miedo a una investigación judicial.

Al inicio de la segunda jornada hubieron de cruzar los Joad el río Canadiano, en las proximidades de Bridgeport, no muchos kilómetros al oeste de Oklahoma City. El tramo de la R-66 que desde El Reno hasta Bridgeport saltaba el río, tuvo dos trazados diferentes a lo largo de los años 30. El más antiguo, el que utilizaron los emigrantes de primera época, hacía un sinuoso rodeo por el norte pasando por Clumet y Geary, ajustándose siempre a la línea ferroviaria y, antes de llegar a Bridgeport, cruzaba el Canadiano por un puente de débil estructura del que en la actualidad apenas quedan restos de los estribos. El segundo trazado, el directo (resaltado en color morado en el mapa 1) se puso en servicio en el año 1935, después de la construcción, en 1934, del puente William H. Murray (F10), llamado así en honor de quien en aquellos días era el gobernador del Estado. Es por él por el que Steinbeck, buen conocedor de la ruta, hace pasar a los Joad en este segundo día de marcha, camino de la frontera con Texas.

Las peculiaridades de este puente, que con sus algo más 1200 metros de longitud fue por muchos años el más largo del estado de Oklahoma, merecen al menos un breve párrafo. El principal escollo a resolver para su construcción tenía que ver con los frecuentes y espectaculares desbordamientos de río Canadiano, que se extendía por una amplísima llanura de inundación. Por ello la empresa constructora, la “Kansas City Bridge Company”, optó por

diseñar una larga estructura modular, en la que cada unidad estaba formada por una pareja de cerchas Warren, de 100 pies de longitud. La estabilidad de cada módulo se aseguraba mediante un arriostamiento entre las cerchas, atornillado a una altura tal que buena parte de la estructura metálica quedaba bajo el tablero del puente. El resultado era bastante antiestético pero seguramente muy sólido. Definido el módulo estándar, el puente se construyó por adición de sucesivas unidades hasta cubrir al completo la longitud necesaria para salvar la máxima inundación previsible. En total fueron 38 las unidades necesarias lo que sumando los tramos de acceso dieron al puente la longitud antes mencionada, realmente notable para la época. En las imágenes incorporadas al texto se muestran dos momentos del proceso constructivo, la colocación de una de las cerchas y el hormigonado del tablero.

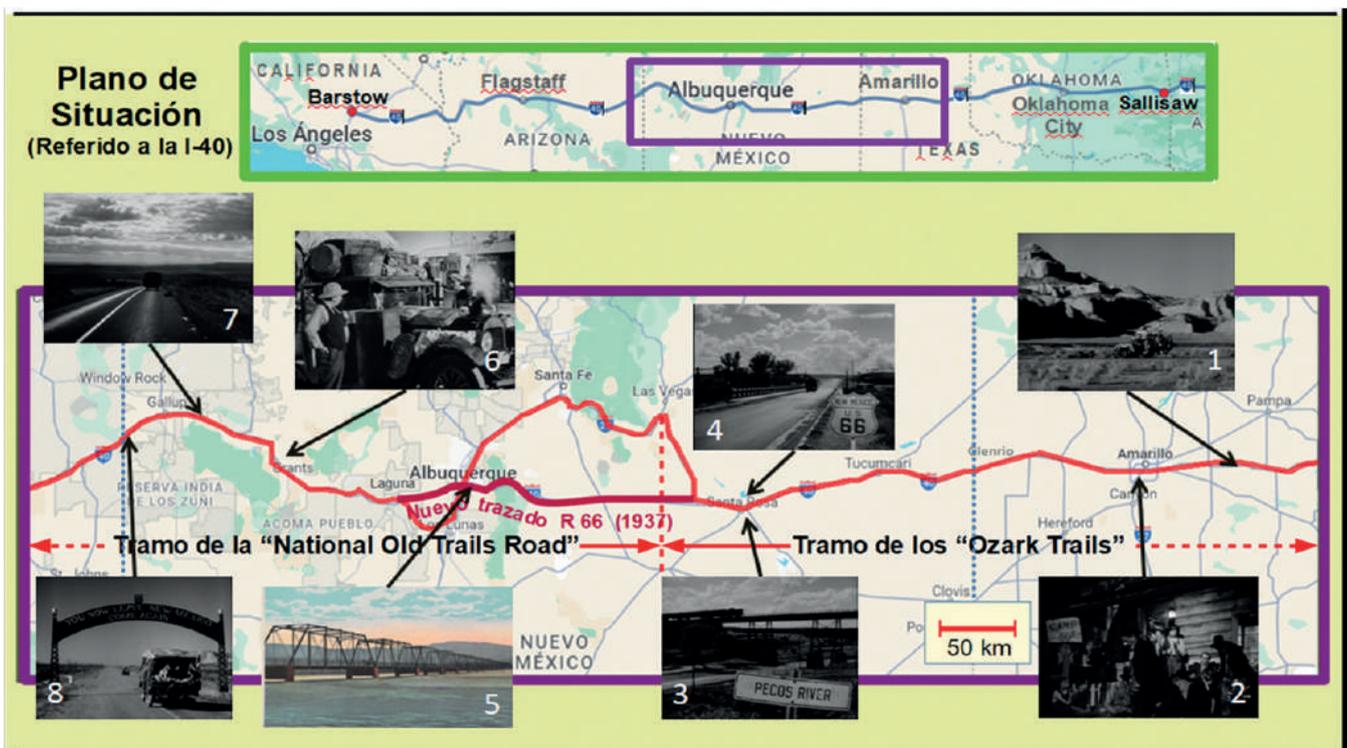


<https://historicbridges.org/bridges/browser/?bridgebrowser=oklahoma/us281canadian/>

Tanto el puente, que pervive en la actualidad, como el nuevo tramo que hemos descrito, estuvieron en servicio, como único lugar de paso del río Canadiano en aquella zona, hasta la década de los 50. Sin embargo, como ocurrió con muchas obras de fábrica de las cons-

truidas en los años 30, su importancia se redujo notablemente al entrar en servicio la autopista Interestatal I-40, que cruzaba (y cruza) el río por un holgado puente doble, algo más al sur.

## Texas y Nuevo México



Mapa 2. Imágenes tomadas de la película, excepto la foto 5: <https://www.cartermuseum.org/collection/steel-bridge-across-rio-grande-albuquerque-new-mexico-p197648978>

La presencia de terrenos fácilmente inundables a las orillas del Canadiano, a la que nos hemos referido para explicar el diseño del puente Murray, tiene que ver con

la característica común al territorio que en esta segunda jornada recorrían los Joad. Ford deja constancia de su paso por estas tierras con una suave panorámica,

que muestra al vehículo rodando a buen ritmo por una carretera recta, con rala vegetación a uno y otro lado de la calzada y unos ásperos escarpes como fondo del paisaje (F1 en el mapa 2).

Tom y su familia se encuentran ahora, por tanto, en algún un punto indeterminado entre Texola, frontera entre Oklahoma y Texas y Amarillo, la ciudad más importante del norte de este último estado. Steinbeck, como siempre más explícito, precisa cada uno de los lugares por los que pasa el vehículo y nos informa de que al final de aquel día fue, precisamente a la salida de Amarillo, donde la familia se detuvo para pernoctar. De nuevo el ritmo de marcha en la jornada, a pesar de que el ánimo flaqueaba, les había permitido superar las 200 millas.

Tentados por la oferta que permitía acampar a 50 centavos/vehículo, el grupo tendrá ocasión de pernoctar por primera vez en terreno acotado (F2) y de compartir, también por primera vez en el viaje, las informaciones, las opiniones y los sentimientos que invaden a los miembros de algunas otras familias de jornaleros, protagonistas de su mismo éxodo. Allí se enteran de que la carretera produce víctimas, descubren que algunos de los acampados van ya de retorno a sus tierras de origen y Tom y los suyos oyen hablar de humillaciones, de abusos de los empleadores e incluso de muertes por inanición. “Me vuelvo porque prefiero morir de hambre de una sola vez”, dice uno de los que charlan a la puerta de la cantina, a la luz de un candil. La confusión y la angustia turban el ánimo de la familia pero prefieren pensar que ellos serán más afortunados.

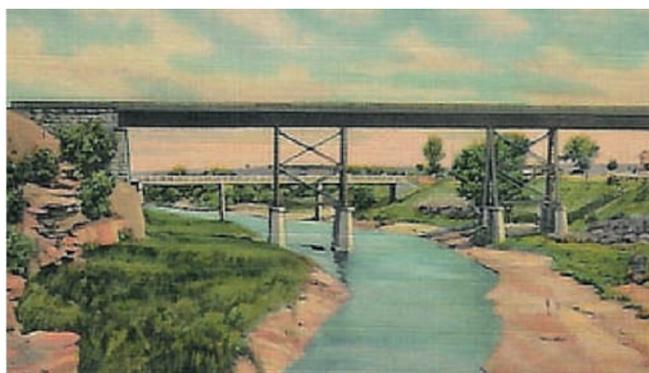
Desde Amarillo a la frontera de Texas con Nuevo México media una distancia de algo más de 60 km. Si seguimos a Steinbeck comprobaremos que la relación de pueblos por los que la R-66 pasa hasta llegar a Glenrio, límite del Estado, coincide con el itinerario de la I-40 y si bajamos al detalle sobre un plano actual veremos que, salvo en los pasos de la poblaciones, en los que la R-66 hace ahora de calle mayor y la autopista de vía de circunvalación, ambas rutas coinciden o, de no ser así, bien la R-66 ha sido absorbida o se ha convertido en vía de servicio de la Interestatal. Este hecho, lejos de ser excepcional será muy habitual a lo largo de todo el recorrido.

Tras dejar atrás la frontera, la carretera llegaba a Tucumcari y de allí tras 80 km de trazado llano, alcanzaba Santa Rosa, a los pies del río Pecos, tributario del río Grande que, más al sur, hace larga frontera con México.

Ford nos muestra el momento en el que la camioneta cruza el puente sobre el Pecos, poniendo atención especial en una circunstancia a la que ya hemos hecho

mención anteriormente, la tendencia del trazado de la R-66 a acercarse al de la línea férrea que, construida antes del final del siglo XIX, había servido de primer eje vertebrador de las comunicaciones con California desde el este de los Estados Unidos. Describiendo una suave panorámica, la cámara empieza mostrando al fondo el puente ferroviario metálico paralelo al de la carretera por el que circula un tren de viajeros. El cartel “Pecos River” aparece en primer plano (F3). Tras esto, la cámara concluye su giro encuadrando ahora, de frente, un largo tramo de la R-66 que incluye el tablero del puente sobre el Pecos. En primer plano, la señal indicadora de la R-66 y en la lejanía, el vehículo de los Joad acercándose al espectador (F4). La longitud del puente queda acotada por la barandilla que se observa a la izquierda de la carretera. Las peculiaridades del trazado que a lo largo de la década se fueron consolidando en todo el “US Highways System” se muestran aquí al espectador: anchura de calzada de 20 pies, alineaciones rectas prolongadas que se ajustan a las ondulaciones del terreno, pavimento bituminoso, cunetas suaves de hormigón o de terreno natural, acera peatonal en los puentes de 2 pies y medio, a ambos lados y señalización vertical informativa de la ruta que se recorre.

Por lo que al propio puente se refiere, las imágenes de la película no nos dan ninguna información, sin embargo la que incluimos en el texto, una fotografía coloreada de los años 50 tomada desde el río, nos lo muestra en segundo plano, enmarcado por la estructura metálica del ferroaducto. Como se ve, se trataba de un puente de tres vanos, probablemente de pilares y tablero de hormigón armado.



<https://www.pinterest.es/pin/two-bridges-over-the-pecos-river-in-santa-rosa-new-mexico-897483031973010042/>

Desde Santa Rosa, donde el paisaje cambia radicalmente y las montañas dejan ver sus ásperos perfiles al oeste, la carretera, al igual que hemos comentado para el itinerario El Reno-Bridgeport, tuvo dos trazados a lo largo de los años 30. El primero de ellos respondía al diseño inicial propuesto por sus patrocinadores en 1927,

que como se recordará, se componía de un primer tramo tomado de las “National Old Trails” que, pasando por Los Lunas y Albuquerque, llegaba hasta Santa Fe y La Vegas y de otro segundo, perteneciente al antiguo camino de Ozark, que desde Las Vegas, enlazaba con Santa Rosa para continuar luego hacia el este. En el mapa 2 quedan diferenciados el uno y el otro. El resultado era un enorme arco, con una longitud total de más del doble de la del camino recto, en el que ni siquiera se aliviaba ninguna dificultad orográfica. Esta situación se mantuvo hasta 1937. Fue entonces cuando, utilizando fondos federales dedicados a la reducción de la alta tasa de paro obrero en la región, se decidió proyectar y construir un trazado directo entre Santa Rosa y Albuquerque según una traza que dos décadas después sería seguida al detalle por la I-40 y que en el mapa 2 figura, de manera análoga a como lo hemos hecho en el mapa 1, en color morado.

Steinbeck hace pasar a los Joad por este nuevo atajo, pero lejos de utilizar el pasaje para ofrecerles algún reposo en su marcha, nos los muestra, ya cerca de Albuquerque comprometidos en un acto de infinita generosidad: apiadarse de una familia, emigrantes como ellos, varados en la cuneta con el motor averiado. Para ello Tom y su hermano Al, dejando acampados al resto del grupo, desandarán el camino hasta encontrar en un taller de desguaces las piezas necesarias para recomponer el vehículo de sus compañeros de viaje. La tarea les supondrá dos días “perdidos” pero los lectores quedarán informados de lo que la solidaridad significaba para aquellos granjeros desarraigados.

Al fin, los Joad llegaron a Albuquerque. Allí cruzaron el río Grande por el puente Varela (F5) construido en 1910, y que por tanto miraba al noreste, es decir más a Santa Fe que a Santa Rosa. Ello no le impidió mantenerse como el único punto de paso del río para los que, desde Albuquerque, querían moverse en dirección oeste. Y lo seguiría siendo hasta 1952, en que se abrió un segundo puente más ajustado al trazado de la I-40.

De aquí en adelante, tal vez a causa del agotamiento o de los sinsabores del viaje, parecería que los Joad mostraban una nueva actitud. Como dice Steinbeck “las distancias se hacían demasiado grandes y les obligaron a adoptar una nueva técnica de vida; la carretera se transformó en su hogar y el movimiento en su medio de expresión... Dejaron de ser granjeros para convertirse en emigrantes. Sus reflexiones, sus largos silencios de mirada fija que antes habían ido a los campos, se dirigieron ahora a la carretera, a la distancia, al oeste.” Tampoco Ford llevará desde ahora cuenta de los días de marcha.

Con el río Grande ya bien a sus espaldas y camino de Arizona, en Grants, Ford nos hará testigos del receloso trato que las familias emigrantes recibían cada vez que se detenían al borde de la carretera, para abastecerse de combustible o de víveres. Es así como los hechos suceden: los Joad se detienen a la salida de la población para repostar. El que parece ser dueño de la gasolinera (F6), la cabeza cubierta con un salacot y mascando tabaco, después de observarles mientras tratan de llenar de agua el radiador que no para de lanzar vapor, le pregunta a Tom si tienen dinero. Ellos se ofenden: “No somos mendigos, dice el padre, pagamos lo que compramos”. El del salacot no se disculpa sino que hace un vago comentario sobre la variedad de gentes que pasan por allí y luego se aleja, con mirada hosca. En efecto, no eran sino braceros sin trabajo y sin dinero que emigraban a California desde Oklahoma, demasiados y demasiado pobres para poder ser aceptados sin reparos. Eran los “okies”.

Los casi 100 km que quedaban para alcanzar la frontera del estado los hizo el grupo rodando por una carretera de perfil ondulado, con montes hacia el sur y al fondo, muy lejos, una meseta elevada. El equipo de rodaje, que aprovechó todos los recursos posibles para transmitir al espectador la sensación de marcha incansable, siempre adelante, nos describe este tramo con dos escenas, ambas sin dialogo. La primera muestra el paso del grupo por una reserva india, probablemente la de los Zuñi, una comunidad que se había instalado allí, hacía ya un par de generaciones a causa de la presión de los colonos blancos.



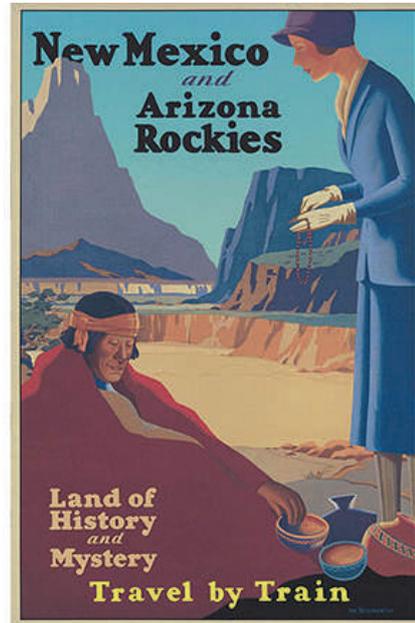
Conociendo la postura de Ford, siempre a favor de los indígenas americanos, podemos darle a las imágenes un valor simbólico. En la segunda escena se muestra la camioneta, mirando a poniente, con un invisible sol al fondo que produce un extraño reflejo sobre la carretera y hace

brillar la línea blanca, probablemente recién pintada, que separa los carriles de circulación (F7). Por cierto, la línea blanca era una novedad, recordemos que en el paso del río Pecos no se observaba señalización horizontal alguna.

Tom y los suyos cruzan ahora la frontera del Estado y entran en Arizona, penúltima etapa de su éxodo. Llama la atención que con el cambio de estado, el asfalto se transforma en un pavimento de zahorra que, por cierto, no parece muy bien cuidado (F8). El detalle es significativo porque desdice las afirmaciones según las cuales a principios del año 38 toda la R- 66 había sido ya asfaltada. No era cierto, estas imágenes fueron filmadas en septiembre del 39, como dijimos en el primer artículo.

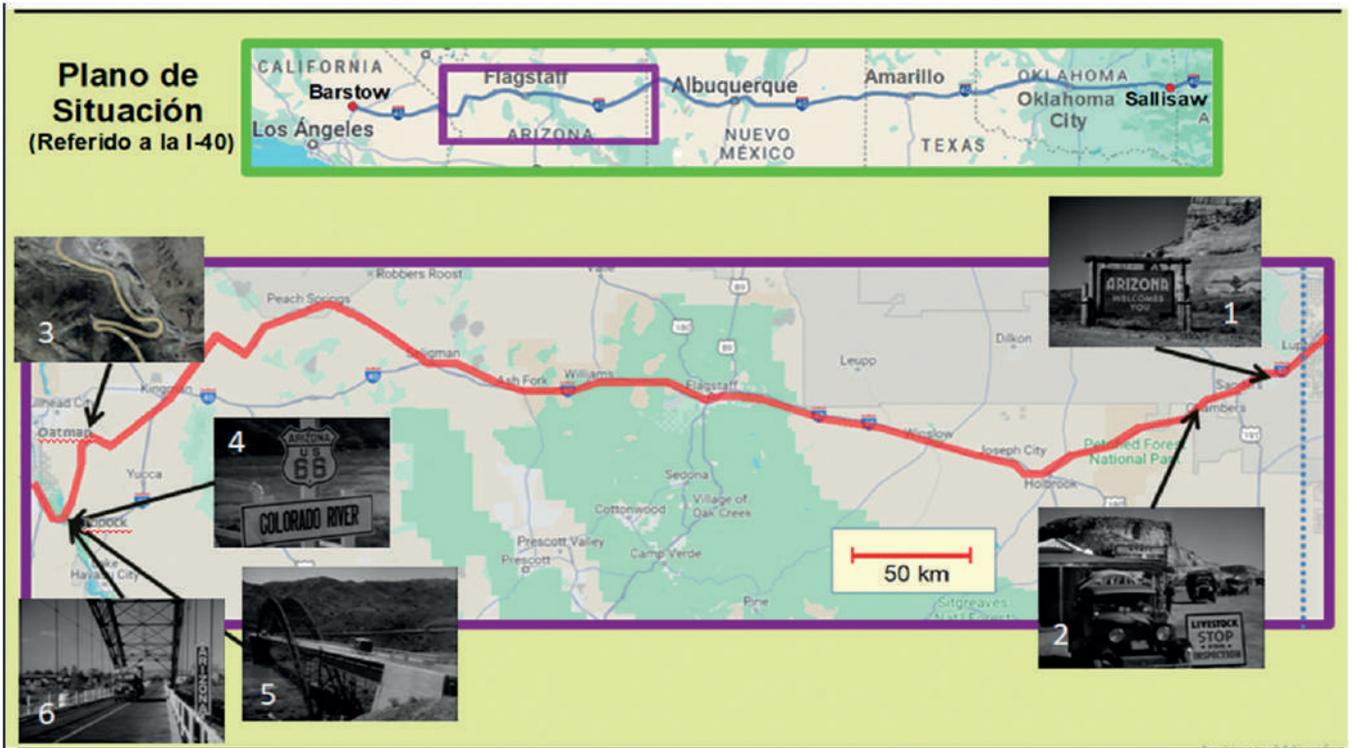
Por lo demás, y como el fotograma de la película muestra, Nuevo México despide a los viajeros con un arco, apoyado en dos columnas metálicas, en el que se lee una inscripción con aire de reclamo turístico y sobre ella el emblema de la R-66. Es todo un aviso de lo que en esos últimos años de la década estaba sucediendo en los Estados Unidos: por un lado los campesinos sin hogar huían al oeste en busca de sustento para sus familias y por otro los representantes de la clase media de los Estados del oeste, ya superados los años de crisis,

recibían ofertas de las agencias de viajes (tren + hotel) convocándoles a pasar unos excitantes días de asueto que incluían visitas a una reserva india



<https://oxfordre.com/americanhistory/doc/10.1093/acrefore/9780199329175.001.0001/acrefore-9780199329175-e-967-graphic-003-full.jpg>

## Arizona



Mapa 3. Imágenes tomadas de la película, excepto la foto 3: <https://earth.google.com/web/search/oatman>

En Arizona lo primero que los viajeros encontrarán tras el cartel que les da la bienvenida (F1) será un control fronterizo. Ni en la entrada de Texas, ni en la de Nuevo México habían visto los Joad nada parecido. La actitud del agente es severa y el interrogatorio, de tono policial (F2). La pregunta clave: ¿llevan plantas?, trata de evitar que ocupen alguna tierra, planten y luego pretendan instalarse definitivamente. Una vez que el agente pega al parabrisas la etiqueta que los identifica como lo que son, granjeros sin trabajo, los Joad, al igual que el resto de los emigrantes, no tendrán más remedio que seguir carretera adelante hasta cruzar el río Colorado.

El resto del camino tras dejar atrás el control, vendrá caracterizado, especialmente desde Ash Fork, por la dura orografía y por el pésimo trazado de la carretera, hasta llegar a Topock.

Lamentablemente y contra lo que sucedió en otros tramos del camino, de los que hemos dado cuenta más atrás, en este caso no se realizó ninguna mejora hasta los años 50. Es decir, el itinerario que hacían los viajeros por la R-66 fue el mismo, tanto para los emigrantes de la primera ola, antes del "Dust Bowl", como para los de la segunda. Como se observa en el mapa 3, su trazado, bien diferente del que luego seguiría la I 40, iba desde Ash Fork a Selgman y pasaba luego por Peach Springs, Kingman y Oatman para terminar en Topock, a la orilla del río Colorado.

Las dificultades que para recorrer estos casi 300 km padecían los agotados campesinos, hacen decir a Steinbeck: "las ruedas de los coches rechinaban al tomar las curvas, los motores se recalentaban y el vapor salía despedido por los bordes de las tapas de los radiadores." Era el tramo de las averías inarreglables, de los accidentes irreparables, de los sueños rotos. El mote de "carretera de la muerte" con el que se la bautizó ya desde el inicio de los años 30, estaba merecidamente ganado. No era extraño, pues, en esos días, que algunos vecinos de Peach Springs, o de Kingsman se alquilaran como conductores de aquellos viejos cacharros, haciéndolos pasar a salvo por la zona de Oatman, la de trazado más difícil, y dejándolos de nuevo en manos de sus dueños en las proximidades de Topock. Por lo demás no será ocioso decir que, a la fecha de hoy, el abandono que este tramo de carretera sufrió tras la puesta en servicio de la I-40, hace que el antiguo trazado sea perfectamente identificable en la foto aérea (F3).

Es cierto que John Ford y su equipo de rodaje de exteriores dejan de lado cualquier referencia a problemas serios relacionados con la conducción del vehículo y se limitan a mostrarnos asuntos menores, como el pin-



chazo de un neumático o los apuros de Tom para dejar escapar del radiador el vapor ardiente, que le quema la mano. No hace así Steinbeck que, una vez más, tanto al referirse a este tramo como en varios otros momentos de la novela, deja registro del abusivo precio al que se vende el galón de agua a los emigrantes, de sus problemas para proveerse de lubricantes, de la ausencia de gasolineras y talleres de reparación de vehículos y muy particularmente, de los accidentes que en alguna ocasión describe con sobrecogedor dramatismo.

Una vez llegados a Topock los emigrantes, mirando al oeste, veían, a la otra orilla California, ante sí el Río Colorado y para cruzar de uno al otro lado, un gran puente metálico. No se trataba de un puente nuevo, como el del río Canadiano o el de Santa Rosa; había sido construido en 1915 y su primer nombre fue el de "Old Trails Bridge" haciendo honor al proyecto que en su día inspiró su construcción. Durante sus últimos años en servicio y hasta que su estrechez obligó a dejarlo fuera de uso (1946), se le llamaba indistintamente puente de Topock o puente de Needles, por las localidades que a uno y otro lado del río le quedaban más cerca. En la actualidad sigue prestando servicio, remozado en su estructura y pintado de vistoso color blanco, no como puente de carretera, ni como pasarela peatonal, como pudiera pensarse en principio, sino como sustento de un oleoducto.

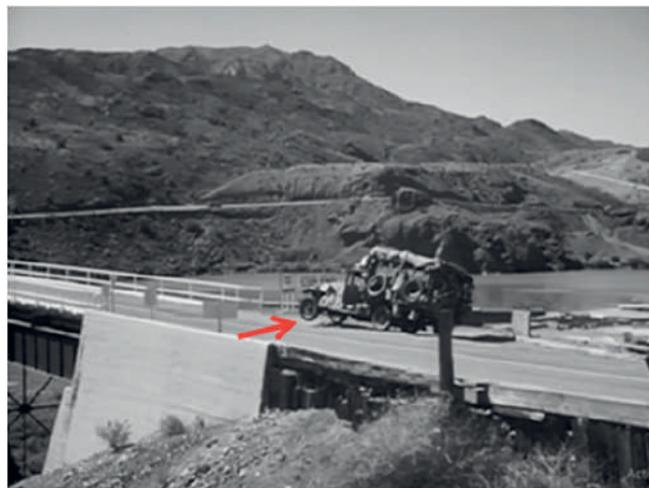
Como parece lógico, tanto Steinbeck como Ford prestarán especial atención al puente y a la impresión que al cruzarlo embargó a la familia Joad, desbordados de alegría y con la sensación de que, casi, habían alcanzado el final de su odisea. Ford alumbró el momento con pinceladas llenas de expresividad y belleza en las que, como siempre, el entorno y la carretera juegan un papel fundamental.

Como en la secuencia del paso del río Pecos, los espectadores veremos primero el cartel indicador "Colorado River" bajo el emblema de la R-66 (F4) y después la camioneta de la familia que sale a la cuneta para aparcar con comodidad. Desde allí observan ante ellos, de frente, el tablero del puente metálico, con bordillos limitando los carriles de circulación y barandilla protectora de la estrecha acera peatonal. Ante el puente se pueden ver, aunque solo sea por un momento, dos señales informativas, a la derecha, en paneles rectangulares con caracteres en negro sobre fondo blanco, que advierten de los límites de carga por eje y de velocidad de los vehículos a su paso por el puente. Lamentablemente al equipo de rodaje no parecían importarles mucho los detalles a los que nos referimos y por ello el límite de velocidad queda oculto a los espectadores, tapado por la puerta de la camioneta. Probablemente era de 25 millas/h según decía el "Manual Of Uniform Traffic Control Devices" que la AASHO había elaborado en 1937.

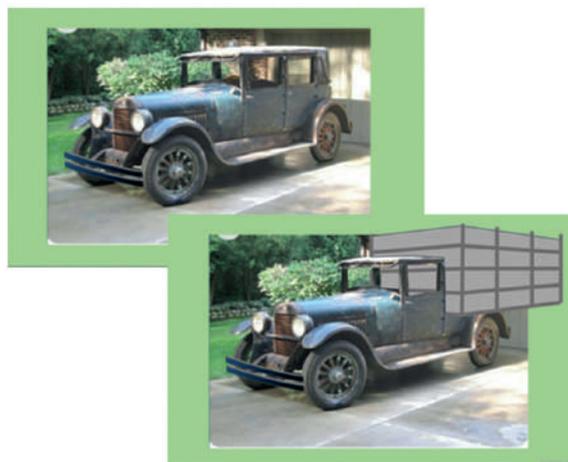


Tras dedicar unos minutos a contemplar el paisaje y a hacer planes ilusionados, los Joad suben de nuevo al vehículo y se ponen en marcha para cruzar el puente. Se produce entonces un hecho fortuito que, para nuestra suerte, quedó filmado sin que probablemente el equipo de rodaje se diera cuenta de que habían dejado registrada en el celuloide una prueba fehaciente de lo peligroso que resultaba viajar en aquellos engendros contruidos artesanalmente, arrancando por las bravas, con un cortafíos, la mitad posterior de la carrocería y sustituyéndola por un cajón fabricado con tablones. Lo que ocurrió fue que al iniciar el vehículo su marcha remontando la cuneta para incorporarse a la carretera, la rueda delantera izquierda se levantó del suelo sus dos buenos palmos y quedó suspendida en el aire unos segundos, a causa de la excesiva carga que gravitaba

detrás del eje trasero. Pudo haberse producido un accidente, no de los Joad, que eran una ficción inventada por Steinbeck, sino de los figurantes del equipo de rodaje que participaban en la escena.



En todo caso, vale decir que de una forma o de otra, el riesgo de accidente acompañaba a viajeros como estos a lo largo de todo su periplo. No podía ser de otra forma: el tosco cajón que hacía de improvisada caja de carga se llenaba siempre al máximo de su capacidad. Si tal capacidad se lograba aumentando su longitud se corría el riesgo de sufrir el accidente que acabamos de describir; si se elevaba su altura, la camioneta resultaba inestable y podía volcar en una curva; si se hacía más ancha, se aumentaba el riesgo de choque frontal. No había escapatoria.



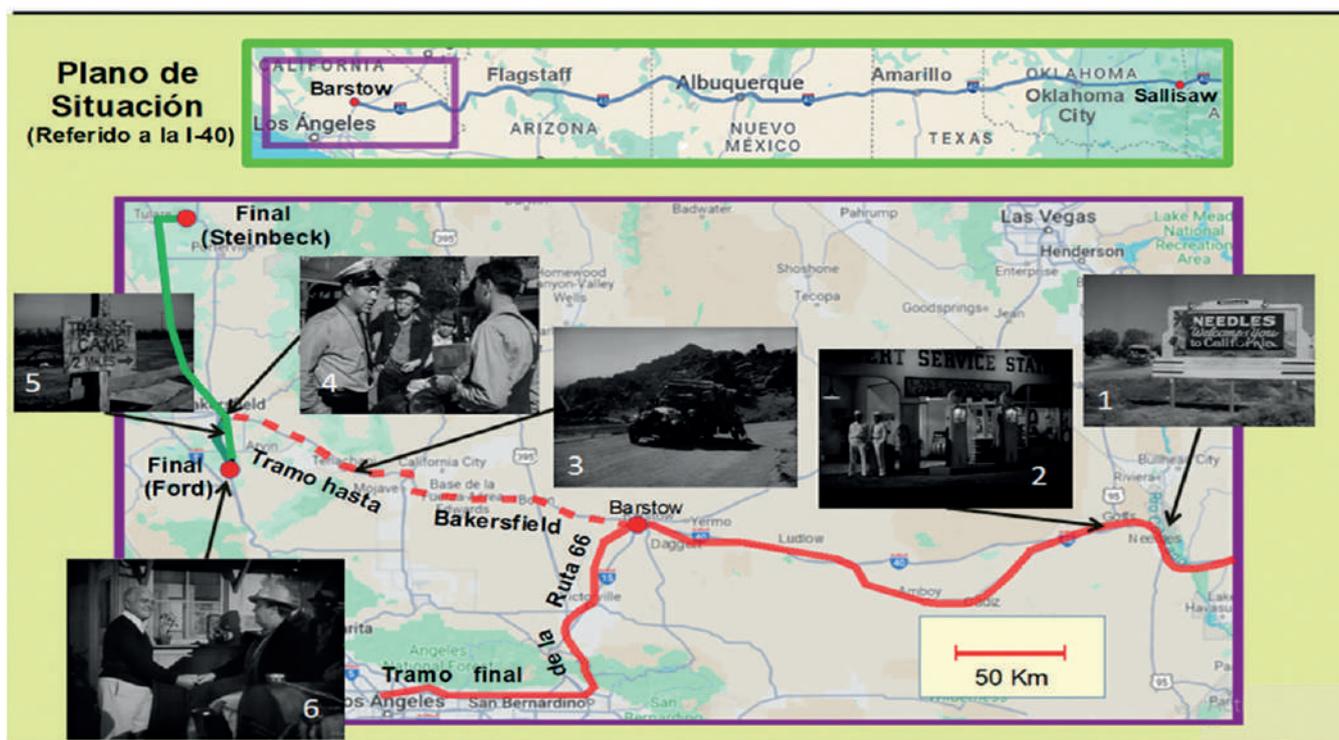
<https://www.pinterest.es/pin/1926-hudson--455919162248668449/>

En fin, conscientes de ello, o no, todas las familias campesinas que emigraban el oeste, y con ellas los Joad, hubieron de pasar este puente para entrar en California. Ford se recrea mostrándoselo al espectador en todo su atractivo, lo que no le resulta muy complicado porque de una parte la pareja de arcos metálicos de la

que pende el tablero central le dan un aire muy bello, y de otra porque resulta fácil encontrar emplazamientos cómodos para filmarlo. Primero vemos a los Joad rodando sobre el primer tramo del puente apoyado sobre columnas metálicas que descansan sobre el arco (F5) y después, colocando la cámara al otro lado del puente y en su eje central, nos muestra los elementos funda-

mentales para comprender el funcionamiento de la estructura. La camioneta acercándose al espectador y el panel enmarcado con círculos reflectantes que aparece a la derecha (F6) para que lo lean los que se mueven en sentido contrario nos avisa de que Tom y su familia están entrando en California.

## California



Mapa 4. Imágenes tomadas de la película.

El primer municipio, tras la frontera es Needles, algo más al norte que el puente y al borde del río. La película nos deja ver cómo la ciudad recibe a los viajeros con un pomposo "Needles welcomes you to California" (F1) y nos enseña un cartel que hace publicidad del "Camping de Carty" que más bien parece un reclamo solo para turistas con dinero; de hecho, Steinbeck, volviéndonos a la realidad, nos informa de que los Joad, alejándose de los límites de la ciudad buscaron un lugar de descanso al borde del río, uniéndose a un grupo de compañeros de viaje que habían formado un pequeño

campamento de una docena de tiendas. La experiencia del camino había enseñado a los emigrantes a reunirse al final de cada jornada de marcha. Sin duda, el hecho de que todos sufrieran las mismas angustias y todos padecieran la misma necesidad era lo que les hacía comportarse así.

Mientras los hombres y los más pequeños de la familia se daban un baño en el río para aliviarse del cansancio del viaje y el esfuerzo de montar la tienda, Steinbeck nos cuenta que un hombre con botas altas



y camisa caqui, con una estrella plateada prendida al pecho y una pistola enfundada colgada del cinturón, fue pasando de tienda en tienda haciendo su inspección. Al llegar a la de los Joad, donde estaban solas la madre con la abuela, que cada vez estaba más débil, y la hija embarazada, el hombre las interrogó:

– ¿De dónde vienen?

– De cerca de Sallisaw, en Oklahoma. Dijo la madre.

– Bueno, pues aquí no se pueden quedar. Si mañana a esta hora siguen acampados, los meto en la cárcel. No queremos que gente como ustedes se establezca por aquí, malditos okies.

La madre se quedó perpleja.

– ¿Okies?

Era la primera vez que escuchaba esa palabra, tan común por otra parte entre los paisanos testigos del paso de los emigrantes. Comprendió que era un insulto y que se refería a los suyos, a ella, a su familia, a las de las otras tiendas, a todos los que en esos días rodaban por la R-66 a la busca de un lugar donde ganarse un salario. Sintieron miedo, como el resto de los acampados que habían escuchado las palabras del ayudante del sheriff y en lugar de tomarse un día de descanso para reponer fuerzas y que la abuela descansara algo, reemprendieron el viaje aquella misma noche. Solo una familia decidió quedarse, los Wilson, que venían de Kansas y se sentían tan agotados que renunciaron a seguir luchando. Eran los mismos a los que Tom y Al habían recompuesto su coche averiado. Antes de ponerse en marcha la madre de Tom les dejó a la puerta de su tienda un plato con algo de carne y un par de billetes arrugados. No podían hacer más.

La etapa que les tocaba superar a lo largo de las siguientes horas iba a ser una de las más duras de su

éxodo, si no la más dura. Habían de atravesar el temible desierto de Mojave que cubre una inmensa extensión en la parte centro-oriental de California.

Ese tramo de la R-66, que desde el final de los años 50 se convertiría en una autopista de largas alineaciones rectas, era en la década de los 30 una carretera de 20 pies de ancho de calzada, conforme al estándar ya consolidado, sin dificultades en su trazado, aunque, según las imágenes que la película nos enseña, con un pavimento nada cuidado y sin la línea blanca sobre el asfalto que ya hemos observado en algunos otros lugares. Como se observa en el mapa 4, la distancia a recorrer desde Needles hasta Barstow, donde el desierto empieza a suavizarse, era bastante superior a la que se precisa en la actualidad para cubrir ese trecho. La razón era sencilla; una vez más el trazado se ajustaba a la propuesta de los “Old trails”, que no excluía de la ruta a ninguno de los núcleos de población, minúsculos en su mayor parte, que se repartían por la zona: Goffs, Cadiz, Amboy, Ludlow o Daguet, entre otros. Era probablemente, el terror del viajero a sentirse abandonado “en mitad de ningún sitio” lo que hizo subsistir ese trazado más propio de la era del carromato que de la del automóvil. En todo caso, que los viajes se realizaran casi siempre de noche para protegerse del sol abrasador, da idea de la prevención con que se contemplaba esta etapa del itinerario.

De anochecida salieron, en efecto, los Joad. La película nos muestra a la familia deteniéndose frente a una gasolinera donde repostar combustible. El reclamo del establecimiento no puede ser más expresivo: “Desert Service Station Last Chance for gas and water” (F2).

A mitad de la marcha, en plena noche morirá la abuela y la familia continuará carretera adelante, dejando Barstow a su espalda, en dirección a Bakersfield donde, según las informaciones de Tom se encontraba el final de la R-66.



Las informaciones de Tom no eran correctas, simplemente sucedía que las hojas impresas reclamando braceros para la recogida de la fruta los convocaban en esa ciudad; por eso todos los emigrantes consideraban Bakersfield como el final del viaje. En realidad, como se muestra en el mapa 4, el trazado definitivo de la “US Highway 66” no acababa en Bakersfield, sino que giraba en Barstow hacia el sur para alcanzar Los Angeles, pasando por Victorville y San Bernardino, es decir, una vez más, seguía la propuesta de la “Nacional Old Trails Road”. Por tanto era en Barstow donde la R-66, la “Mother Road” como el propio Steinbeck la bautizó en su novela, daba por concluido su compromiso de acogida y de tutela a cada una de las familias de granjeros emigrantes que a lo largo de toda aquella década, la los 30, confiaron en ella a la busca de un futuro mejor.

En todo caso, no olvidemos que tan protagonistas de esta historia como la Ruta 66 lo son la familia Joad y los que como ellos emigraban a los valles de California. En consecuencia, bueno será decir, para completar esta narración, que los Joad llegaron a Bakersfield empujando su camioneta (F3), pero cuando lo consiguieron no solo no encontraron trabajo sino que, otra vez, fueron expulsados de la ciudad por la policía (F4) y hubieron de refugiarse en otro campamento más, el más horrible de los que hasta ese día habían sufrido (F5). Un lugar donde el padecimiento era tal que se sintieron avergonzados de tener algo que echarse a la boca y prefirieron repartirlo entre un grupo de niños famélicos que los miraban implorantes a la puerta de la tienda.



De allí escaparon por temor a ser detenidos, porque uno de los acampados había agredido a un ayudante del sheriff. Tras pasar algunas calamidades más, encontraron un remanso de paz: el “Farmworkers’ Wheat Patch Camp” bajo la protección de la Administración Federal, donde vivieron algo menos de un mes, pensando que habían recuperado su dignidad (F6). Si seguimos a Ford, fortalecidos por esa hermosa experiencia, se lanzaron otra vez al camino junto con otras familias de granjeros, sonrientes y con nuevas energías, en busca de ese destino final que habían venido a buscar.



Bien es verdad que, si seguimos la narración de Steinbeck, desde ese último campamento marcharon los Joad hacia el norte, en las proximidades de Tulare y allí continuaron siendo víctimas de los abusos y las humillaciones de los empleadores, perdieron sus enseres en una inundación, padecieron más hambre todavía, vieron desmoronarse a la familia, y sufrieron el más tremendo de los abandonos, lo que no les impidió seguir mostrándose generosos con los que todavía tenían menos que ellos.

En fin, esto es lo que *Las uvas de la ira*, novela y película, nos cuenta sobre la odisea de los Joad y de los otros muchos miles de familias de campesinos emigrantes que, en aquellos trágicos días, hicieron de la Route 66 su casa con la esperanza de encontrar al final del camino “la tierra que manaba leche y miel”. Los datos históricos nos indican que fueron bien pocos los que lo consiguieron; los obstáculos que se oponían a que aquellos desdichados alcanzaran su sueño eran tan inmensos que muchos abandonaron desfallecidos. La carretera, sin embargo, nunca les dio la espalda.

(Las fotografías son fotogramas de la película o su origen aparece comentado en el texto. Los planos proceden de documentos comentados en el texto. Los mapas generales son de elaboración propia.) ❖

“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en

[www.atc-piarc.com](http://www.atc-piarc.com)

# XIV JORNADA SOBRE EQUIPAMIENTO VIAL

Propuesta de soluciones innovadoras en el campo del equipamiento de nuestras carreteras



Madrid, 18 de septiembre de 2024

El pasado 18 de septiembre se celebró la XIV Jornada sobre equipamiento vial, bajo el título “Propuesta de soluciones innovadoras en el campo del equipamiento de nuestras carreteras”. Estuvo organizada a cargo de ATC y AFASEMETRA. Se celebró en el salón de Actos del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid, con aforo completo.

La inauguración estuvo a cargo de Manuel Arbona, presidente de AFASEMETRA, Alvaro Navareño Pre-

sidente de la ATC, Juan José Martínez Secretario General del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y Paula Perez, Subdirectora General de Conservación y Gestión de Activos de la DGC del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible.

La incuestionable relevancia del equipamiento de carreteras, así como la necesidad de armonizar en el territorio de la Unión Europea sus características esenciales, ya que muchos de los productos están suje-

tos a Mercado, estimularon la creación del comité técnico europeo de normalización CEN/TC 226 en 1990 y, tan solo unos meses después, de su espejo nacional, el CTN 135. En la ATC se creó también un Comité específico sobre equipamiento vial, que pretende coordinar y analizar la problemática del sector en este ámbito de la carretera también.

La jornada se articuló a través de cuatro sesiones técnicas diferenciadas.



Sesión 1: Soluciones para fauna en carreteras



Mesa Redonda: Actuaciones específicas para mejorar la seguridad frente a atropellos de animales

## Sesión 1: Soluciones para fauna en carreteras

La primera ponencia estuvo a cargo de **Francisco Pérez**, de la DGC del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, por título SOLUCIONES PARA FAUNA EN CARRETERAS: PROYECTOS. Empezó hablando de la siniestralidad asociada al atropello de fauna. Los animales que más incidencia tienen son el jabalí y el corzo. Con un aumento muy significativo de casos del 2022 respecto al 2021. Habló de los tramos con especial frecuencia de incidentes viales con animales, TEFIVA. También trató de las actuaciones que se están llevando a cabo en el ámbito de la desfragmentación de hábitats. Y finalmente expuso las tendencias actuales en sistemas para disminuir las incidencias de la fauna y la carretera, basadas en sistemas preventivos o disuasorios, integrados por dispositivos muy diversos de los cuales hay que valorar su comportamiento con el paso del tiempo. Mención especial tuvieron las actuaciones realizadas para evitar el atropello del lince ibérico. Describiendo las llevadas a cabo hasta la fecha por la DGC, y las que se prevén para los próximos meses. Así mismo se señalaron algunos casos especiales como el del oso pardo del Cantábrico, también en peligro de extinción.

La siguiente ponencia, SOLUCIONES DE FAUNA MEDIANTE RECONOCIMIENTOS DE IMAGEN, fue

impartida por **Marta Cordón**, de la DGC del Gobierno de la Rioja. Tras una breve exposición acerca de la red de carreteras dependiente del Gobierno de la Rioja, presentó un mapa con los accidentes con animales implicados, y de la creciente evolución en los últimos años. Después de ello expuso las soluciones que habían implantado con sistemas de detección de fauna mediante técnicas de video detección. En un tramo piloto en la LR-282, formado por elementos autónomos o inalámbricos, y basado en sistemas de videovigilancia se filtran los animales del resto de usuarios, lo cual permite preavisar a los conductores mediante señales dinámicas.

**Carlos del Brío**, de la empresa Tevaseñal, impartió la siguiente ponencia, titulada TECNOLOGÍAS PARA LA DETECCIÓN DE FAUNA EN CARRETERAS. Expuso el denominado sistema "Avizor fauna" con dos variantes, una para tramos de carreteras con gran longitud, y otro exclusivo para los enlaces. Se basa en reflectometría óptica. A través de una sencilla zanja donde se coloca la fibra óptica cercana a la carretera y permite la detección de animales. Pueden establecerse distintos tramos o segmentos, que permitan modular la respuesta y evitar falsas alarmas. Permite diferenciar la presencia de personas, vehículos o animales. En el caso de los enlaces a autopistas o autovías los equipos de detección van sobre postes.

La siguiente ponencia la impartió **Francisco Tobarra**, de la empresa Visever, titulada SOLUCIONES PARA FAUNA EN CARRETERAS. Habló acerca de la llamada "baliza disuasoria", que pretende reducir el riesgo de accidentes por atropellos de animales sin obstaculizar sus movimientos. Se basa en la colocación de balizas a ambos márgenes de un tramo de la carretera, y evita que se acerquen a ella por medio de señales acústicas y luminosas que avisan al conductor de la presencia de animales. Para ello se instalan también dos carteles al inicio y final del tramo para que el conductor extreme la precaución.

A continuación, tuvo lugar una mesa redonda moderada por **Roberto Llamas**, de la DGC de MITMS. En ella se expusieron cuatro breves presentaciones.

La primera estuvo a cargo de **Francisco Javier Salcedo**, de la DGC de la Junta de Andalucía, que trató acerca del proyecto de desfragmentación de hábitat en la carretera A-308, en Granada. Habló de la accidentalidad en las carreteras de la zona. También habló de las soluciones aplicadas consistentes en un cerramiento-vallado específico para lince así como otra solución de vallado "virtual", consistentes en la colocación de unos dispositivos junto a los hitos, o a la barrera de seguridad, con sensores acústicos y de luces Led.

La siguiente ponencia estuvo a cargo de **Neus Comas**, de la Diputación de Girona, acerca de actuaciones específicas para mejorar la seguridad frente a atropellos en las carreteras de dicha Diputación. Expuso las características de la red de carreteras, y habló del incremento de la accidentalidad por fauna. Las soluciones implantadas han sido por un lado, balizas disuasorias, ya explicadas, con señalización dinámica de preaviso en cada tramo, y también mejoras de visibilidad en los tramos, mediante desbroces intensivos o tala y podas de árboles. Están evaluando la eficacia de estas medidas.

La siguiente ponente **Elena Chinarro**, de la DGC de la Junta de Castilla y León, habló de las características de la red de carreteras de dicha comunidad autónoma, y de la accidentalidad por provincias, y por especies. De entre las diversas medidas empleadas se centró en el tratamiento con disuasores / atrayentes olorosos. Su función es evitar o dirigir el paso de animales por determinados tramos. Su aplicación puede ser manual, pero también mecanizada mediante camión. Y habló de la experiencia en la autovía A-231.

Finalmente, **Juan Antonio Ruiz**, de la DGC del MITMS, habló de la gestión de la fauna en la Demarcación de Carreteras del Estado en Cantabria. Destacó la gran importancia que tiene la recogida de informa-

ción en primer lugar sobre la fauna cercana a la carretera (ganaderos, veterinarios, ayuntamientos, vecinos, guardia civil de tráfico, empresas de conservación de carreteras, etc.). En segundo lugar, destacó la importancia de las inspecciones de los cerramientos y elementos específicos como pasos inferiores. Describió finalmente diversas medidas adoptadas, de bajo coste, basadas algunas de ellas en aplicación de repelentes y atrayentes.

## Sesión 2: Soluciones para niebla en carreteras

La primera ponencia fue SOLUCIONES PARA LA NIEBLA EN LA A-8. MONDOÑEDO.LUGO. Estuvo a cargo de **Eduardo Chércoles**, de la empresa INECO, representando a la Demarcación de Galicia de la DGC del MITMS. Habló de la compra pública innovadora puesta en marcha para la búsqueda de soluciones antiniebla en la autovía A-8, basada en sistemas de ayuda a la conducción. Se producen nieblas en el Alto de O Fiouco, PK 545 y 549 de la A-8, en Lugo. Después de una consulta al mercado, se determinó que no existían soluciones de mercado para este problema. Se puso en marcha un proceso de CPI (compra pública innovación). Después de diferentes fases en el proceso se establecieron dos lotes; el lote uno, con los sistemas de

ayuda a la conducción en condiciones de niebla, y otro, lote 2, con los sistemas de aislamiento, eliminación o desplazamiento de la niebla. Tras comentar las distintas propuestas se centró en las dos finalistas de cada lote. Y se expusieron varios videos sobre su funcionamiento.

La siguiente ponencia la impartió **Juan Antonio Romero**, de la DGC del MITMS, Jefe de la Unidad de Lérida, titulada SOLUCIONES PARA NIEBLA EN AP-2, LERIDA. Presentó la problemática de las nieblas muy intensas en esta zona de la AP-2 y carreteras cercanas. En la AP-2 tras la apertura de la autopista de peaje el tráfico ha aumentado sustancialmente, y no es posible cortar la autovía y desviar el tráfico, como venía ocurriendo en episodios de niebla intensa. Por este motivo se han implementado diversos sistemas que aporten la necesaria seguridad a los vehículos en condiciones de niebla. Uno de ellos es el sistema de guiado láser de vehículos. Otro está basado en secuenciar paneles de señalización variable que permitan actuar cerrando un carril de la autovía en episodios de niebla, y mantener todo el tráfico de un sentido por un solo carril, de manera que los vehículos circulen con velocidad controlada, que es el objetivo fundamental. Otro sistema está basado en alumbrado, proyectores de luz vertical. También se ha instalado un radar de tramo. Todos estos sistemas están reportando al centro de control de infraestructuras que la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña tiene en Granollers y que permite explotar y gestionar adecuadamente los distintos sistemas, según los protocolos establecidos acordes a los visibilímetros instalados en el tramo también. Juan Antonio habló de la complejidad de la explotación de todos estos sistemas.

**Joaquín Izquierdo**, de la empresa TECNIVIAL, impartió la siguiente



Sesión 2: Soluciones para niebla en carreteras

presentación que fue sobre el BALIZAMIENTO LASER: ALERTA DE COLISIÓN POR ALCANCE Y AYUDA A LA CONDUCCION EN SITUACIONES DE VISIBILIDAD REDUCIDA. Habló del sistema denominado “La-sertec”, balizamiento láser de ayuda a la conducción en condiciones de visibilidad reducida (niebla extrema, partículas en suspensión, etc.) permitiendo que el conductor vea el trazado de la carretera, más allá de donde la reducida visibilidad permite ver otros objetos, otorgando una mayor seguridad al usuario de la vía. Esto se consigue mediante la activación de un haz láser que marca el contorno de la calzada. Los consumos de energía son muy bajos. Ha recibido también validaciones de distintos organismos, así como diversos premios.

La última ponencia de esta sesión la impartió **Jose Ignacio Hervás**, de la empresa API MOVILIDAD, sobre SOLUCIONES PARA EL GUIADO DE VEHICULOS. SEÑALIZACION PROYECTADA. Las primeras experiencias se produjeron en la compra pública citada del tramo de Mondoñedo, en Lugo. Hizo una comparativa entre las tecnologías de tipo LASER con las de LED. Entre las conclusiones destacó que la iluminación proyectada es una tecnología innovadora que podría llegar a ser comercial. Su aplicación puede ser el refuerzo de la señalización variable, así como para entornos de baja visibilidad e interior de túneles.

### Sesion 3: Señalización y balizamiento para seguridad de usuarios vulnerables

La primera ponencia la realizó **Cristina Libertad**, de la DGC del MITMS, sobre SEÑALIZACION VERTICAL. NUEVA NORMATIVA. Habló de la reciente OC 2/2024 sobre incorporaciones en señalización vertical.



Sesión 3: Señalización y balizamiento para seguridad de usuarios vulnerables

Trató, sobre todo, de las novedades en la señalización de servicios. También expuso algunas aclaraciones contempladas en la citada orden circular y referentes a la norma 8.1-IC. Además, habló de los nuevos elementos de señalización contemplados también, como son los carteles de delimitación de Demarcaciones Hidrográficas y señales indicativas del límite de las carreteras de la RCE.

La siguiente presentación fue impartida por **Eugenio Rey-Conde**, de la empresa Ingeniería, Consultoría y Servicios, SL, con el título SEÑALIZACION PARA CALMADO DE TRAFICO EN TRAVESIAS. Empezó caracterizando las travesías, a través de su definición, características del tráfico, y seguridad vial. A continuación, listó y expuso ejemplos de los distintos elementos que permiten “calmar el tráfico”. Tanto a través de la señalización horizontal, como de sistemas físicos o barreras, así como de sistemas tecnológicos más complejos. Expuso el ejemplo de los proyectos realizados en Zamora, por parte de la DGC del MITMS.

La siguiente presentación fue impartida por **Marisa Jimeno** y **Jose Luis Canga**, sobre CONSIDERACIONES SOBRE LA HUELLA DE CARBONO EN SEÑALIZACION.

Marisa habló de poner en valor las señales fabricadas con materiales metálicos: acero y aluminio, como materiales respetuosos con el medio

ambiente, ya que son 100% reciclables y admiten un alto porcentaje de material reciclado.

Jose Luis describió lo que era un análisis de ciclo de vida, como concepto, para dejar claro lo que es una declaración ambiental de producto (DAP), en cuya obtención está trabajando el sector del equipamiento. Continuó con el objetivo planteado por la UE: RECOMENDACIÓN (UE) 2021/2279 DE LA COMISIÓN de 15 de diciembre de 2021, sobre el uso de los métodos de la huella ambiental para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida.

### Sesion 4: Carretera e impacto acustico

**Christian de la Calle**, de la DGC del MITMS, fue el ponente de la presentación sobre VISION ESTRATEGICA DEL RUIDO EN LA RCE EN SERVICIO. Señaló que desde la Dirección General de Carreteras del MITMS se ha retomado en los últimos tiempos el pulso en lo referente a evaluar, planificar y ejecutar medidas correctoras en la red “en servicio”. El principal hito se ha producido el pasado mes de agosto cuando, tras 10 años desde la última publicación de Mapas de Ruido (MER), se ha aprobado tras ser sometida a pública exposición la serie de MER en las



Sesión 4: Soluciones para fauna en carreteras



Mesa Redonda: Actuaciones específicas para mejorar la seguridad frente a atropellos de animales

carreteras de la RCE sin peaje; próximamente se culminará el trabajo con la exposición de los MER en las autopistas de peaje. Se trata en ambos casos de la 4ª fase quinquenal de las prescritas por la Directiva, y ha supuesto un ingente trabajo de puesta a cero del cartografiado, con la participación de 14 consultoras, abarcando los más de 12.300 km de red estatal en la que se supera el umbral de 3 millones de vehículos anuales. La novedad esencial es el empleo de la nueva metodología común de evaluación de ruido ambiental para toda la UE, "CNOSSOS", en sustitución del método interino francés que se empleó en España hasta el 2018, lo que implica, por un lado, la imposibilidad de hacer una comparativa entre esta cuarta fase y las anteriores, pero

por otro, sí ser comparables los resultados y su evolución con el resto de países europeos.

**Hector López**, de la empresa Road Steel Engineering, impartió la siguiente ponencia sobre la GUIA PROYECTO DE APANTALLAMIENTO ACUSTICO EN CARRETERAS. La Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha promovido la redacción de un documento para dar un marco de actuación en los proyectos y obras de dispositivos reductores de ruido de tráfico en la Red de Carreteras del Estado. Que sirva tanto a las administraciones públicas como a consultores, proyectistas, contratistas, fabricantes e instaladores. El documento pretende aportar un inventario de todas las normas aplicables y las medidas a tomar para su correcta aplicación. El propósito de esta Guía no es otro que el de ayudar a todos los actores que intervienen en un proyecto de apantallamiento acústico, en obras de carreteras, a definir y obtener el rendimiento o mejora acústica.

La tercera ponencia estuvo a cargo de **Andres Navarro**, de la empresa GIVASA, sobre SISTEMAS DE CONTENCIÓN CON APANTALLAMIENTO ACUSTICO INTEGRADO. Empezó hablando de la barrera de hormigón in situ, como sistema de contención de vehículos. Posteriormente fruto de la colaboración con SILENZIA, se desarrolla una barrera

de este tipo con la pantalla acústica integrada. Tiene nivel de contención H2. Se trata de una barrera de hormigón in situ, con pantalla acústica metálica de 5 metros de altura máxima.

A continuación, tuvo lugar la mesa redonda PROBLEMÁTICA DE LOS PROYECTOS Y OBRAS DE APANTALLAMIENTO ACUSTICO EN CARRETERAS, que fue moderada por **María Teresa Almagro**, de la DGC del MITMS.

Intervinieron **Julio Gutierrez**, de WSP, **Vicent Mira**, de METALESA, **Juan Luis Aguilera** de ACCUSTTEL, **Marta Ruiz** de ADIF, y **Cesar Fernandez** de PANACOR. Se produjo un interesante debate a cerca de la altura máxima eficaz para apantallamientos, en relación al coste-beneficio producido. También a cerca de la Guía publicada por la DGC del MITMS, señalando que sería necesario con el paso del tiempo y el estudio posterior de las obras que se están realizando de apantallamiento revisar la citada guía. Se trató sobre los diversos tipos de materiales que integran las pantallas, y las distintas posibilidades.

Finalmente, Manuel Arbona y Alvaro Navareño clausuraron la jornada. ❖



# Nuevos Estatutos de la ATC



En la Junta Directiva del 22/06/2023 se acordó la revisión, y en su caso modificación, de los Estatutos de la ATC a fin de solventar algunas deficiencias e inconcreciones existentes en los mismos.

A tal fin, y con objeto de centrar la actividad y ser eficaces en la metodología a seguir, se constituyó un Grupo de Trabajo que procedió al análisis de los Estatutos en vigor, acordándose buscar colaboración y asesoramiento externo a través de SECOT, Seniors Españoles para la Cooperación Técnica.

Los objetivos iniciales fueron establecer unos Estatutos con vocación de larga duración complementado con varios Reglamentos en los que se incluyen líneas de actuación que pueden ser modificadas de forma periódica por acuerdo de la Junta Directiva. Se plantea, igualmente una estructura de los Estatutos racional y jerarquizada, procediendo a la subsanación de carencias e inconcreciones de los actuales Estatutos, e

incorporando a los mismos el Comité Ejecutivo.

Este quizás sea uno de los cambios más significativos desde el punto de vista de filosofía en los nuevos Estatutos, junto con el diseño de una estructura de los mismos jerarquizada y estructurada, abordando de forma individualizada y completa cada uno de los elementos de la asociación, comenzando por los Socios, pasando seguidamente a la Asamblea General, continuando con la Junta Directiva y los cargos de representación de la misma de forma individualizada, para finalizar por el Comité Ejecutivo y con el Comité Nacional Español de PIARC.

De forma sintética los cambios más significativos que se recogen en los nuevos Estatutos en cada uno de estos epígrafes son:

**a) SOCIOS:** Nueva estructura de socios: Natos (DGC y DGT); Institucionales (administraciones públicas, empresas y enti-

dades), dentro de los cuales se incluyen los Socios Protectores (tipo A y B); Socios a Título Personal, pudiendo ser Individuales, Senior, Junior, Socios de Honor y Socios de Mérito. Todos los socios de la ATC son socios de PIARC. Y se crea un Reglamento de cuotas (en el que se establece el tipo de socio y su asignación a un determinado Grupo).

**b) ASAMBLEA GENERAL:** Es convocada por la Junta Directiva. Además, deberá ser convocada cuando lo soliciten más de 1/3 de los socios. Para su funcionamiento se crea un Reglamento de Celebración de la Asamblea General. Será, preferentemente presencial, pero se abre a telemáticas o híbridas. Se abre la posibilidad de invitados (ad honorem o para temas específicos). El número de votos de cada socio es función del tipo de socios. Se admite delegación de voto.



**c) JUNTA DIRECTIVA:** Se crea el Reglamento de Composición de la Junta Directiva (con una composición entre 30 y 45 miembros por grupos sectoriales, ajustables según número de socios de cada grupo). Se crea un Reglamento de Régimen Electoral Junta. Se establece que la duración Junta y cargos será de 4 años. Se fija que los representantes de los socios pueden ser cambiados, cesando el representante anterior de todos sus cargos. Se establece que el Presidente es elegido y cesado por la Junta, salvo que cese por cambio de representante del socio, y el resto de cargos son elegidos por la Junta Directiva. Todas las reuniones de la Junta Directiva son ordinarias. Además, la mitad de sus miembros puede solicitar una reunión o la inclusión de algún punto en el Orden del Día. Se admite delegación de voto. Las reuniones son presenciales preferentemente, pu-

diendo ser también telemáticas o híbridas. Se abre la posibilidad a reuniones urgentes, pero se salvaguardan los derechos con matices en % de voto para acuerdos. Finalmente se han explicitado más competencias para la Junta Directiva, incrementándose también las no delegables.

**d) CARGOS DE LA JUNTA DIRECTIVA:** Se establecen los siguientes cargos: Presidente; Vicepresidente 1º (propuesto por la DGC); Vicepresidentes 2º y 3º (no obligatorios); Tesorero; Secretario y Vicesecretario (nuevo puesto, no obligatorio y que puede no ser miembro de la Junta Directiva, su labor es la de ser asistente del Secretario y tiene voz, pero no voto en la Junta Directiva).

**e) DIRECTOR:** Nombrado por la Junta Directiva a propuesta del Comité Ejecutivo, no se establece periodo de duración de su relación laboral. Tiene voz, pro-

no voto en la Junta Directiva.

**f) COMITÉ EJECUTIVO:** Elegido por la JD a propuesta del Presidente. Está integrada por el Presidente, Vicepresidente 1º, Tesorero, Secretario, Dos vocales de la JD (pueden ser los vicepresidentes) y el Director (que tiene voz sin voto). Tiene las competencias delegadas explícitamente por la Junta Directiva y sus reuniones se celebran con convocatorias escritas, actas, ...

**g) COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE PIARC:** Su Presidente es el de la ATC. Su Secretario es el Director de la ATC, salvo que el Presidente designe otro. La creación y finalización de los Comités Técnicos le corresponde al Presidente y los ciclos de los Comités Técnicos de la ATC coinciden con los de PIARC. Se suprime la figura del Consejo Rector.

Sobre los Reglamentos de funcionamiento que abordan de forma específica diversos aspectos de la asociación y cuya modificación será realizada por acuerdo de la Junta Directiva, cabe realizar los siguientes comentarios sobre cada uno de ellos.

#### **I. REGLAMENTO DE CELEBRACIÓN DE LA ASAMBLEA GENERAL.**

En el que se establece las estipulaciones para la celebración de la Asamblea (ya se ha comentado que la misma es convocada por la Junta Directiva y que debe convocarse cuando lo solicitan más de 1/3 de los socios), fijándose además los derechos de voto asignado a cada uno de los tipos de socio: 10 votos para la DGC; 7 para la DGT; 5 para Protectores A; 3 para Protectores B; 2 para Socios Institucionales y 1 para Socios Individuales.

#### **II. REGLAMENTO DE COMPOSICIÓN DE LA JUNTA DIRECTIVA.**

En él se establecen 13 Grupos sectoriales y se fija que cada 4 años, por lo menos, y antes de nuevas elecciones debe ser revisado por la Junta Directiva. Se establece una composición de 41 miembros con asignaciones distintas para cada uno de los Grupos establecidos.

#### **III. REGLAMENTO DE RÉGIMEN ELECTORAL DE LA JUNTA DIRECTIVA.**

Se establecen elecciones abiertas en cada grupo sectorial. Si hay tantos candidatos como puestos, se “proclaman” sin elección. Si hay menos candidatos que puestos en un grupo, el Comité gestiona para completarlo (por cooptación) y lo propone a la Junta Directiva. Si hay más candidatos, elección pura. Si se reciben candidaturas apoyadas por una mayoría

absoluta, no habría elección. El voto será presencial o por correo postal, pero no telemático.

#### **IV. REGLAMENTO DE ELECCIÓN DE LOS CARGOS DE LA JUNTA DIRECTIVA.**

Salvo el vicesecretario, todos deben ser miembros de pleno derecho de la JD en el momento de la elección. Sobre el Presidencia se establece que: el mandato será de 4 años (con el de la JD), reelegible consecutivamente una única vez. Si cese un Presidente, se convoca antes de 1 mes una JD a celebrar entre 1 y 2 meses de la convocatoria. Los miembros de la JD y los copresidentes pueden proponer candidaturas dentro de la semana siguiente a la convocatoria. Si hay una única candidatura válida, se “proclama” al candidato y si hay más de una, será el primer punto del orden del día, ganando la candidatura más votada. No hay segunda vuelta. En caso de empate, gana el candidato que represente o haya sido designado por el socio más antiguo. El resto de cargos y Comité ejecutivo: Se nombrará por la Junta a propuesta del Presidente (salvo el vicepresidente 1º que es propuesto por la DGC), por 4 años. Serán elegibles indefinidamente.

#### **V. REGLAMENTO DE CUOTAS.**

Las cuotas serán fijadas por la Asamblea, a propuesta de la Junta Directiva, siguiendo dos criterios: cubrir más del 75% de los gastos corrientes y cubrir cuota socio PIARC. Se fijan las cuotas de socios individuales e institucionales y el resto de categorías se establecen con referencia a estas dos. Las cuotas se emitirán sin IVA, dada la naturaleza de la ATC y excepcionalmente la Junta podrá acordar un pago en especie. Se establece

un plazo de cobro de 3 meses. Se establece la suspensión de derechos en caso de impago.

#### **VI. REGLAMENTO DE LOS COMITÉS TÉCNICOS.**

Los C.T. podrán tomar como bases para sus trabajos los establecidos por PIARC en sus TC u otros que consideren convenientes. Sus miembros serán profesionales de reconocido prestigio que sean socios de la ATC. El presidente podrá invitar excepcionalmente a profesionales no socios y a jóvenes profesionales. Los socios pueden solicitar ser miembros de los comités. El presidente del comité, oídos el resto de miembros, será quien acepte las propuestas. Los Comités tendrán Presidente y Secretario (el Presidente es elegido por 4 años por el comité, preferentemente entre los miembros del sector público, el Secretario es designado por el Presidente, previa conformidad del Comité). Los miembros españoles de los TC de PIARC serán miembros natos de los CT de la ATC. El Presidente designará un Coordinador de los Comités.

Los Estatutos han sido aprobados, conforme establecían los antiguos Estatutos en vigor en Asamblea General Extraordinaria, celebrada el pasado 27 de junio 2024.

Los Reglamentos fueron aprobados en Junta Directiva, celebrada el 10 de junio de 2024, de forma condicional a la aprobación de los nuevos Estatutos. ❖

## Álvaro Navareño reelegido como Presidente por la nueva Junta Directiva y Ana Isabel Arranz nueva directora de la ATC



Tras las elecciones celebradas el pasado mes de julio, el 19 de septiembre se reunió por primera vez la nueva Junta Directiva de la Asociación. D. Álvaro Navareño resultó reelegido como Presidente de la ATC. Otros acuerdos importan-

tes fueron la elección de D.<sup>a</sup> Paula Pérez como Vicepresidenta 1<sup>a</sup> a propuesta de la Dirección General de Carreteras del MITMS, la aprobación de la propuesta del Comité Ejecutivo para cubrir las vacantes de la Junta Directiva, así como la

de nueva Directora de la Asociación, cargo que desde el 1 de octubre desempeñará D.<sup>a</sup> Ana Isabel Arranz. ❖

# PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto los siguientes eventos:

- **Análisis de inversión en proyectos** Madrid, 23 de octubre 2024
- **Jornada Carretera y Nieve** Ezcaray, del 5 al 7 de noviembre 2024
- **Jornada Patrimonio historico en carreteras** Madrid, marzo de 2025
- **I Simposio de Carreteras sostenibles y resilientes** Segovia, 25 y 26 de febrero de 2025

¿Te gustaría que una foto tuya fuera portada de la revista RUTAS?



Si quieres que una imagen o fotografía aparezca como portada de la revista RUTAS, envía tu imagen junto a su título y autor a:

[info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com)

# Composición de la Junta Directiva de la ATC

<b>PRESIDENTE:</b>	- D. Álvaro Navareño Rojo
<b>CO-PRESIDENTES DE HONOR:</b>	- D. Juan Pedro Fernández Palomino - D. Pere Navarro Olivella
<b>VICEPRESIDENTES:</b>	- D.ª Paula Pérez López - D. Jorge Enrique Lucas Herranz - D. Pedro Gómez González
<b>TESORERO:</b>	- D. Pablo Sáez Villar
<b>SECRETARIA:</b>	- D.ª M.ª del Carmen Picón Cabrera
<b>DIRECTOR:</b>	- D.ª Ana Arranz Cuenca



## VOCALES:

- Designados por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:
  - D. Antonio Muruais Rodríguez
  - D. Álvaro Navareño Rojo
  - D.ª Paula Pérez López
  - D.ª M.ª del Carmen Picón Cabrera
  - D.ª Patricia Sanz Lázaro
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
  - D.ª Ana Isabel Blanco Bergareche
  - D. Indalecio Candel González
  - D.ª Estibaliz Olabarrí González
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
  - D. Damaso Arteaga Suarez
  - D. Felipe Cobo Sánchez
  - D. Miguel María García Fuentes
  - D. Alfonso Lujano Jiménez
  - D. David Merino Rueda
  - D. Jesús Félix Puerta García
- En representación de los órganos responsables de vialidad de los ayuntamientos
  - D.ª Margarita Torres Rodríguez
- Designados por los órganos de la Administración General del Estado con competencia en I+D+i:
  - D. Rodrigo Mirá Recasens
  - D.ª Laura Parra Ruiz
  - D. Manuel Romana García
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
  - D. Eduardo Arrojo Martínez
  - D. Bruno de la Fuente Bitaine
- Representantes de las empresas de ingeniería:
  - D. José Luis Mangas Panero
  - D. Tom Van Looy
  - D.ª Nuria Vázquez Fustes
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
  - D. Cesar Bartolomé Muñoz
  - D. Álvaro Díaz Díez de Baldeón
  - D. Joaquín Izquierdo Matesanz
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
  - D. Antonio Baamonde Roca
  - D. Carlos Bartolomé Marín
  - D. Javier Loma Lozano
  - D. Francisco Vea Folch
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
  - D. Francisco García Sánchez
  - D. Miguel Cañada Echaniz
- Entre los Socios de Honor:
  - D. Francisco Javier Criado Ballesteros
  - D. José Pablo Sez Villar
- Entre los Socios de Mérito:
  - D. Alberto Bardesi Orue- Echevarría
  - D. Jorge Enrique Lucas Herranz
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
  - D. Pedro Gómez González
  - D.ª Anna París Madrona
  - D. Enrique Soler Salcedo
  - D. Ángel Sampedro Rodríguez
- Presidente saliente:
  - D.ª M.ª del Rosario Cornejo Arribas

## Comités Técnicos de la ATC

### COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

- Presidente	D. Luis Azcue Rodríguez
- Secretaria	D.ª Lola García Arévalo

### COMITÉ DE FINANCIACIÓN

- Presidente	D. José Manuel Blanco Segarra
- Secretario	D. Adolfo Güell Cancela

### MOVILIDAD, PLANIFICACIÓN Y DISEÑO

- Presidente	D. Fernando Pedraza Majarrez
- Secretario	D. Javier Sáinz de los Terreros Goñi

### TÚNELES DE CARRETERAS

- Presidente	D. Rafael López Guarga
- Vicepresidente	D. Ignacio del Rey Llorente
- Secretario	D. Rafael Sánchez Tostón

### CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

- Presidenta	D.ª Paula Pérez López
- Secretario	D. Pablo Sáez Villar

### FIRMES DE CARRETERAS

- Presidenta	D.ª Valverde Jiménez Ajo
- Secretario	D. Ricardo Bardasano González

### PUENTES DE CARRETERAS

- Presidente	D. Emilio Criado Morán
- Secretario	D. Gonzalo Arias Hofman

### GEOTECNIA VIAL

- Presidente	D. Manuel Romana García
- Secretario	D. Patricia Amo Sanz

### SEGURIDAD VIAL

- Presidente	D. Roberto Llamas Rubio
- Secretaria	D.ª Ana Arranz Cuenca

### CARRETERAS SOSTENIBLES Y RESILIENTES

- Presidente	D. Antonio Muruais Rodríguez
- Vicepresidenta	D.ª Laura Crespo García
- Secretario	

### CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

- Presidenta	D.ª Mónica Laura Alonso Pla
- Secretaria	D.ª María del Mar Colas Victoria

### DOTACIONES VIALES

- Presidente	D. Álvaro Navareño Rojo
- Secretario	D. Adolfo Hoyos-Limón Cortés

### VALOR HISTÓRICO PATRIMONIAL

- Presidenta	Rita Ruiz Fernández
- Secretario	Carlos Casas Nagore

## Socios de la ATC

Los Socios de la Asociación Técnica de Carreteras son:

- **Socios de número:**
  - Socios de Honor
  - Socios de Mérito
  - Socios Protectores
- **Otros Socios:**
  - Socios Colectivos
  - Socios Individuales
  - Socios Senior
  - Socios Júnior

### Socios de Honor

2005 - D. ENRIQUE BALAGUER CAMPHUIS (†)  
 2005 - D. ÁNGEL LACLETA MUÑOZ (†)  
 2008 - D. JOSÉ LUIS ELVIRA MUÑOZ  
 2008 - D. FRANCISCO CRIADO BALLESTEROS  
 2011 - D. SANDRO ROCCI BOCCALERI (†)  
 2011 - D. JOSÉ MARÍA MORERA BOSCH  
 2012 - D. LUIS ALBERTO SOLÍS VILLA  
 2012 - D. JORDI FOLLIA I ALSINA (†)  
 2012 - D. PEDRO D. GÓMEZ GONZÁLEZ  
 2015 - D. ROBERTO ALBEROLA GARCÍA  
 2019 - D. PABLO SÁEZ VILLAR  
 2020 - D.ª M.ª DEL CARMEN PICÓN CABRERA

2013 - D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA  
 2013 - D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO  
 2013 - D.ª MERCEDES AVIÑO BOLINCHES  
 2014 - D. FEDERICO FERNANDEZ ALONSO  
 2014 - D. JUSTO BORRAJO SEBASTIÁN  
 2014 - D. JESÚS RUBIO ALFÉREZ  
 2014 - D. JESÚS SANTAMARÍA ARIAS  
 2015 - D. ENRIQUE DAPENA GARCÍA  
 2015 - D. ROBERTO LLAMAS RUBIO  
 2015 - D. FÉLIX EDMUNDO PÉREZ JIMÉNEZ  
 2017 - D. VICENTE VILANOVA MARTÍNEZ-FALERO  
 2017 - D. ÁNGEL GARCÍA GARAY  
 2018 - D. LUIS AZCUE RODRÍGUEZ  
 2018 - D. FERNANDO PEDRAZO MAJÁRREZ  
 2019 - D. ÓSCAR GUTIÉRREZ-BOLIÍVAR ÁLVAREZ  
 2019 - D. ALFREDO GARCÍA GARCÍA  
 2020 - D. CARLOS CASAS NAGORE  
 2020 - D. ANDRÉS COSTA HERNANDEZ  
 2021 - D. ANTONIO SÁNCHEZ TRUJILLANO  
 2021 - D. JESÚS DÍAZ MINGUELA  
 2022 - D. JORGE ENRIQUE LUCAS HERRANZ  
 2022 - D. ÁLVARO PARRILLA ALCAIDE  
 2023 - D. JOSÉ MANUEL BLANCO SEGARRA  
 2023 - D. FRANCISCO JAVIER PAYÁN DE TEJADA GONZÁLEZ  
 2023 - D. FRANCISCO JOSÉ LUCAS OCHOA

### Socios de Mérito

2010 - D. FRANCISCO ACHUTEGUI VIADA  
 2010 - D. RAMÓN DEL CUVILLO JIMÉNEZ (†)  
 2011 - D. CARLOS OTEO MAZO (†)  
 2011 - D. ADOLFO GÜELL CANCELA  
 2011 - D. ANTONIO MEDINA GIL  
 2012 - D. CARLOS DELGADO ALONSO-MARTIRENA  
 2012 - D. ALBERTO BARDESI ORUE-ECHEVARRIA

### Socios Protectores y Socios Colectivos

#### Administración General del Estado

- DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. MTMS
- DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO. MINISTERIO DEL INTERIOR
- DELEGACIÓN DEL GOBIERNO EN LAS SOCIEDADES CONCESIONARIAS DE AUTOPISTAS NACIONALES DE PEAJE. MTMS

#### Comunidades Autónomas

- COMUNIDAD DE MADRID
- GENERALITAT DE CATALUNYA
- GENERALITAT VALENCIANA, CONSELLERIA DE VIVIENDA, OBRAS PÚBLICAS Y VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO
- GOBIERNO DE ARAGÓN, DEPARTAMENTO DE VERTEBRACIÓN DEL TERRITORIO, MOVILIDAD Y VIVIENDA
- GOBIERNO DE CANARIAS
- GOBIERNO DE CANTABRIA
- GOBIERNO DE NAVARRA. DEPARTAMENTO DE DESARROLLO ECONÓMICO
- GOBIERNO VASCO
- GOBIERNO VASCO. DIRECCIÓN DE TRÁFICO
- JUNTA DE ANDALUCÍA
- JUNTA DE CASTILLA Y LEÓN
- JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA - LA MANCHA. CONSEJERÍA DE FOMENTO
- JUNTA DE EXTREMADURA. CONSEJERÍA DE MOVILIDAD, TRANSPORTE Y VIVIENDA. DIRECCIÓN GENERAL DE MOVILIDAD E INFRAESTRUCTURAS VIARIAS.
- PRINCIPADO DE ASTURIAS
- XUNTA DE GALICIA. CONSELLERÍA DE MEDIO AMBIENTE

#### Ayuntamientos

- AYUNTAMIENTO DE BARCELONA
- MADRID CALLE 30
- AREA METROPOLITANA DE BARCELONA
- JEFATURA CUERPO DE BOMBEROS - AYUNTAMIENTO DE MADRID

#### Diputaciones Forales, Diputaciones Provinciales, Cabildos y Consells

- EXCMA. DIPUTACIÓN FORAL DE ÁLAVA
- EXCMA. DIPUTACIÓN FORAL DE BIZKAIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE BARCELONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE GIRONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN DE TARRAGONA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ALICANTE
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE ÁVILA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE HUESCA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE LEÓN
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SALAMANCA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SEGOVIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALENCIA
- EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE VALLADOLID
- CABILDO DE GRAN CANARIA
- CABILDO INSULAR DE TENERIFE
- CONSELL DE MALLORCA. DIRECCIÓN INSULAR DE CARRETERAS

#### Colegios Profesionales y Centros de investigación y formación

- INSTITUTO CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
- CENTRO DE ESTUDIOS DEL TRANSPORTE, CEDEX
- ESCUELA DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS DE BARCELONA. CÁTEDRA DE CAMINOS
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID. ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA CIVIL

## Asociaciones

- AGRUPACIÓN DE FABRICANTES DE CEMENTO DE ESPAÑA, OFICEMEN
- ASOCIACIÓN DE EMPRESAS DE CONSERVACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, ACEX
- ASOCIACIÓN DE FABRICANTES DE SEÑALES METÁLICAS DE TRÁFICO, AFASEMETRA
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FABRICANTES DE MEZCLAS ASFÁLTICAS, ASEFMA
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS DE ÁMBITO NACIONAL, SEOPAN
- ASOCIACIÓN TÉCNICA DE EMULSIONES BITUMINOSAS, ATEB
- FORO DE NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL TRANSPORTE, ITS ESPAÑA
- FUNDACIÓN REAL AUTOMÓVIL CLUB DE CATALUÑA, RACC

## Sociedades Concesionarias

- ABERTIS AUTOPISTAS ESPAÑA, S.A.
- ACCIONA CONCESIONES, S.L.
- AUCALSA, AUTOPISTA CONCESIONARIA ASTUR - LEONESA, S.A.
- AUDENASA, AUTOPISTAS DE NAVARRA, S.A.
- AUTOPISTAS DEL ATLANTICO, CONCESIONARIA ESPAÑOLA, S.A.
- CEDINSA CONCESIONARIA, S.A.
- CONCESIONARIA VIAL ANDINA, S.A.S. (COVIANDINA)
- SACYR CONCESIONES, S.L.
- TÚNEL D' ENVALIRA, S.A.

## Empresas

- 3M ESPAÑA, S.L.
- A. BIANCHINI INGENIERO, S.A.
- ABALDO COMPAÑIA GENERAL DE CONSTRUCCIÓN, S.A.
- ACCIONA INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- ACEINSA MOVILIDAD, S.A.
- AECOM INOCSA, S.L.U.
- A.E.R.C.O., S. A. SUCURSAL EN ESPAÑA
- AGUAS Y ESTRUCTURAS, S.A. (AYESA)
- AIMA INGENIERÍA, S.L.P.
- ASFALTOS Y CONSTRUCCIONES ELSAN, S.A.
- ALAUDA INGENIERÍA, S.A.
- ALUMBRADOS VIARIOS, S. A.
- ALVAC, S.A.
- AMIANTIT ESPAÑA S.A.U.
- ANTER
- API MOVILIDAD, S.A.
- APPLUS NORCONTROL S.L.
- AQUATERRA SERVICIOS INFRAESTRUCTURAS S.L.
- ARCS ESTUDIOS Y SERVICIOS TÉCNICOS, S.L.
- ASFALTOS Y PAVIMENTOS, S.A.
- ASIMOB S.L.
- AUDECA, S.L.U.
- BARNICES VALENTINE, S.A.U.
- BECSA, S.A.U.
- BENITO ARNÓ E HIJOS, S.A.U.
- BETAZUL, S.A.
- CAMPEZO OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- CARLOS FERNÁNDEZ CASADO, S.L.
- CEPESA COMERCIAL PETROLEO, S.A.
- CHM OBRAS E INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- CINTRA SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- COMSA INSTALACIONES Y SISTEMAS INDUSTRIALES, S.L.U.
- CONSERVACIÓN INTEGRAL VIARIA, S.L. (CONSVIA)
- CONSTRUCCIONES MAYGAR, S.L.
- CONSTRUCCIONES SARRIÓN, S.L.
- CORSAN - CORVIAM, CONSTRUCCIÓN, S.A.
- CPS INFRAESTRUCTURAS MOVILIDAD Y MEDIOAMBIENTE, S.L.
- CTS BITUMEN GMBH
- CYOPSA - SISOCIA, S.A.
- DILUS, INSTRUMENTACIÓN Y SISTEMAS, S.A.
- DINÁMICAS DE SEGURIDAD, S.L.
- DOYMO S.A.
- DRACE GEOCISA, S.A.
- DRAGADOS, S.A.
- DRIZORO, S.A.U.
- EIFFAGE INFRAESTRUCTURAS GESTIÓN Y DESARROLLO, S.L.
- EKIONA ILUMINACIÓN SOLAR, S.L.
- ELSAMEX GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURAS, S.L.
- EMPRESA DE MANTENIMIENTO Y EXPLOTACIÓN DE LA M-30, S.A. (EMESA)
- EPTISA, SERVICIOS DE INGENIERÍA
- ESTEYCO, S.A.
- ETRA ELECTRONIC TRAFIC, S.A.
- ESTRUCTURAS TÉCNICAS Y SERVICIOS DE REHABILITACIÓN, S.L. (ETYSER)
- FCC CONSTRUCCIÓN, S.A.
- FERROSER INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- FERROVIAL AGROMÁN, S.A.
- FHECOR INGENIEROS CONSULTORES, S.A.
- FIXALIA ELECTRONIC SOLUTIONS, S.L.
- FREYSSINET, S.A.
- GECOCSA, GENERAL DE CONSTRUCCIONES CIVILES, S.A.
- GEOCONTROL, S.A.
- GIRDER INGENIEROS, S.L.P.
- GIVASA S.A.
- GPYO INGENIERÍA Y URBANISMO, S.L.
- GRUPO ALDESA S.A.
- HIDRODEMOLICIÓN, S.A.
- HUESKER GEOSINTÉTICOS, S.A.
- IDEAM, S.A.
- IDOM CONSULTING, ENGINEERING, ARCHITECTURE, S.A.U.
- IKUSI, S.L.U.
- IMPLASER 99, S.L.L.
- INCOPE CONSULTORES, S.L.
- INDRA SISTEMAS, S.A.
- INECO, INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A.
- INES INGENIEROS CONSULTORES, S.L.
- INGENIERÍA Y ECONOMÍA DEL TRANSPORTE, S.A. (INECO)
- INGENIERÍA ESPECIALIZADA OBRA CIVIL E INDUSTRIA S.A.
- INNOVIA COPTALIA, S.A.U.
- INVENTARIOS Y PROYECTOS DE SEÑALIZACIÓN VIAL, S.L.
- INVESTIGACIÓN Y CONTROL DE CALIDAD, S.A.U.
- J. A. ROMERO POLO S. A.
- KAO CORPORATION, S.A.
- KAPSCH TRAFFICCOM TRANSPORTATION S.A.U.
- LANTANIA, S.A.U.
- LGAI TECHNOLOGICAL CENTER, S.A.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MARTÍN HOLGADO OBRA CIVIL S.L.U.
- MATINSA, MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURAS, S.A.
- MASTER BUILDERS SOLUTIONS ESPAÑA, S.L.U.
- METALESA SEGURIDAD VIAL, S.L.
- MULTISERVICIOS TRITÓN, S.L.
- OBRAS HERGÓN, S.A.U.
- OPTIMASOIL S.L.
- ORION REPARACION ESTRUCTURAL, S.L.
- ORYX OBRAS Y SERVICIOS, S.L.
- PADECASA OBRAS Y SERVICIOS, S.A.
- PAVASAL EMPRESA CONSTRUCTORA, S.A.
- PAVIMENTOS BARCELONA, S.A. (PABASA)
- PINTURAS HEMPEL, S.A.U.
- PONDIO INGENIEROS, S.L.
- PROBISA VÍAS Y OBRAS, S.L.U.
- PROES CONSULTORES, S.A.
- PROINTEC, S.A.
- PUENTES Y CALZADAS INFRAESTRUCTURAS, S.L.U.
- QUIMICA DE LOS PAVIMENTOS, S.A.
- RAUROSZM.COM, S.L.
- REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES, S.A.
- RETINEO, S.L.
- SACYR CONSERVACIÓN, S.A.
- SACYR CONSTRUCCION, S.A.
- S.A. DE GESTIÓN DE SERVICIOS Y CONSERVACIÓN (GESECO)
- S.A. DE OBRAS Y SERVICIOS (COPASA)
- SEITT. S.M.E., S.A.
- SENER MOBILITY, S.A.U.
- SEÑALIZACIONES VILLAR, S.A.
- SERBITZU ELKARTEA, S.L.
- SISTEMAS Y MONTAJES INDUSTRIALES, S.A.
- SOCIEDAD IBÉRICA DE CONSTRUCCIONES ELÉCTRICAS, S.A. (SICE)
- SODECA, S. L. U.
- SOLOTIOMA, S.L.
- SGS TECNOS, S.A.
- SORIGUE, S.A.
- S&P-KRUGER
- T2S IBERICA, S.L.
- TALLERES ZITRÓN, S.A.
- TECLIVEN, S.L.
- TÉCNICA Y PROYECTOS, S.A. (TYPSA)
- TECNIVAL, S.A.
- TECNOLOGÍA DE FIRMES, S.A.
- TEKIA INGENIEROS, S.A.
- TENCATE GEOSYNTHETICS IBERIA, S.L.
- TPF GETINSA EUROESTUDIOS, S.L.
- TRABAJOS BITUMINOSOS, S. L.
- TUNELIA INGENIEROS, S.L.
- URETEK SOLUCIONES INNOVADORAS
- VIRTON, S.A.
- VISEVER, S.L.
- VLS CONSTRUCTION SYSTEMS
- VSING INNOVA 2016, S.L.
- ZARZUELA, S.A. EMPRESA CONSTRUCTORA

## Socios Individuales, Senior y Junior

Personas físicas (58) técnicos especialistas de las administraciones públicas; del ámbito universitario; de empresas de ingeniería, construcción, conservación, de suministros y de servicios; de centros de investigación; usuarios de la carretera y de otros campos relacionados con la carretera. Todos ellos actuando en su propio nombre y derecho.

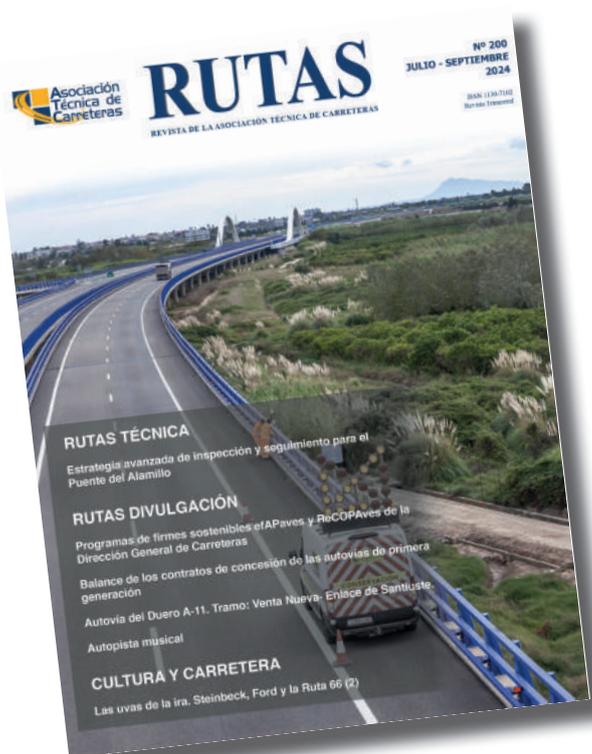
# RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS



Si quiere suscribirse por un año a la revista **RUTAS**, en su edición impresa, cuyo importe es de 60,10 € para socios de la ATC y 66,11 € para no socios (+ I.V.A. respectivamente) rellene sus datos en el formulario de abajo y envíelo por correo postal a la sede de la Asociación:

**C/ Monte Esquinza, 24, 4.º Dcha. 28010 Madrid.**



[www.atc-piarc.com/rutas](http://www.atc-piarc.com/rutas)

Si quiere anunciarse en **RUTAS** póngase en contacto con nosotros:  
**Tel.: 91 308 23 18    info@atc-piarc.com    www.atc-piarc.com**

La revista **RUTAS** ofrece la posibilidad de publicar aquellos trabajos o artículos del sector de las carreteras que resulten de interés.

Los artículos deberán enviarse por correo electrónico a la dirección [info@atc-piarc.org](mailto:info@atc-piarc.org)

El Comité Editorial de la revista **RUTAS** se reserva el derecho de seleccionar dichos artículos y de decidir cuáles se publican en cada número.

## PORTADA RUTAS:

Si quiere que una imagen o fotografía aparezca como portada de la revista **RUTAS**, consultar en [info@atc-piarc.com](mailto:info@atc-piarc.com)



# SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

TECNOLOGÍA / AGUA / PARTICIPACIÓN / TIC /  
VOLUNTARIADO / ENERGÍA / AGRO / SOCIOS

Tfno.: (+34) 91 590 01 90  
[info@ongawa.org](mailto:info@ongawa.org)  
[www.ongawa.org](http://www.ongawa.org)

Antes:





LA BASE PARA UN  
**ASFALTO MÁS  
SOSTENIBLE**

Los **betunes de Cepsa** son respetuosos con el **medioambiente** porque están diseñados para su uso en **técnicas más sostenibles**, mientras contribuyen a la economía circular.