



RUTAS TÉCNICA

Impacto del vehículo autónomo y conectado en la explotación de los túneles de carretera

Ecosistema del vehículo conectado en España

RUTAS DIVULGACIÓN

Hacia la Agencia de Transporte del Futuro

Conexión física entre las ciudades de Resistencia (Chaco) y Corrientes (Corrientes)

CULTURA Y CARRETERA

Las uvas de la ira. Steinbeck, Ford y la Ruta 66 (1)



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



05



52



62



69

Tribuna Abierta

- 03 La herramienta de la Innovación
Antonio Muruais Rodríguez

Rutas Técnica

- 05 Impacto del vehículo autónomo y conectado en la explotación de los túneles de carretera
Impact of autonomous and connected vehicles on the operation of road tunnels
Grupo de Trabajo de Vehículos Conectados y Autónomos, Comité Técnico C5 "Túneles" de la ATC

- 19 Ecosistema del vehículo conectado en España
The connected vehicle ecosystem in Spain
Grupo de Trabajo ITS y vehículo autónomo, Comité Técnico C13 "Seguridad Vial" de la ATC

Rutas Divulgación

- 37 Hacia la Agencia de Transporte del Futuro
José Manuel Blanco Segarra
- 45 Conexión física entre las ciudades de Resistencia (Chaco) y Corrientes (Corrientes)
Carlos R. Bordagaray

Cultura y Carretera

- 52 Las uvas de la ira. Steinbeck, Ford y la Ruta 66 (1)
José María Menéndez Martínez y Jesús Rubio Alférez

Actividades del Sector

- 62 Medalla de "Hermano del Santo". Cofradía de Santo Domingo de la Calzada
- 64 Taller Sobre Actualización de Cartografía Digital de Carreteras TN-ITS

PIARC

- 68 Seminario Internacional. Comportamiento de los pavimentos de carreteras que utilizan ligante hidrocarbonados en el contexto de África tropical

ATC

- 69 XVII Jornadas de Conservación de Carreteras. "Conservación y evolución sostenible"
- 73 Jornada Técnica Adaptación al cambio climático en carreteras
- 78 Jornada Técnica Rehabilitación de obras de drenaje
- 80 Próximos eventos ATC
- 81 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 Azcua Rodríguez	Presidente del CT de Vialidad Invernal
Valverde Jiménez Ajo	Presidenta del CT de Firmes de Carreteras
Fernando Pedraza 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
Álvaro Navareño Rojo	Presidente del CT de Carreteras de Baja Intensidad de Tráfico
Rita Ruiz Fernández	Presidenta del CT de Dotaciones Viales
	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 que 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 199 ABRIL - JUNIO 2024

RUTAS

REVISTA DE LA ASOCIACIÓN TÉCNICA DE CARRETERAS

Fotografía de portada:
Vicente Sebastián Alapont

La herramienta de la Innovación

Antonio Muruais Rodríguez

Subdirector General de Sostenibilidad e Innovación

Dirección General de Carreteras, MITMS

Sería un grave error decir que la innovación en la carretera es algo de ahora. La innovación ha estado muy presente en el sector desde sus orígenes y se ha conseguido tecnificar la carretera hasta niveles muy significativos. No obstante, sí parece cierto que en estos momentos la innovación en la carretera es más necesaria que otras veces, quizás por el contexto actual de limitados recursos económicos por parte de las administraciones de carreteras, por los avances exponenciales de algunas tecnologías específicas como la inteligencia artificial, o por la aparición de nuevos objetivos estratégicos como la incorporación de la sostenibilidad en el ciclo de vida de la carretera.

Aunque innovar no es siempre incorporar tecnología. La innovación puede ser simplemente un cambio en procedimientos internos de una organización, o también una modificación en la forma de contratar por las administraciones, por ejemplo. Con respecto a esto último, es destacable la creación mediante el RD 364/2024 de la Comisión Interministerial para la incorporación de criterios de innovación en la contratación pública, por parte del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, cuyo objetivo es incorporar de una forma objetiva criterios de innovación en los pliegos de contratación, al igual que ya se hizo con los criterios sociales o medioambientales en su momento.

Además de explorar formas específicas de contratar innovación, como es la Asociación para la Innovación o el Diálogo Competitivo, instrumentos ya recogidos en la Ley 9/2017 de Contratos del Sector Público. Esta Comisión, en la que participa activamente el Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, proporcionará sus conclusiones a lo largo de 2025.

En particular, la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible ha apostado desde 2023 por reforzar la componente de innovación mediante la creación de la Subdirección General de Sostenibilidad e Innovación, que tiene como uno de sus objetivos 'la elaboración, implementación, seguimiento y control de planes y proyectos de innovación que optimicen la gestión de la Red de Carreteras del Estado (RCE)'. Porque lo cierto es que en una organización madura la innovación debe formar parte innata de cada departamento o proceso, pero igualmente cierto es que la escasez de personal generalizada y su alta carga de trabajo en el día a día no permite muchas veces detenerse y reflexionar a la cuestión de si, apartándose de las vías tradicionales, existen alternativas que permitan mejorar la eficiencia de los procesos... O simplemente a veces puede resultar inasumible un sacrificio de resultados en el corto plazo. En estas cuestiones son en las que ayuda el disponer una unidad específica de innovación den-

tro de una organización, además de en otras como la difusión del conocimiento (en el caso de la Dirección General, entre las demarcaciones de carreteras por ejemplo) compartiendo las buenas experiencias.... y las no tan buenas, para intentar evitar que se repitan en la medida de lo posible.

Una de las acciones más llamativas de la Dirección General en materia de innovación ha sido el lanzamiento de un programa específico de Compra Pública Innovadora (CPI). Este programa comenzó con una consulta preliminar al mercado, donde se propusieron diez retos que englobaban la totalidad del ciclo de vida de las carreteras, desde la optimización de la capacidad viaria hasta el uso de inteligencia artificial para la gestión de activos, por mencionar dos de los retos. El mercado respondió a la llamada con una respuesta abrumadora, con más de 550 propuestas innovadoras, lo que terminó por demostrar la sospecha del alto grado de capacidad y motivación en innovación de las empresas, centros tecnológicos y universidades relacionadas con el mundo de la carretera.

Actualmente desde la Dirección General se trabaja en materializar muchas de estas propuestas, principalmente a través de dos vías. La primera consiste en la modificación de pliegos existentes para tecnificar en la medida de lo posible los procesos recogidos en los mismos. Un ejemplo podría ser las inspecciones automatizadas de activos dentro de los contratos de conservación y explotación, o el empleo sistemático de drones en las obras o en la red en servicio. La segunda vía implica la licitación de contratos específicos novedosos. Cabe nombrar entre ellos la nueva plataforma de movilidad basada en el vehículo conectado, donde gracias a los sensores de los vehículos se podrá optimizar la planificación de obras en la RCE, entre otros casos de uso. También cabe mencionar el programa experimental de proyecto y obra de firmes sostenibles, donde se probarán distintas técnicas de construcción de firmes descarbonizados con la utilización de altas tasas de material reciclado, la reducción de temperatura en los procesos o la utilización de ligantes de origen vegetal o renovable. O el piloto de integración de SCADA's en túneles de la RCE, donde se plantea desarrollar una plataforma de gestión integrada abierta para la monitorización centralizada del equipamiento existente en los túneles que permitirá el análisis de una potencial racionalización de los centros de control. Además de muchas otras iniciativas que se irán desvelando a lo largo de este año y los siguientes.

Pero en línea con lo expuesto, la Dirección General también necesita avanzar en la forma de contratar. Esto no quiere decir dejar de utilizar pliegos tradicionales de procedimientos abiertos para contratar servicios, pero sí parece interesante empezar a dotarse de herramientas adicionales específicas que faciliten la adquisición de productos cuya funcionalidad se conoce, a la vez que se desconoce el detalle de cómo debieran ser sus requisitos específicos. Este es el objetivo del nuevo pliego tipo de cláusulas administrativas particulares por procedimiento abierto de 'Compra Pública de Tecnología Innovadora', cuya redacción ha supuesto para la Dirección General un reto de innovación en sí mismo, dada su complejidad, y cuya intención es empezar a utilizar en ciertas licitaciones específicas. Son pliegos diseñados para adquirir servicios de TRL ('Technology Readiness Levels') elevado, es decir, de una fase posterior a la investigación y desarrollo y más cerca del mercado. Además, estos pliegos servirán a tratar mejor asuntos específicos complejos en la compra de tecnología, como puede ser la propiedad industrial o intelectual.

Otro aspecto importante es que para que la innovación pase a formar parte estructurante de una organización, resulta imprescindible contar con un plan o estrategia a medio plazo que describa las acciones, identifique las fuentes de financiación y proporcione una serie de indicadores para su seguimiento. Este es el caso de la Dirección General con el 'Plan de Innovación 2028', actualmente en desarrollo, y que a diferencia de otros planes o estrategias no será un mero documento 'cerrado', sino un proceso vivo. El desarrollo del plan se basará en consultas internas que permitan detectar las principales necesidades de los gestores de carreteras, así como consultas externas, como la desarrollada dentro del programa CPI, o el desarrollo de talleres dinamizadores entre los diversos agentes implicados. El hecho de tener un conocimiento unificado y actualizado será por tanto la piedra angular de dicho plan de innovación.

En conclusión. Intentemos reforzar entre todos la tecnificación del sector de la carretera incorporando innovación. Seamos todo lo proactivos posible, dentro de las competencias de cada uno y del contexto de cada situación. Y recordemos que la innovación no es un fin en sí mismo. Es solo una herramienta más a nuestro alcance que nos puede facilitar el camino hacia nuestro objetivo final, el de dar el mejor servicio posible al ciudadano a través de nuestras redes de carreteras. ❖

Impacto del vehículo autónomo y conectado en la explotación de los túneles de carretera



Impact of autonomous and connected vehicles on the operation of road tunnels

Grupo de Trabajo de Vehículos Conectados y Autónomos

Comité Técnico C5 "Túneles" de la ATC

Los túneles son los tramos de la red de carreteras con mayor densidad de equipamiento ITS ya que necesitan supervisar el comportamiento del tráfico en su área de influencia y activar las medidas de resolución o mitigación necesarias cuando ocurre una incidencia.

Partiendo de esta premisa, el presente artículo analiza el impacto que tendrá en la explotación de estas infraestructuras la circulación de los Vehículos Autónomos y/o Conectados (VAC), considerando aspectos como la evolución tecnológica en los campos de la automoción hacia la conducción autónoma; las telecomunicaciones, que facilitarán la conectividad, y por tanto la cooperación entre vehículos y entre éstos y las infraestructuras; la normativa para regular la circulación de esta nueva generación de vehículos; y especialmente las necesidades de despliegue o adecuación de los sistemas ITS y de seguridad del túnel para facilitar el intercambio de información entre ellos y los vehículos, que requerirán inversiones y proyectos de colaboración público privada que conduzcan a escenarios de circulación segura en el medio y largo plazo.

The Tunnels are the sections of the road network with the highest density of ITS equipment, as traffic behavior need to be monitored in their area of influence to develop and apply any mitigation or compensation measures that might be required whether any incident occurs.

Given the above, this paper analyzes the potential impact that travel of Autonomous and/or Connected Vehicles (VAC) through tunnels, could have on the operation of these infrastructures. This paper covers different aspects, including among others, the following: technological evolution, within the automotive market, towards autonomous driving; telecommunications, which will facilitate connectivity, and therefore cooperation between vehicles and between vehicles and infrastructures; required regulations to modulate the circulation of this new generation vehicles; and specially, the need to develop or reengineer the ITS and tunnel safety systems to facilitate the exchange of information between these and vehicles, which would require investments and public-private collaboration projects to ensure safest conditions in the medium and long term.

Prólogo

(Por Rafael López Guarga, presidente del Comité Técnico de Túneles de la Asociación Técnica de Carreteras)

En el marco actual, en el que el transporte y la movilidad van evolucionando hacia la transformación tecnológica que la demanda futura parece va a exigir, los vehículos automatizados, capaces de circular de forma autónoma, son ya una realidad. Tanto es así que los sistemas de ayuda a la conducción están ya completamente generalizados en las cadenas de fabricación. Ello va a implicar necesariamente desplegar una red de carreteras inteligente y digitalizada que cambiará la movilidad global.

Si este fenómeno afecta a las carreteras en general, mucho más lo hará a unas infraestructuras tan específicas como son los túneles que ya de por sí cuentan con un elevado grado de tecnificación por lo que deberán evolucionar hasta llegar a ser túneles “inteligentes”.

Se plantea un gran desafío que debe afrontarse y analizar qué servicios se deben desarrollar y con qué tecnología, asegurando la interoperabilidad. Ello implicará importantes cambios en la organización del explotador del túnel y de la propia carretera, debiendo garantizar en todo momento la seguridad y la protección de los datos.

Los Sistemas Inteligentes de Transporte Cooperativo proporcionan grandes oportunidades para el explotador, no solo desde el punto de vista de la seguridad vial, obras en el túnel y en la carretera, información sobre el estado del tráfico y gestión de los recursos y de los proyectos, sino también en términos de coste beneficio. Además todo ello beneficiará a los usuarios que podrán aprovechar toda la información y datos disponibles.

Deberán desarrollarse proyectos piloto para a partir de allí, con la experiencia adquirida, redactar especificaciones técnicas que sirvan de base para proyectos futuros de mayor alcance.

1. Los Vehículos autónomos y conectados

La industria de la automoción lleva años trabajando en el desarrollo de sistemas de conducción autónoma, y en la actualidad existen en el mercado vehículos que los incorporan. En este artículo nos centraremos exclusivamente en los vehículos que circulan por las redes viarias, excluyendo a los que operan en entornos controlados, como las minas, que son completamente autónomos o teledirigidos.

Hay que tener en cuenta que existen diferentes actores con papeles específicos en el desarrollo y regulación de los sistemas de conducción autónoma: los fabricantes de vehículos, las Administraciones responsables tanto de las infraestructuras como de la seguridad vial, los encargados de la explotación de esas infraestructuras y por supuesto los usuarios de los vehículos.

Los “Vehículos Autónomos Conectados” (VAC), son vehículos equipados con tecnología avanzada que les permite circular con diferentes grados de autonomía, en función de su nivel de sensorización, y estar conectados a través de redes de comunicación con otros vehículos e infraestructuras para intercambiar información. Generalmente, estos sensores, que trabajan conjuntamente, son los que se reseñan a continuación:

- Cámaras de visión artificial: capturan imágenes del entorno del vehículo, detectando objetos, reconociendo señales de tráfico, le-

yendo marcas viales y analizando el comportamiento de otros vehículos y peatones.

- El LIDAR (Light Detection and Ranging): utiliza tecnología láser para medir distancias y generar mapas tridimensionales del entorno.
- Radar: mide la distancia, velocidad y dirección de los objetos en el entorno, es especialmente útil para detectar objetos en condiciones de baja visibilidad, como la lluvia o la niebla.
- Ultrasonido de alta frecuencia: para detectar objetos cercanos al vehículo, como el utilizado en el estacionamiento.
- GPS: sistema de posicionamiento global (GPS).

La Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE) (1) ha definido seis niveles de autonomía de conducción de los vehículos (Tabla 1), según su capacidad de realizar de forma parcial o total la tarea de conducción dinámica (DDT). En esta clasificación no se han considerado los sistemas de seguridad activa, como el control electrónico de estabilidad (ESC) o el sistema de frenado de emergencia (AEB), que realizan intervenciones específicas y puntuales y no de manera continua. (Tabla 1)

El Dominio de Diseño Operacional (ODD, acrónimo en inglés de Operational Design Domain), concepto necesario conocer en este campo, se refiere a las condiciones y límites en los que un sistema de conducción autónoma está diseñado para operar de manera segura y eficiente. Es decir, es el entorno en el que un vehículo autónomo puede funcionar de manera confiable. Este concepto está desarrollado en el número 192 de la revista Rutas “Gestión de los Dominios de Diseño Operativo para los Vehículos Automatizados” (2).

Nivel	Tipo de conducción	Nivel de autonomía
0	Sin capacidad de conducción autónoma	La conducción la realiza únicamente el conductor, aunque disponga del soporte de los sistemas de seguridad activa.
1	Conducción asistida	El vehículo incorpora sistemas de ayuda a la conducción que pueden actuar longitudinal o lateralmente, pero no de forma simultánea, debiendo el conductor mantener el control de la conducción.
2	Conducción autónoma parcial	En este nivel el vehículo incorpora sistemas que controlan el movimiento del vehículo longitudinal y lateralmente, aunque sigue requiriendo el control por parte del conductor.
3	Conducción autónoma condicionada	Aunque se sigue requiriendo la presencia del conductor, el vehículo incorpora sistemas que permiten automatizar más tareas además del control longitudinal y lateral como, el control de la dirección o la respuesta ante la detección de objetos.
4	Conducción autónoma alta	El vehículo es capaz de circular sin ningún tipo de intervención humana, incorporando todos los sistemas necesarios para la navegación y la seguridad de la conducción y los procedimientos para pasar el control al conductor cuando esto sea necesario.
5	Conducción autónoma completa	En este nivel los vehículos pueden circular de forma completamente autónoma, incluso prescindiendo de los elementos de control tradicionales como los pedales o el volante.

En los niveles de conducción de 1 a 4, se condiciona las situaciones en las que un vehículo que utiliza las funciones de conducción autónoma o asistida realiza la transferencia del control al conductor cuando sale de un tramo con un determinado ODD. Esta situación se mide con un parámetro conocido como “disengagement” que se utiliza para monitorizar y detectar las causas y situaciones por las que el vehículo no puede seguir en un determinado nivel de conducción autónoma, información valiosa para los fabricantes de los sistemas de conducción autónoma. Si esta información se gestionase de forma global, abierta y anónima, podría relacionarse con situaciones de tráfico, estado de las infraestructuras, condiciones medioambientales, entre otros, y reutilizarse para dar información a otros vehículos o a los responsables de la explotación y conservación de la red de carreteras. Actualmente, existe un debate sobre la factibilidad de hacer públicos estos datos.

La irrupción de los VAC está transformando, cada vez con mayor rapidez, el panorama de la movili-



Figura 1. Niveles de conducción autónoma (elaboración propia)

dad a escala global y la tecnología avanza. Este avance tecnológico no sólo impacta en la forma en la que los conductores utilizan la carretera, sino que también lo hacen significativamente en la gestión de las infraestructuras viarias y de los túneles como parte de ellas.

Con relación a los túneles, los VAC pueden aportar importantes beneficios en términos de seguridad, eficiencia y gestión del tráfico.

En este artículo se trata de examinar, desde el punto de vista del Comité Nacional de túneles de la ATC, el impacto que los VAC pueden tener en la gestión de los túne-

les y los beneficios mutuos que pueden aportar a ambos, derivados del intercambio de información entre ellos, basándose, entre otras cuestiones, en identificar los cambios tecnológicos que sería necesario introducir en los sistemas de seguridad y control de los túneles para maximizar las sinergias con el objetivo de lograr una gestión del tráfico más eficiente y segura que la actual.

Los VAC pueden convertirse en un elemento más de los sistemas de seguridad del túnel ya que pueden proporcionar información en tiempo real sobre el estado de la infraestructura y el tráfico, a la vez que recibir

servicios telemáticos del túnel para mejorar su paso por él.

Además, se debe destacar la necesidad de establecer un marco regulatorio claro y coherente para garantizar la seguridad y la interoperabilidad de los VAC con los sistemas de túneles, que obligará a definir estándares y protocolos de comunicación, a la validación de los sistemas de los VAC y a la integración de éstos en los planes de gestión de emergencias.

En resumen, la llegada de los VAC está transformando la movilidad y su impacto en la gestión de túneles será significativo. Los VAC pueden aportar beneficios en términos de seguridad, eficiencia y comodidad en la circulación a través de los túneles, pero obligará a una evolución de los sistemas de control y seguridad de éstos, así como a una adaptación de los marcos regulatorios existentes.

2. El contexto de los sistemas cooperativos

Cuando se abordan los sistemas cooperativos entre los vehículos e

infraestructuras, así como entre los propios vehículos, aparece una gran cantidad de escenarios en los que sus características van a condicionar esta interacción.

En la actualidad, existen tecnologías maduras para soportar ciertos niveles de interacción, pero no existen escenarios consolidados que permitan una conducción autónoma.

En los últimos años, distintos organismos y entidades públicas, entre ellas la Unión Europea, han financiado proyectos de investigación y desarrollo tecnológico para definir las bases y los estándares que en el futuro deberían dar soporte a dicha conectividad.

Carreteras conectadas

Se está trabajando para clasificar las infraestructuras viarias en función de sus capacidades para soportar, en mayor o menor grado, la conducción autónoma. Si bien el escenario en el que todos los vehículos circulen de forma autónoma supondrá la necesidad de la digitalización de la red viaria y un cambio en su gestión, lo cierto es que dicho escenario tardará en alcan-

zarse y hasta entonces se dará una situación híbrida en la que deberán coexistir los vehículos de conducción manual y autónoma. En el Proyecto INFRAMIX (3), financiado por la Unión Europea, se realizó una propuesta de clasificación de las carreteras para soportar la conducción autónoma que se reconoce con las siglas ISAD (Infrastructure Support for Automated Driving), en la que se establecen cinco niveles en función del nivel de digitalización de las vías o sus tramos, que se muestran en la Tabla 2.

Muchos túneles ya disponen de sistemas que gestionan la información del tráfico, la infraestructura y los parámetros ambientales. El siguiente paso deberá ser el de llevarlos a los niveles más altos de la clasificación ISAD para facilitar la circulación de los Vehículos de Conducción Autónoma (VAC), enviándoles información sobre el estado de la infraestructura, de la presencia del personal de mantenimiento o de las limitaciones de velocidad, para que los vehículos puedan adaptar su conducción de forma autónoma y segura. Todo ello supondrá una mejora significativa en la seguridad vial y en la gestión del tráfico en los túneles.

Tipo	Tipo de digitalización
ISAD E	Son las carreteras convencionales, sin datos digitales que puedan ofrecer soporte a la circulación de los vehículos autónomos y en las que éstos deben circular en base a la información que puedan captar sobre las condiciones de la vía y su señalización.
ISAD D	Son aquellas vías o tramos de los que se dispone un mapa en formato digital, con información de la sección de la vía y de la señalización horizontal y vertical fija, que puede ser descargado al vehículo con antelación a su tránsito por la vía. En este escenario, el vehículo seguirá necesitando detectar, por sus propios medios, situaciones dinámicas como el estado de los semáforos, la señalización variable, el estado del tráfico o las condiciones meteorológicas.
ISAD C	En este nivel, la vía o el tramo son capaces de ofrecer información digital dinámica, por ejemplo, la información de incidentes, condiciones meteorológicas, etc, para ser recibida por los vehículos, utilizando el estándar DATEX II (4).
ISAD B	En este nivel, la vía está suficientemente equipada para detectar y evaluar las condiciones del tráfico in situ, a nivel local, y transmitirlos a los vehículos. En este tipo de vías deben existir sistemas ITS suficientemente avanzados para permitir que la misma infraestructura pueda reaccionar y adaptarse a las condiciones del tráfico y a su vez transmitirlos a los vehículos a través de infraestructuras de comunicación infraestructura-vehículo (I2V), mediante protocolos estándar.
ISAD A	Es el nivel más avanzado de digitalización, en el que la infraestructura viaria es capaz de organizar y guiar el flujo de los vehículos. Para ello debe disponer de un catálogo de servicios avanzados y las infraestructuras de comunicación deben ser capaces de soportar el intercambio de información necesario.



Conectividad cooperativa

Las comunicaciones cooperativas son fundamentales para la conducción autónoma ya que permiten transmitir la información entre vehículos y entre éstos y la infraestructura. En el caso de la comunicación vehículo-vehículo, los vehículos pueden compartir información en tiempo real sobre su posición, velocidad, dirección y otros parámetros relevantes, lo que permite una conducción más coordinada y una mayor anticipación ante eventuales situaciones de peligro. Además, la comunicación vehículo-infraestructura puede proporcionar información sobre el estado de la vía, el tráfico, las condiciones meteorológicas y otros aspectos relevantes para la conducción autónoma. En este supuesto la conectividad y el intercambio de información son fundamentales para el desarrollo de sistemas de conducción autónoma más seguros y eficientes. Su implantación a gran escala dependerá de las instalaciones de las infraestructuras y de los sistemas de comunicaciones adecuados.

El desarrollo de las tecnologías de comunicación cooperativas ha progresado en dos direcciones distintas. Una utiliza tecnologías de

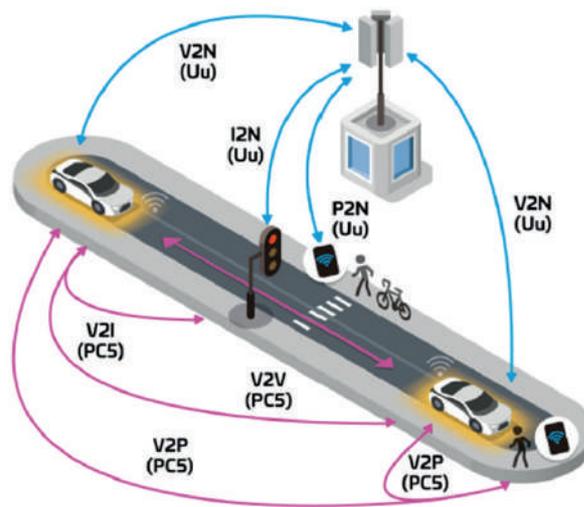
corto alcance, denominadas ITS-G5 o DSRC, mientras que otra, denominada C-V2X, utiliza la red celular de los operadores móviles para transmitir información entre los vehículos y la infraestructura.

C-V2X ofrece varias ventajas en comparación con DSRC/ITS-G5, una mayor flexibilidad en la gestión del espectro radioeléctrico y la capacidad de soportar una amplia gama de aplicaciones, incluyendo comunicaciones de seguridad, navegación y servicios de información en tiempo real, lo que facilita la conducción autónoma.

Aunque C-V2X se encuentra en una etapa de desarrollo relativamente temprana, su uso está creciendo rápidamente en todo el mundo, y algunos países, como China y Corea del Sur, han adoptado esta tecnología para las comunicaciones desde el vehículo a todo (V2X). Sin embargo, la tecnología DSRC/ITS-G5 puede seguirse aplicando en entornos confinados o sin cobertura de los operadores móviles, con lo que es probable que ambas tecnologías tengan que coexistir, por ahora, para dar soporte a la conducción autónoma.

La tecnología C-V2X realiza la comunicación vehículo a vehículo (V2V), vehículo infraestructura (V2I) y vehículo persona (V2P), utilizando comunicaciones directas (PC5) o mediante las bandas con licencia de los operadores de telefonía móvil (Uu).

En la Figura 3 se grafían los distintos canales de comunicación que se pueden establecer para cada tipo de servicio. Este abanico de posibilidades de conexión entre los diferentes actores responde a la heterogeneidad actual del tipo de tecnología cooperativa que desarrolla cada fabricante de automoción y de las tecnologías ITS que pueda desplegar cada Administración.



Los fabricantes de vehículos se enfrentan a la disyuntiva de elegir entre una u otra tecnología. Por ejemplo, Volkswagen optó desde el principio por ITS-G5. Toyota y General Motors lanzarán coches con DSRC, aunque actualmente no tienen una posición clara. Otros fabricantes, como BMW, Daimler, Ford y Stellantis (FCA y Grupo PSA), se inclinan por C-V2X.

Además, las infraestructuras de gestión de tráfico deben adaptar su equipamiento y plataformas para facilitar la conectividad con los vehículos en los túneles, en los entornos interurbanos y en los urbanos. En los últimos años, diversos proyectos europeos financiados por los programas de la Unión Europea FP7 y H2020 han permitido el pre-despliegue de plataformas y estaciones C-ITS en varias ciudades y tramos de carreteras y autopistas. Los proyectos Drive C2X (5), Compass4D (6), C-Mobile (7) y los proyectos piloto promovidos por la plataforma C-ROADS (8) han hecho posible este despliegue, así como la prueba y evaluación de los beneficios de los servicios que se describen en el siguiente apartado.

En España, la participación en algunos de estos proyectos ha implicado ensayos piloto en diversos tramos de la red interurbana y a nivel urbano, en ciudades como Barcelona, Segovia, Talavera de la Reina, Bilbao o Vigo. Esta última ha sido la primera en incorporar de manera permanente a su infraestructura de gestión de tráfico una plataforma de servicios cooperativos que funciona de manera híbrida con tecnología celular 4G e ITS-G5, que incorpora una parte importante de los servicios Day 1 y Day 1.5 que se definen en el siguiente apartado.

Servicios C-ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte Cooperativo)

Una vez establecidos los marcos en los que se clasifica el nivel de autonomía de los vehículos y la capacidad de las infraestructuras para soportar su circulación, es evidente que el nivel de digitalización de las infraestructuras viales es un factor clave para catalizar el proceso.

En este sentido, la Unión Europea ha impulsado la creación de la Plataforma C-ITS, en la que los diferentes actores relevantes han desarrollado modelos tecnológicos, operativos, económicos, legales, de seguridad etc, para dar soporte a un despliegue armonizado de los servicios C-ITS en Europa. Una de sus contribuciones es una nomenclatura unificada de éstos, según su nivel de madurez. Los servicios llamados Day 1, son aquellos que utilizan información proveniente de los sensores que incorpora el vehículo; los Day 2 ya introducen una componente de cooperación al ampliar el espectro de la percepción a información proveniente de otros vehículos o de la infraestructura, más allá de los propios sensores del vehículo y con capacidad también de

transmitir información de éstos hacia aquellos; y los servicios de Day 3 serán los que permitan la conducción completamente autónoma al aportar capacidades de negociación y cooperación. Actualmente se encuentran desarrollados los servicios Day 1 y Day 1.5 que se muestran en la Figura 4.

En 2016 se creó la C-ROADS Platform, una iniciativa de los diferentes estados miembros de la Comunidad Europea y concesionarios de infraestructuras para la prueba y el despliegue de servicios C-ITS, armonizando y normalizando su funcionamiento para que sean interoperables, llevando a cabo dos actividades básicas: 1) Coordinar foros de debate y trabajo en grupos estructurados para discusión técnica en seguridad, armonización, comunicación y comunicación híbrida; 2) Evaluación de servicios con proyectos piloto en 16 países, entre ellos el proyecto C-ROADS Spain.

Marco regulatorio

A nivel de la Unión Europea se ha definido un reglamento relativo a los requisitos técnicos de homologación de los sistemas de conducción auto-

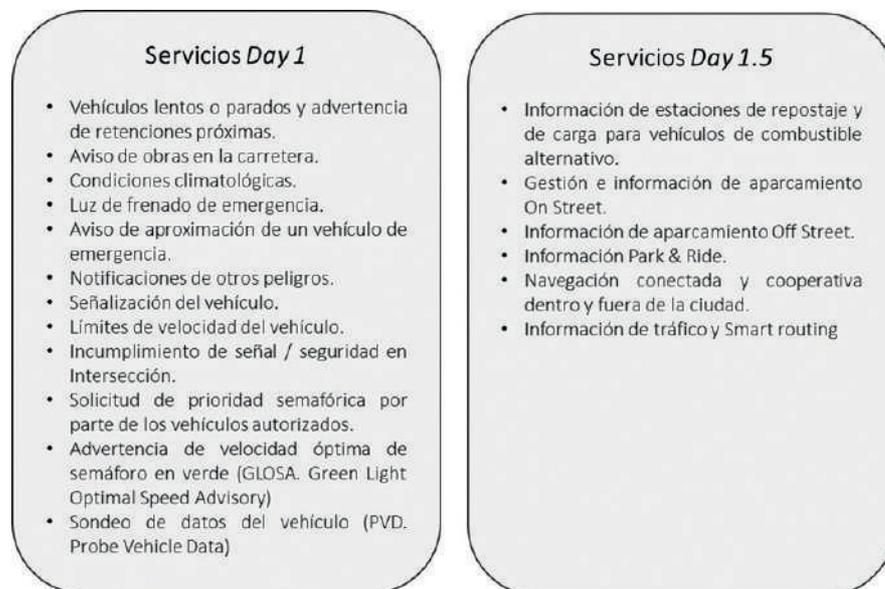


Figura 4. Servicios C-ITS Day 1 y 1.5 (elaboración propia)

matizada (ADS) (9), teniendo cada país Miembro la potestad para adecuar su legislación para establecer el marco y las condiciones con las que puedan circular los VAC. En concreto, en España, la Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial, ha sido modificada para establecer el marco competencial y el desarrollo normativo, incluyendo el concepto de ADS, el sistema para su registro, que está ligado al permiso de circulación, y la habilitación al Gobierno para regular los procedimientos para certificar que un vehículo con estos sistemas cumple con las normas de circulación.

3. Túneles cooperativos

Los túneles, son tramos de la red de carreteras especialmente sensibles que en la mayoría de los casos requieren equipamientos y sistemas de seguridad y control avanzados, de acuerdo con la normativa vigente, la Directiva 2004/54/CE, y en España el Real Decreto 635/2006 mencionado anteriormente. Estos equipamientos y sistemas ITS han de evolucionar para adaptarse a las necesidades de los túneles cooperativos, al objeto de que la infraestructura no solo ofrezca información

a los vehículos sino que también pueda recibirla de ellos para lograr una gestión más eficiente y segura del tráfico.

Información túnel – vehículo

Con el objeto de que los Centros de Control de los túneles de carretera puedan interactuar con los VAC será necesario identificar qué datos de los que gestionan son relevantes y útiles para los vehículos y en qué forma deben estructurarse para que éstos los puedan recibir y aprovechar, teniendo presente la necesidad de mantenerse en el marco operativo y regulatorio en el que deben moverse todos los actores implicados en el proceso de la conducción autónoma (fabricantes de vehículos, responsables de las infraestructuras, autoridades, proveedores de servicios).

Este proceso de identificación y normalización de datos es clave para garantizar una integración adecuada de los sistemas de gestión de túneles con los VAC y para maximizar los beneficios que pueden ofrecer en términos de seguridad, eficiencia y comodidad para los usuarios. La información para facilitar por los túneles deberá ser

la que los vehículos tengan capacidad de procesar. Hoy en día, esa información será la que pueda ser transmitida en el contexto de los servicios C-ITS, Day 1 y Day 1.5 que ya están aceptados. Obviamente, cuando se vayan definiendo nuevos servicios, los túneles los podrán ir incorporando a sus “librerías”.

En los túneles con cierto nivel de equipamiento ITS se dispone de un alto grado de sensorización, y si la infraestructura se encuentra monitorizada, los sistemas de gestión estarían en disposición de ofrecer:

- Información sobre la infraestructura, en forma de mapas digitales de alta definición con la descripción de la topología del túnel y de toda la información relativa al número de carriles, ubicación de salidas de emergencia, apartaderos, equipamientos de señalización y de seguridad, etc, que se podrá descargar por los vehículos que se aproximen al túnel y que será de utilidad en su trayectoria a lo largo de él. Esta información se proporcionará siguiendo la normativa MAPEM.
- Información dinámica, relacionada con el estado del tráfico en el túnel y en sus accesos, las condiciones meteorológicas en el interior y en el exterior del túnel y las alertas que afecten a la circulación.
- Ayuda a la conectividad y al posicionamiento de los vehículos.

Información dinámica

La Unión Europea en el ANEXO del Reglamento Delegado de la Comisión que complementa la Directiva 2010/40/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, ya tiene en cuenta el uso de servicios de información infraestructura – vehículo (IVI) a través de Mensajes Infraestructura Vehículo (IVIM), en



Figura 5. Túneles cooperativos (elaboración propia)

lo que respecta a la implantación y el uso operativo de los sistemas de transporte inteligentes cooperativos. Textualmente dice que “Los IVIM apoyan la señalización vial de obligación y recomendación, como son las velocidades contextuales y las advertencias de obras en la calzada. Los IVIM facilitan información sobre las señales de circulación físicas como son las señales fijas o variables, las señales virtuales o las señales de obras en la calzada.”

Los sistemas ITS del túnel manejan en tiempo real este tipo de información, lo que permitirá difundirla a los vehículos que circulen por él a través de los canales de comunicación correspondientes.

Así mismo, siguiendo los protocolos de los servicios C-ITS, el túnel estará en disposición de transmitir información sobre alertas en tiempo real, por ejemplo:

- Accidentes: detectados por el sistema de vídeo vigilancia o por el DAI.
- Tráfico, su composición y velocidad: medibles por los sensores del túnel o por sus cámaras.
- Condiciones meteorológicas adversas a la salida del túnel: detectables por cámaras o estaciones meteorológicas (niebla, nieve, precipitaciones fuertes).
- Tráfico de mercancías peligrosas por el interior del túnel.
- ·Vehículo parado.
- ·Obras en el túnel.
- ·Carril cortado.
- ·Túnel cerrado.
- ·Peatones/trabajadores en el túnel.
- ·Incendio.
- ·Instrucciones de evacuación en caso de incendio u otro inciden-



Figura 6. Información de alertas de los servicios C-ITS (elaboración propia)

te en el que deban abandonar el vehículo, permitiendo además interactuar con los sistemas ITS tradicionales del túnel para facilitar el acceso a los vehículos de emergencia y/o intervención de forma que se reduzcan los tiempos de actuación y por tanto un aumento considerable de los niveles de seguridad e interoperabilidad del túnel.

Ayuda a la conectividad y al posicionamiento

Las señales de telecomunicaciones como las de posicionamiento por satélite no penetran en el interior de los túneles por cuyo motivo éstos deben estar dotados de las tecnologías necesarias para mantener la cobertura de ambos tipos de señales.

El aspecto de las telecomunicaciones está perfectamente resuelto a nivel técnico y depende del equipamiento de que disponga el túnel y de la cobertura existente en la zona.

Por otra parte, la ausencia de cobertura por satélite para el posicionamiento GPS en el interior del túnel hace que el posicionamiento

de los vehículos y la ubicación de eventos o alertas se tengan que solucionar utilizando la tecnología dual que tiene el C-V2X. Así con la instalación adecuada de unidades de borde de carretera C-V2X(PC5), más conocidas como RSU (Road Side Unit), se puede desplegar una malla de posiciones fijas GPS o puntos de referencia sobre las que por triangulación de las comunicaciones V2X entre vehículos conectados y otras RSU se ayuda al posicionamiento de vehículos con la suficiente exactitud como para interactuar con el resto de los sistemas ITS del túnel.

Se han realizado pruebas piloto de posicionamiento y seguimiento de vehículos en el interior de túneles, utilizando tecnología 5G y desplegando a lo largo de su recorrido túnel radiobalizas convenientemente distribuidas para replicar la señal del sistema de navegación GPS.

Información vehículo - túnel

Los VAC incorporan una serie de sensores para facilitar su circulación o convertirla en autónoma,

facultad ésta que los convierte a su vez en sensores dinámicos de las infraestructuras.

En la actualidad y con la excepción de pruebas piloto en algunos túneles, la información del vehículo es captada exclusivamente por los servidores de los distintos fabricantes de vehículos desde las unidades de a bordo (en inglés OBUs - On Board Units), instaladas en ellos y utilizadas, una vez clasificadas, para su uso restringido y ayuda a la navegación, sin que exista un retorno directo hacia las infraestructuras. De esta manera, los vehículos tienen la capacidad de funcionar de manera autónoma, independientemente de otra información que no sea la que capturen ellos mismos a través de sus sistemas de sensorización.

Una de las principales tecnologías que se utiliza para la sensorización en los vehículos es el análisis de video, “leyendo” las marcas viales y la señalización vertical, por lo que deberían establecerse mecanismos para asegurar que la información de los vehículos, tratada o en bruto, vuelva a realimentar los sistemas de gestión del túnel. Ese retorno podría realizarse, bien directamente entre la plataforma del fabricante del vehículo y la de gestión del túnel, o bien directamente entre el vehículo y la red RSU que tenga desplegada el túnel.

Un vehículo conectado o autónomo dispone de la capacidad de utilizar la unidad OBU para compartir con la infraestructura y otros vehículos información relativa a su desplazamiento, tanto sobre el itinerario como sobre la activación de sus diferentes sistemas de seguridad, lo que aporta información relevante a sus interlocutores. Esta información puede ser:

- ·Posición GPS;
- ·Velocidad;

- ·Aceleración;
- ·Tipo de vehículo;
- ·Tipo de propulsión;
- Frenada de emergencia;
- ·Accidente;
- ·Luces de advertencia;
- ·Pavimento deslizante;
- ·Atasco o retenciones;
- ·Condiciones de visibilidad;
- ·Vehículos con temperatura elevada.

Al mismo tiempo, proporciona datos de telemetría propios de la misma OBU que permiten evaluar el estado y fiabilidad de estos dispositivos, tales como:

- ·Nivel de cobertura o señal 3G/4G;
- ·Nivel de cobertura o señal V2X;
- ·Estado GPS y número de satélites;
- ·Estado de la unidad (Bluetooth, voltaje, etc.);
- ·Alarmas de funcionamiento;
- ·Estado de seguridad, PKI;
- ·Configuración de red;
- ·Alertas de temperatura elevada.

Adicionalmente, y en el caso de que pudiera hacerse uso de la información asociada a la desactivación de la conducción autónoma debido a la salida inesperada del ODD, ello también será un indicador muy útil para el gestor del túnel (por ejemplo, la pérdida de nitidez de las marcas viales).

Adecuación de la infraestructura tecnológica del túnel

Para poder realizar el intercambio de información entre el túnel y

los vehículos, tal y como ya se ha indicado, será necesario adecuar sus infraestructuras tecnológicas (sistemas y equipamientos ITS), principalmente el software de su SCADA o plataforma de gestión, para tener debidamente estructurada en formatos estándar la información topológica (MAPEM), la información estática y dinámica asociada a la información de circulación, los parámetros ambientales, etc., y el enrutamiento de las señales de telecomunicaciones y GPS para ayudar al posicionamiento, siendo también conveniente realizar un despliegue de unidades RSU que garantice la máxima cobertura en todo el trazado del túnel al objeto de intercambio de información túnel – vehículo.

Un aspecto importante para tener en cuenta a la hora de diseñar o adaptar las infraestructuras de conectividad de los túneles para que puedan interactuar con los VAC es el dimensionamiento de los sistemas para permitir establecer las comunicaciones con todos y cada uno de los vehículos que se encuentren en el túnel en un momento dado.

Este dimensionamiento debe estar preparado para soportar el proceso de intercambio de información que va a establecer el túnel con cada uno de los vehículos. Actualmente, en los proyectos piloto realizados, el número de VACs circulando por los túneles es muy limitado, siendo prácticamente un único vehículo. Sin embargo, cuando su número sea mayoritario respecto al resto de vehículos, la complejidad de la conexión simultánea con todos ellos requerirá un diseño específico u otro en función del tipo, la forma y la cantidad de información a intercambiar.

La adecuación de los túneles para soportar la circulación de los VAC requerirá probablemente un incremento de tecnologías ITS y de

sensorización, por lo que las soluciones desplegadas deberán ser escalables para poder evolucionar sin tener que renunciar a las inversiones previas.

4. Recomendaciones / consideraciones para la explotación

A nivel de la explotación del túnel, la mayor utilidad de la comunicación en tiempo real con el vehículo, a través del servidor de "V2X", debería ser conocer sus características, no sólo parámetros físicos como velocidad, sino el tipo de vehículo y su energía de propulsión, estado mecánico (temperatura del motor), muy útil en el caso de los vehículos pesados..., así como la posibilidad de interacción con ellos, de forma que pudiesen recibir instrucciones de actuación para prevenir escenarios de peligro.

Sería interesante su aplicación a los vehículos de:

- emergencias,
- conservación y mantenimiento,
- asistencia en carretera,
- transporte,
- furgonetas de transporte de productos médicos, entre los que puede haber material radiactivo.

La comunicación vehículo túnel no debe ser únicamente en el sentido de información y actuación "pa-

siva" del túnel, activando sistemas de señalización o cierre ante determinados escenarios, como congestión o tráfico muy denso, sino que también debería tomar medidas "activas", ordenando al vehículo conectado a realizar determinadas acciones entre las que puede estar la de detenerse.

En la fase intermedia, con vehículos únicamente "conectados", enviar un aviso al vehículo es importante pero esta comunicación debería realizarse acompañada, de forma clara y concisa, de las recomendaciones y obligaciones sobre las acciones a tomar por parte del conductor.

Gracias a estos servicios podrá disponerse de datos como la posición en tiempo real de los vehículos que circulan por el túnel, que permitirá al operador gestionar la seguridad y señalización de forma más eficiente.

Para ofrecer servicios al resto de vehículos no conectados que seguirán circulando durante un periodo de transición, la emisión de mensajes y señales bluetooth de baja energía a dispositivos móviles cercanos a través de balizas BLE (Bluetooth Low Energy) puede ser una solución que permita obtener tiempos de recorrido de la mayoría de ellos.

En todo caso, debe resaltarse la responsabilidad que adquirirá el explotador y el titular del túnel por decisiones adoptadas y/o por posi-

bles fallos o mal funcionamiento de los sistemas instalados.

Si bien se sale del ámbito de este artículo, no deben obviarse las posibles consecuencias legales de esta nueva responsabilidad, lo que conlleva:

- Formación más exhaustiva de los operadores y del personal de mantenimiento, que deberán tener una mayor preparación técnica.
- Definición de las necesidades de mantenimiento. Dado que las instalaciones en los túneles y su gestión son cada vez más sofisticadas, es necesario replantear los perfiles profesionales de quienes realizarán estas tareas.

Consideraciones sobre el mantenimiento de las instalaciones existentes en los túneles con el tránsito de vehículos conectados y autónomos

El Informe Litman sobre la estimación de la penetración de los vehículos autónomos en el mercado prevé una saturación del vehículo autónomo en la década de los 70 de este siglo, pero no predice hasta cuando seguirán circulando los vehículos tradicionales. Esto significa que las infraestructuras viales deberán evolucionar hacia modelos de gestión que consideren la coexistencia de todas las opciones. (Tabla 3)

Tabla 3. Informe Litman: estimación de la penetración de los vehículos autónomos en el mercado.

Estado	Década	Nuevas ventas	Flotas	Transporte
Desarrollo y pruebas	2020	0%	0%	0%
Disponibile con un precio elevado en gamas altas	2030	2-5%	1-2%	1-4%
Disponibile con un precio moderado en gamas altas	2040	20-40%	10-20%	10-30%
Disponibile con un precio mínimo en gamas altas	2050	40-60%	20-40%	30-50%
Funcionalidad estándar incluida en la mayoría de los vehículos	2060	80-100%	40-60%	50-80%
Saturación (asequible para quien lo desee)	2070	?	?	?
Requisito para todos los vehículos nuevos y en funcionamiento	?	100%	100%	100%

Esta evolución debe pasar tanto por la completa digitalización de los sistemas de gestión del túnel como por la adecuación de las infraestructuras, tanto las de conectividad como las de los sistemas de seguridad, para facilitar el tránsito de los VAC en cualquiera de sus niveles tecnológicos pero manteniendo las condiciones de seguridad en la conducción humana.

Ello se traduce en consideraciones específicas para algunos de los sistemas del túnel.

Iluminación

La gestión de la iluminación es un aspecto clave para garantizar la seguridad en la conducción de cualquier tipo de vehículo, por ello es importante mantener una iluminación y limpieza adecuadas en el túnel.



En el caso de las luminarias de emergencia a baja altura, su mantenimiento seguirá siendo crítico para garantizar la visibilidad en caso de necesidad de evacuación a pie, incluso más exigente a medida que la automatización de los vehículos aumente y la iluminación normal pierda relevancia.

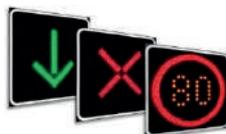
Señalización

Los elementos de señalización fija vertical y horizontal, regulados en España por las Normas 8.1-IC y 8.2-IC respectivamente, resultan indispensables para mejorar la seguridad del paso de vehículos independientemente de su grado de automatización, con objeto de delimitar correctamente los carriles

para mantenerse en ellos o realizar cambios de carril con seguridad, interpretar correctamente de forma automática las señales verticales como pueden ser las de limitación de velocidad, etc. Será por tanto necesario fomentar entre los explotadores la necesidad e importancia de mantener de forma adecuada y limpia tanto la señalización fija horizontal (marcas viales, señales pintadas en calzada) como la vertical.



En cuanto a la señalización variable, disponible en gran número de túneles, con semáforos, paneles de mensaje variable (PMV), señales de afectación de carril y otros, habría que verificar la capacidad de los sensores de los vehículos para reconocer los mensajes de este tipo de elementos.



Como caso particular se podría mencionar la gestión de carriles reversibles con balizas led, como la existente en el túnel de Vallvidrera en Barcelona, para conocer si los coches automatizados pueden in-



terpretar el código de colores de forma similar a los semáforos, sistema también habitual en los carriles reservados para autobuses y vehículos de alta ocupación (BUS-VAO).

Cobertura de telefonía móvil

La cobertura de telefonía móvil no es un sistema exigido en túneles de carretera, incluso a veces es un tema controvertido, sin embargo suele implantarse por interés de las compañías. Debe tenerse en cuenta que dicha cobertura es necesaria para alguno de los servicios cooperativos ya existentes en la actualidad, como el sistema eCall de obligada implantación en Europa, desde el mes de abril de 2018, para los vehículos ligeros.



En caso de accidente, este sistema permite el aviso automático al centro de coordinación de emergencias más cercano, emitiendo un mensaje, mediante la red de telefonía móvil, con los datos básicos de localización del vehículo y hora del suceso. Los túneles disponen habitualmente de una infraestructura de telefonía móvil que da cobertura en su interior, aspecto crucial que permite esta funcionalidad. Este sistema complementa la detección de accidentes en túneles que disponen de sistemas de vigilancia y de detección automática de incidentes (DAI), siendo relevante en túneles más cortos que no disponen de este sistema, normalmente interurbanos de longitud inferior a 500 metros.

Por tanto, se considera importante supervisar por parte de los explotadores el mantenimiento que realizan sobre esta instalación los

operadores de telefonía, así como la realización de pruebas que garanticen su funcionamiento en el interior del túnel, pruebas que en la actualidad no se realizan.

Aprovechamiento de la información y conectividad de los vehículos para la gestión del túnel

Los vehículos pueden ser fuente de información relevante para la gestión de la seguridad de un túnel de carretera. Si la conectividad de los vehículos avanza en el ámbito de los sistemas cooperativos como se espera, y se dan las circunstancias de regulación necesarias, similar a lo normalizado para el sistema eCall en el ámbito comunitario, las posibilidades de mejora de la seguridad de los túneles son evidentes por ejemplo para detectar el paso de:

- Vehículos con mercancías peligrosas (MMPP): existen sistemas de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) que permiten detectar de forma automática vehículos con mercancías peligrosas y de propulsión eléctrica, si bien su uso no está extendido en los túneles. Un ejemplo es el sistema previsto instalar en el nuevo túnel de Ole-

sa (1,8 km) en la B-40 de Barcelona en el que no se permitirá el paso de MMPP.

- Vehículos especiales: este tipo de vehículos necesitan autorización previa y ésta podría ser gestionada por el Centro de Control.
- Vehículos con posibilidad de elevado peligro de incendio: se podrían detectar con antelación a la entrada del túnel.

5. Conclusiones

Los “Vehículos Autónomos Conectados” (VAC) han revolucionado la industria del transporte en superficie, pero ¿qué ocurre cuando se trata la singularidad de una infraestructura crítica como son los túneles de carretera?. Éstos plantean desafíos únicos para la conducción autónoma y en este artículo se ha expuesto cómo se están abordando.

Sensores específicos para los túneles de carretera: Los túneles carecen de señales GPS y en ocasiones tienen una iluminación deficiente. Por ello los vehículos autónomos en túneles dependerán en gran medida de sensores específicos, como LIDAR y cámaras infrarrojas, para navegar de manera segura.

Comunicación con la infraestructura (RSU's): La instalación de sistemas de comunicación vehículo a infraestructura (V2I) en los túneles permite a los vehículos autónomos recibir información en tiempo real sobre el tráfico, las condiciones climáticas y los cierres de túnel. Asimismo, los VAC pueden proporcionar información valiosa en tiempo real detectada por sus sensores y transmitirla a la infraestructura de control del túnel, generándose así alertas de eventos relevantes para otros conductores/VAC y para la gestión segura y ef-

ciente del propio túnel.

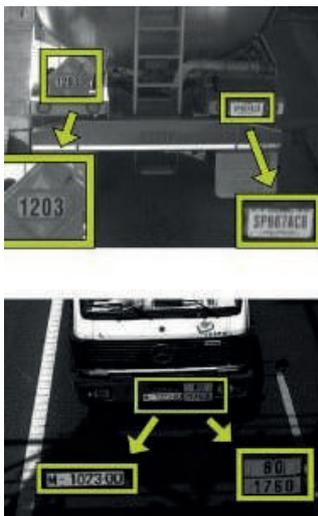
Seguridad en caso de emergencia: Los vehículos autónomos deberán estar equipados con sistemas de seguridad que les permitan reaccionar ante situaciones de emergencia, como incendios o accidentes en el interior del túnel.

Posicionamiento y localización precisos: La creación de mapas 3D detallados de los túneles es esencial para la navegación autónoma. Los vehículos autónomos utilizarían estos mapas para determinar su posición precisa en el túnel.

Regulación y normativas: La regulación de los vehículos autónomos en túneles es un desafío importante. Los gobiernos y las autoridades deberían establecer normativas claras para garantizar la seguridad y la interoperabilidad.

Beneficios potenciales: La automatización de vehículos en túneles puede mejorar la seguridad al reducir el riesgo de accidentes debidos a errores humanos y aumentar la eficiencia en su explotación, sin olvidar que una buena formación de los operadores es fundamental para alcanzar los estándares de seguridad que se buscan. Este objetivo se alcanzará gracias a la labor humana sumada a la tecnología.

Investigación y desarrollo continuo: Dado que nos encontramos ante una tecnología emergente y en plena evolución, la investigación y el desarrollo continuo son fundamentales para superar los desafíos técnicos y garantizar que los vehículos autónomos puedan funcionar de manera segura y efectiva en este tipo de infraestructuras. En este sentido, debe valorarse como gestionarlas y su movilidad, considerando periodos de transición en los que los vehículos autónomos y conectados debe coexistir con los convencionales.



En resumen, los vehículos autónomos representan un emocionante avance tecnológico que tiene el potencial de mejorar la eficiencia y la seguridad en el entorno de los túneles. Ello implica cambios de paradigmas importantes en la concepción y diseño de sus sistemas de control y seguridad, la capacitación de sus operadores y de los equipos de intervención y su relación con el resto de los actores y de las infraestructuras viales, requiriendo asimismo una inversión continua en investigación, desarrollo y regulación para hacer realidad esta visión y aprovechar al máximo los beneficios de la cooperación entre los VAC y los túneles de carretera.

6. Glosario de términos.

5GAA:	Asociación de Automoción 5G (5G Automotive Association)	DDT:	Tarea de Conducción Dinámica (Dynamic Driving Task)	IVI:	Información Infraestructura-Vehículo (Infrastructure-Vehicle Information)
ADS:	Sistema de Detección y Asistencia al Conductor (Advanced Driver Assistance System)	DSRC:	Comunicaciones de Corto Alcance (Dedicated Short Range Communications)	IVIM:	Mensajes Infraestructura-Vehículo (Infrastructure-Vehicle Messages)
AEB:	Sistema de Frenado de Emergencia (Advanced Emergency Braking)	ESC:	Control Electrónico de Estabilidad (Electronic Stability Control)	LIDAR:	Detección y Medición por Láser (Light Detection and Ranging)
ATC:	Asociación Técnica de la Carretera	H2020:	Programa Horizonte 2020 de la Unión Europea	MAPEM:	Terminología topológica para el intercambio de información vehículo-infraestructura, según especificación ETSI TS 103 301 V1.3.1 (2020-02) (MAP (topology) Extended Message)
BLE:	Balizas Bluetooth de Bajo Consumo (Beacon Bluetooth Low Energy)	FP7:	Séptimo Programa Marco de la Unión Europea	MMPP:	Mercancías Peligrosas
BUS-VAO:	Carril de Vehículos de Alta Ocupación (High-Occupancy Vehicle Lane)	GLOSA:	Recomendación de Velocidad en función del tiempo de verde en los semáforos (Green Light Optimal Speed Advisory)	OBU:	Unidad embarcada (On Board Unit)
C-V2X:	Comunicaciones Vehículo a Todo (Cellular Vehicle-to-Everything)	GPS:	Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System)	ODD:	Dominio de Diseño Operacional (Operational Design Domain)
DAI:	Detección Automática de Incidentes	I2V:	Comunicación infraestructura-vehículo (Infrastructure-to-Vehicle Communication)	PC5:	Comunicaciones directas entre el Vehículo y la Infraestructura (Vehicle-to-Infrastructure Communications)
		ITS-G5:	Sistemas de Transporte Inteligente basados en la norma IEEE 802.11p (Intelligent Transport Systems - IEEE 802.11p-based)	PKI:	Infraestructura de Clave Pública (Public Key Infrastructure)
		OCR:	Reconocimiento Óptico de Caracteres (Optical Character Recognition)	PMV:	Panel de Mensaje Variable
		ISAD:	Soporte de Infraestructura para la Conducción Automatizada (Infrastructure Support for Automated Driving)	PVD:	Vehículos sensorizados para adquisición de datos (Probe Vehicle Data)
		ITS:	Sistemas Inteligentes de Transporte (Intelligent Transport Systems)	RSU:	Unidad al Borde de la Carretera (Road-Side Unit)
				SAE:	Sociedad de Ingenieros de Automoción (Society of Automotive Engineers)

SCADA: Supervisión y Adquisición de Datos en Tiempo Real (Supervisory Control and Data Acquisition)

Uu: Interfaz Aérea licenciada de telefonía móvil (Air Interface)

V2I: Comunicaciones del Vehículo a la Infraestructura (Vehicle-to-Infrastructure Communications)

V2P: Comunicaciones del Vehículo a Persona (Vehicle-to-Pedestrian Communications)

V2V: Comunicaciones del Vehículo a Vehículo (Vehicle-to-Vehicle Communications)

V2X: Comunicaciones del Vehículo a Todo (Vehicle-to-Everything Communications)

VAC: Vehículo Autónomo y Conectado según SAE

[4] UNE-CEN/TS 16157. Especificaciones DATEX II de intercambio de datos para la gestión del tráfico y la información vial. UNE <https://www.datex2.eu/> .

[5] DRIVE C2X\DRIVING implementation and Evaluation of C2X communication technology in Europe. Programa FP7. UE. 2011-2014 <https://cordis.europa.eu/project/id/270410/es> .

[6] Compass4D. Programa FP7. UE. 2013-2015 <https://trimis.ec.europa.eu/project/compass4d> .

[7] C-MOBILE (Accelerating C-ITS Mobility Innovation and deployment in Europe). Programa H2020 UE. 2021 <https://c-mobile-project.eu/> .

[8] C-ROADS - THE PLATFORM OF HARMONISED C-ITS DEPLOYMENT IN EUROPE. UE 2018. <https://www.c-roads.es/> .

[9] Reglamento de Ejecución (UE) 2022/1426 de la Comisión de 5 de agosto de 2022, por el que se establecen las normas para la aplicación del Reglamento (UE) 2019/2144 del Parlamento Europeo y del Consejo en cuanto a los procedimientos uniformes y especificaciones técnicas para la homologación de tipo del sistema de conducción automatizada (ADS) de los vehículos totalmente automatizados.

7. Referencias y bibliografía

[1] SAE (2021) Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles (J3016_202104). SAE International. US <https://www.sae.org/> .

[2] Gestión de los Dominios de Diseño Operativo para los Vehículos Automatizados. García, A. Camacho, FJ. Llópis, D. Rutas Técnica nº 192. ATC. 2022

[3] D.5.4 Infrastructure Classification Scheme. Proyecto INFRAMIX (Road INFRAstructure ready for MIXed vehicle traffic flows). Programa H2020 UE. 2019 <https://www.inframix.eu/> .

8. Autores

Este artículo ha sido elaborado por el Grupo de Trabajo de Vehículos Conectados y Autónomos del Comité Técnico C5 “Túneles” de la Asociación Técnica de Carreteras, habiendo colaborado en su redacción: Alberto Abella Suárez, Fernando Garrido Pérez-Villamil, Iván Ricondo Zaldívar, José Manuel Martínez Oliveira, José Manuel Portilla Saiz, Koldo Berasategui Ordeñana, Oscar Borobia Cuesta, Ramón Morera Fauquier y Vicente Sebastián Alapont. ❖

Ecosistema del vehículo conectado en España



The connected vehicle ecosystem in Spain

Grupo de Trabajo ITS y vehículo autónomo

Comité Técnico C13 "Seguridad Vial" de la ATC

El ecosistema del vehículo conectado en España implica la integración de los vehículos con la infraestructura vial y con las redes de comunicación, permitiendo una conducción más segura y eficiente. Este avance se basa en un pilar fundamental: la evolución de la tecnología aplicada a cada uno de los tres componentes, como vehículos equipados con sensores y sistemas de comunicación intravehicular y extravehicular, las infraestructuras inteligentes y las telecomunicaciones de corto y largo alcance. El desafío es asegurar la privacidad y adaptarse a la coexistencia de vehículos con diferentes niveles de conectividad, requiriendo una evolución sincronizada de infraestructura, vehículos y usuarios. En España, la infraestructura vial está avanzando hacia la conectividad mediante 13,000 km de fibra óptica y 10,000 dispositivos de monitorización gestionados por la DGT. Sin embargo, el país enfrenta retos significativos en la adaptación tecnológica de sus carreteras, especialmente en vías no principales, debido a limitaciones geográficas y técnicas, de su parque móvil y de sus usuarios y políticas de seguridad vial.

Sin embargo, algunos ejemplos de experiencias llevadas a cabo ponen de manifiesto los pasos dados en este sentido por las administraciones españolas.

Por último se hace una reflexión sobre la resolución de un mínimo de cuestiones técnicas y funcionales, sin perder de vista que el objeto final de la seguridad vial es el usuario.

The connected vehicle ecosystem in Spain involves the integration of vehicles with road infrastructure and communication networks, enabling safer and more efficient driving. This progress is based on a fundamental pillar: the evolution of technology applied to each of the three components, such as vehicles equipped with sensors and intra-vehicular and extra-vehicular communication systems, intelligent infrastructures and short- and long-range telecommunications. The challenge is to ensure privacy and adapt to the coexistence of vehicles with different levels of connectivity, requiring a synchronized evolution of infrastructure, vehicles and users. In Spain, the road infrastructure is moving towards connectivity through 13,000 km of fiber optics and 10,000 monitoring devices managed by the DGT. However, the country faces significant challenges in the technological adaptation of its roads, especially on non-major roads, due to geographical and technical limitations, its vehicle fleet and users, and road safety policies.

However, some examples of experiences carried out show the steps taken in this direction by Spanish administrations.

Finally, a reflection is made on the resolution of a minimum of technical and functional issues, without losing sight of the fact that the ultimate object of road safety is the user.

Prólogo

(Por Roberto Llamas Rubio, presidente del Comité Técnico de Seguridad Vial de la Asociación Técnica de Carreteras (ATC))

La movilidad de los ciudadanos debe entenderse como un derecho y así se recoge en la Estrategia de Movilidad Segura, Sostenible y Conectada 2030 desarrollada por el MITMA. Y esta movilidad debe ser lo más segura posible, para lo cual debe estar inspirada en los principios del sistema seguro, donde se consideran inaceptables las víctimas en carretera y se persigue la tan deseada Visión Zero, Cero muertes y Cero heridos graves.

Dentro de esta coyuntura, reseñar que actualmente estamos inmersos en una época tecnológica con un proceso de importantes innovaciones y transformación de digitalización de la carretera. Esto conllevará un mayor avance en la circulación conectada y alcanzar un alto grado de circulación autónoma, que llegará más pronto que tarde. Y en este contexto, la circulación conectada y autónoma crea unas altas expectativas para conseguir mejoras importantes en la seguridad vial. Pero si bien, dentro del colectivo científico es admitido que la conducción conectada y autónoma supondrá un gran avance en la reducción de los accidentes de tránsito, igualmente es aceptado que ello no supondrá, por sí sola, alcanzar el objetivo anhelado de cero víctimas mortales.

Todo hace apuntar que la tecnología está yendo muy deprisa y, a veces, sin considerar a algunos de los agentes involucrados (vehículo/usuario). Pero el grado de desarrollo es muy heterogéneo entre los países. Así, España aparece en los últimos puestos del ranking internacional en cuanto a desarrollo de la tecnología necesaria para una conducción conectada y su aplicación a la infraestructura.

Concretamente, apenas un 20% del parque automovilístico español en la actualidad está conectado, por lo que nos queda mucho por hacer. Una de las claves de este “retraso” puede estar en el alto coste a la hora de renovar el vehículo tradicional por uno que cuente con conectividad de serie, lo que hace que “no esté al alcance de todos”. Por lo que los servicios que permitan la posibilidad de transformar un automóvil en uno inteligente ayudarán a democratizar esta movilidad del futuro.

No obstante, la generalización del vehículo conectado y autónomo contribuirá a alcanzar el objetivo de la Visión Zero, pero en el camino también acarreará nuevos desafíos y retos, así como también nuevos roles de responsabilidades que deberán ser resueltos previamente. Algunas cuestiones tan importantes como las derivadas de la fiabilidad, seguridad de la conectividad (ante posibles interrupciones o falta de transmisibilidad necesaria), legibilidad de las marcas viales y señalización de la carretera en cualquier circunstancia meteorológica, etc.

Estas cuestiones y otros aspectos e implicaciones que conlleva la conducción conectada es lo que ha promovido al Comité de Seguridad Vial a analizar la implicación de la conducción autónoma en la seguridad de la circulación y el grado de implantación en nuestro país. Para ello, se creó un grupo de trabajo pilotado inicialmente por Alonso Dominguez y posteriormente por Ana Samper, ambos de NTT Data.

Como resultado de este trabajo, se presenta este primer artículo sobre el ecosistema del vehículo conectado en España, donde se expone de forma resumida y didáctica los elementos principales participantes en dicho ecosistema (vehículos, infraestructura, comunicaciones y otros), pasando por una descripción del estado del arte y experiencias en esta materia y finali-

zando con el planteamiento de las carencias técnicas y funcionales más significativas existentes actualmente y las principales conclusiones obtenidas.

Por último, y como Presidente del citado Comité, quisiera dejar constancia de mi agradecimiento a los miembros del grupo de trabajo autor del presente artículo, por el esfuerzo y trabajo realizado, que estoy seguro que ayudará a familiarizarse en este ámbito, a los más iniciados, y a ampliar el conocimiento sobre la situación actual y la problemática existente que conlleva la conducción conectada y autónoma y que habrá que resolver de manera satisfactoria.

1. Introducción

Cuando buscamos en internet información acerca de los vehículos conectados con la infraestructura encontramos estas preguntas:

¿Te imaginas un coche hablando con los semáforos? ¿O una carretera que le dice al coche que hay hielo en la calzada?

¿Se imaginan poder anticiparse a los peligros que pudieran aparecer en la carretera como si tuvieran un “sexto sentido” al volante?

Los conductores, de manera tradicional, han recibido información visual y en ocasiones sonora de su entorno: otros vehículos (y sus conductores), señales de tráfico, marcas viales, dispositivos de control de tráfico, policía, personal de servicios de emergencia, etc.

Actualmente, el conductor cuenta con dispositivos, dentro y fuera del vehículo, que le ayudan en la conducción más allá de la mera visión del conductor y de la señalización estática, como paneles de mensajería variable que informan en tiempo real de incidencias (accidentes, retenciones, mal tiempo...), semáforos que adaptan su funcionamiento a las condiciones del

tráfico optimizando la regulación del flujo de vehículos, pasos de peatones que alertan a los conductores cuando un peatón se acerca, conos conectados, sistemas e-call, etc., sin olvidar todos ADAS (sistemas avanzados de asistencia a la conducción) que incorporan los vehículos.

Esto ha sido posible gracias a los avances tecnológicos experimentados en los vehículos, en las telecomunicaciones y en los elementos de la infraestructura.

1. La fabricación de vehículos desde el accionamiento manual, hasta la incorporación de sensores y el desarrollo de los sistemas de comunicación intravehicular, como la tecnología CAN bus (Controller Area Network) que conecta los sistemas y sensores individuales.



Figura 1. Advertencia de infracción de semáforo en rojo
Fuente: <https://www.its.dot.gov/>



Figura 2. Clima en la carretera – Aplicaciones de vehículos conectados
Fuente: <https://www.its.dot.gov>

2. Las telecomunicaciones desde la telefonía por cable hasta las redes de comunicación inalámbrica (telefonía móvil) e internet. Esta evolución, ha permitido extender las capacidades de comunicación a cualquier lugar, sin necesidad de acoplarse a ningún elemento físico, pudiendo enviar y/o recibir datos de toda tipología desde cualquier dispositivo en cualquier localización. La tecnología Cloud, a su vez, ha permitido incorporar, dentro de internet, capacidades de almacenamiento y procesamiento de datos masivos a costes muy reducidos. Y finalmente, la evolución de la industria electrónica ha permitido fabricar módulos de comunicación inalámbrica de mínimo tamaño y a bajo coste.



Figura 3. El coche que habla con los semáforos
Fuente: SEAT, <https://www.seat.es/sobre-seat/noticias/corporativas/>

3. En la fabricación de elementos de infraestructura, los cuales antiguamente solo proporcionaban comunicación visual al conductor, ahora pueden incorporar capacidades de captación de información, computación y comunicación, permitiendo aumentar sus capacidades funcionales y su rango de acción.



Figura 4. Detección de obstáculos en la carretera
Fuente: Coches con G5: conducir con un sexto sentido (SEAT, <https://www.seat-mediacycenter.es/>)



Figura 5. Información visual al conductor
Fuentes: <https://www.autopista.es/noticias-motor/>; <https://www.lavozdegalicia.es/noticia/galicia/2015/07/23/>; <https://www.auto10.com/reportajes/>

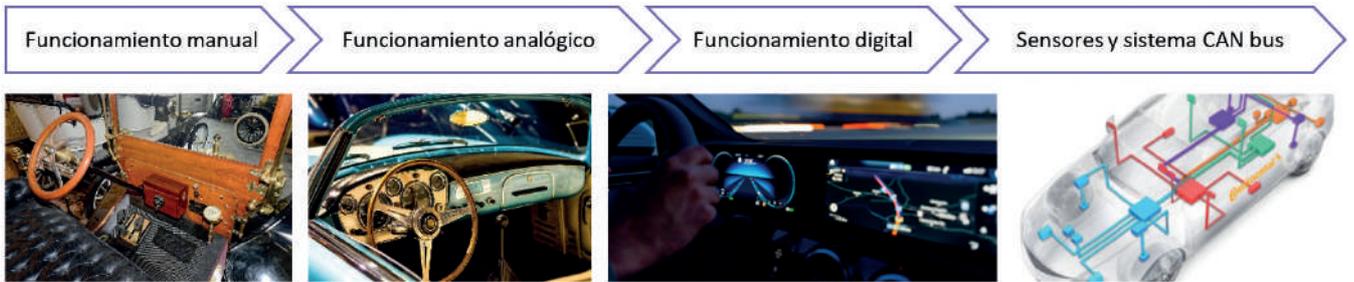


Figura 6. Evolución en la fabricación de vehículos
 Fuente: <https://auction-team.de/>; <https://pixabay.com/es/>; <https://noticias.coches.com/>; <https://diag-electronic.com/>

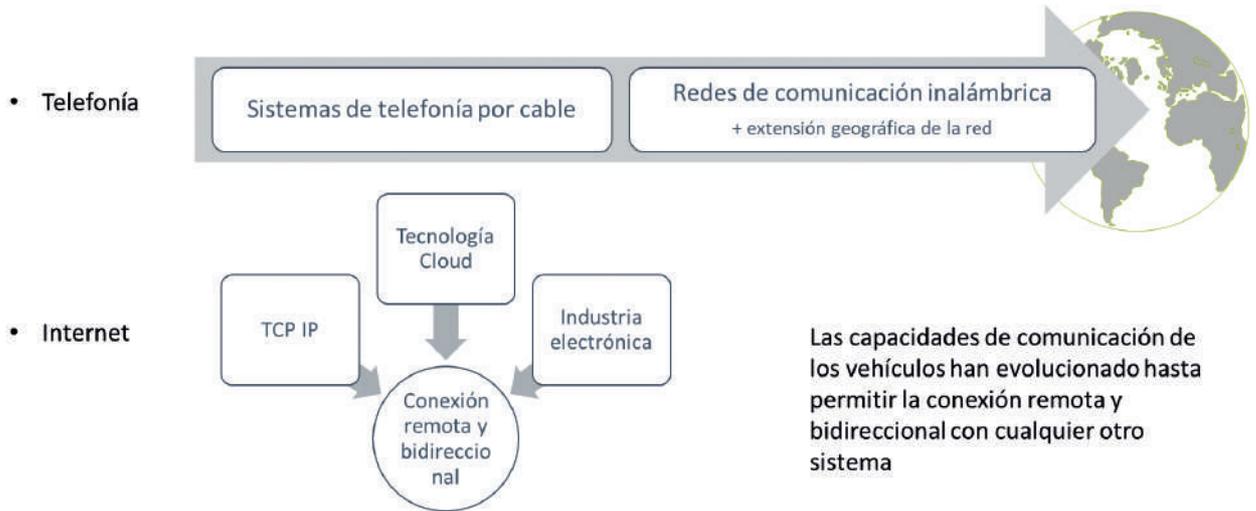


Figura 7. Evolución en las telecomunicaciones



Figura 8. Evolución del equipamiento de la carretera
 Fuentes: <https://auction-team.de/>; <https://pixabay.com/es/photos/>; <https://diag-electronic.com/>

En la figura 9 se muestra la evolución cronológica de los avances referidos.

Vemos como los vehículos ya empiezan a tener la capacidad de almacenar datos en los años 80, junto con

los comienzos de la tecnología móvil e internet, pero no es hasta que el desarrollo de la tecnología (más barata, con más alcance y con más capacidad de datos) puede proporcionar nuevas capacidades de información al usuario sobre los parámetros de

conducción cuando se puede hablar de una conducción conectada, que consiste básicamente en recibir datos y alertas telemáticamente y en la conexión remota y bidireccional entre el vehículo y cualquier otro sistema.

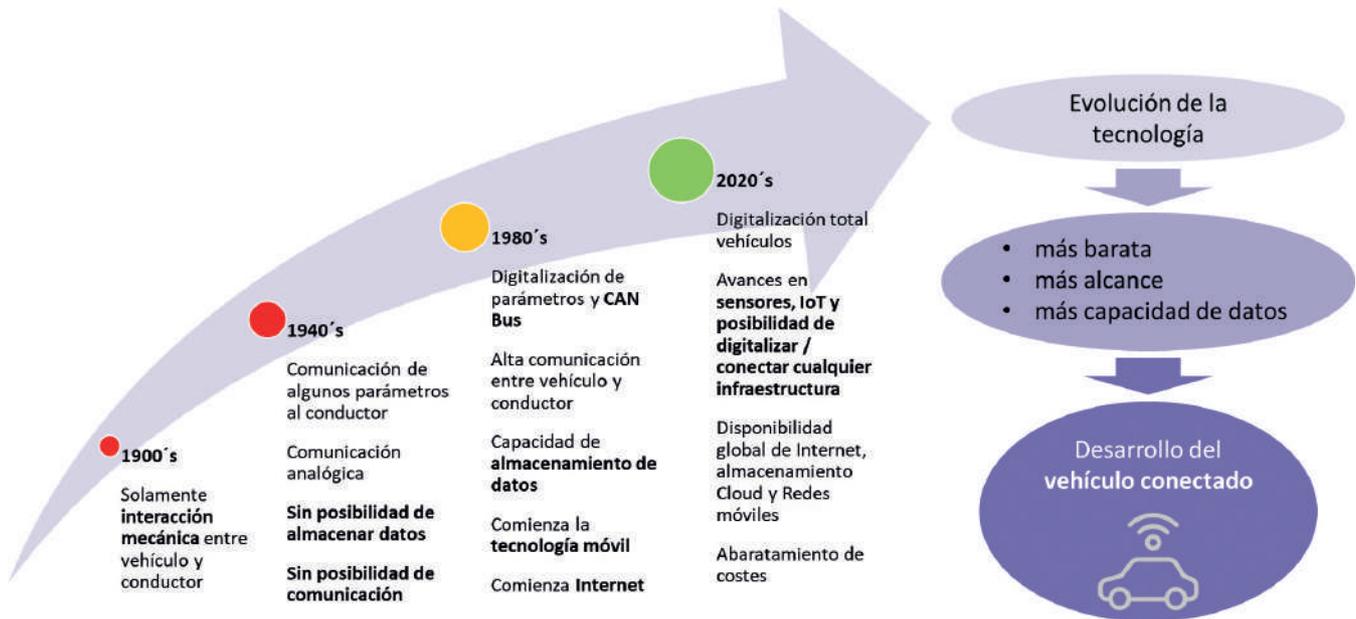


Figura 9. Cronología de la evolución tecnológica de los vehículos

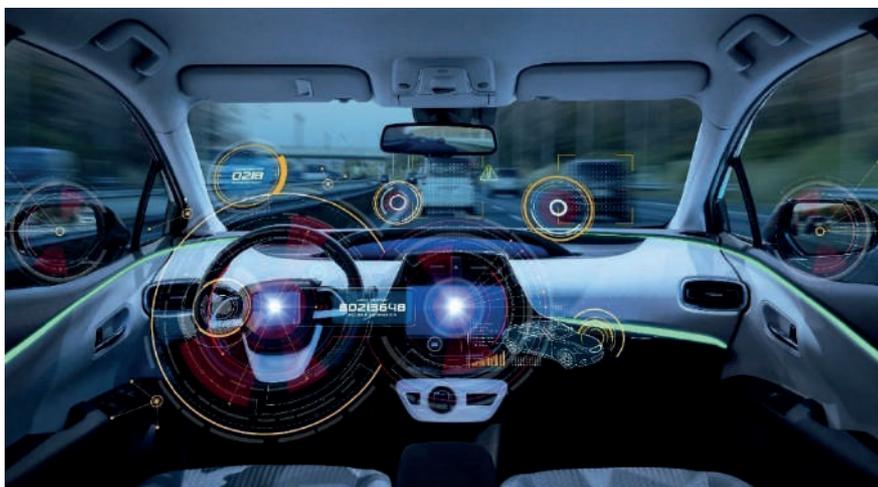


Figura 10. Conducción conectada

Fuente: <https://www.marca.com/coches-y-motos/tecnologia/>

2. Ecosistema de Vehículo Conectado

Pero el vehículo conectado no funciona solo. Necesita, además, de la infraestructura sobre la que circula y las conexiones entre ambos, sin olvidar a los usuarios.

Cuanto mayor sea el flujo de información entre vehículos, dispositivos y servicios de red, podremos conducir percibiendo por anticipado lo que nos vamos a encontrar en la carretera, consiguiendo, por tanto, mejoras en la seguridad, en la movilidad y en los impactos ambientales.

Por ejemplo, en el ámbito de la seguridad podremos conocer si hay un coche averiado ocupando un carril, que un coche se aproxima al mismo cruce que nosotros, que se acerca un vehículo de emergencias, que hay hielo en la calzada, detectar peatones y/o avisarles sobre vehículos que se acercan, etc. Respecto a la movilidad podremos saber cuál es la ruta idónea, la conexión con otros medios de transporte, si hay plazas libres en un aparcamiento, etc. Y en cuanto a los impactos ambientales, tendremos información para poder evitar atascos

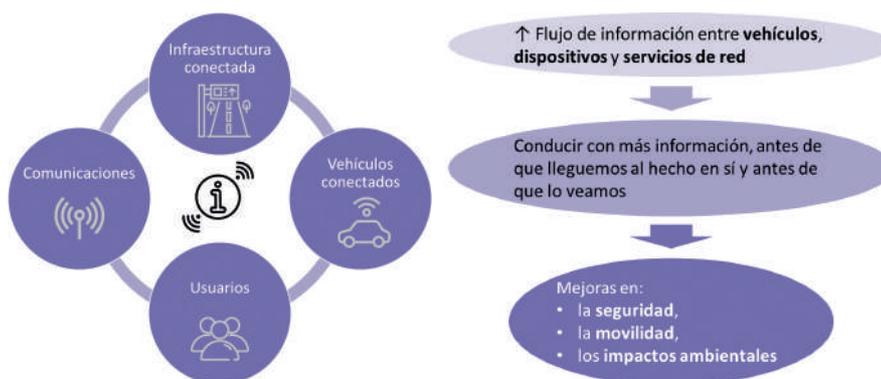


Figura 11. Ecosistema del vehículo conectado

consiguiendo un menor consumo de combustible y, por tanto, generando menos emisiones.

2.1. Vehículo Conectado

El vehículo, como primer componente del ecosistema conectado, tiene acceso a redes de comunicación y está equipado con sensores embarcados, de manera que puede completar la información suministrada por sus sistemas internos con la información recibida de otros elementos de su entorno, combinando ambas para que el sistema de gobierno (conductor, en el caso de vehículo conectado, o automatismo, en el caso de los vehículos autónomos) pueda tomar la decisión más segura y eficiente en todo momento.

Hablamos, por tanto, de:

Comunicación intravehicular, que es la que conecta los diferentes sensores de los que disponga o pueda disponer en un futuro un vehículo (cámaras de alta definición, LIDARs, sensores de proximidad, etc.), mediante diferentes protocolos y medios (CAN bus, LIN, FlexRay, etc.), con la unidad de a bordo del vehículo (“On Board Unit” o “OBU”), que centraliza esa información.

Comunicación extravehicular, denominada V2X (o comunicación del vehículo con todo), que lleva a cabo la unidad de a bordo del vehículo (OBU) del vehículo, lo que permite aumentar el alcance (limitado) de los sensores. Sería el caso, por ejemplo, de un vehículo que se aproxima y no es visible aún por la cámara pero que envía una

señal advirtiéndole de su posición y velocidad.

Las comunicaciones del vehículo conectado V2X, desde el punto de vista funcional, pueden ser:

- V2V (Vehículo a Vehículo): comunicación entre vehículos, utilizada principalmente para aspectos relacionados con la seguridad como, por ejemplo, la prevención de colisiones.
- V2I (Vehículo a Infraestructura): comunicación del vehículo con los dispositivos de la vía y las unidades de carretera (RSU), para priorizar y sincronizar semáforos y señales y contribuir a la eficiencia de la circulación.
- V2N (Vehículo a red “Network”): para comunicarse con una red móvil y la conectividad de la red. [Google Maps, Waze, ...]. Para monitorizar el tránsito y brindar opciones de rutas.
- V2P (Vehículo a Peatón): para detectar a los peatones o a las bicicletas.
- V2D (Vehículo a Dispositivo): para comunicarse con dispositivos inteligentes como smartphones, llaves inteligentes y rastreadores de coches.
- V2G (Vehículo a red, cuadrícula “Grid”): para comunicarse con la red eléctrica (vehículos eléctricos).

Las comunicaciones principales son V2V, V2I y V2N, siendo las demás una extensión de éstas.

En resumen, a más información más eficiencia en la conducción y menos situaciones de riesgo.

2.2. Infraestructura Conectada

La infraestructura viaria también forma parte del ecosistema conectado. Por una parte, el equipamiento vial con el que está dotada supone una



Figura 12. Vehículo conectado

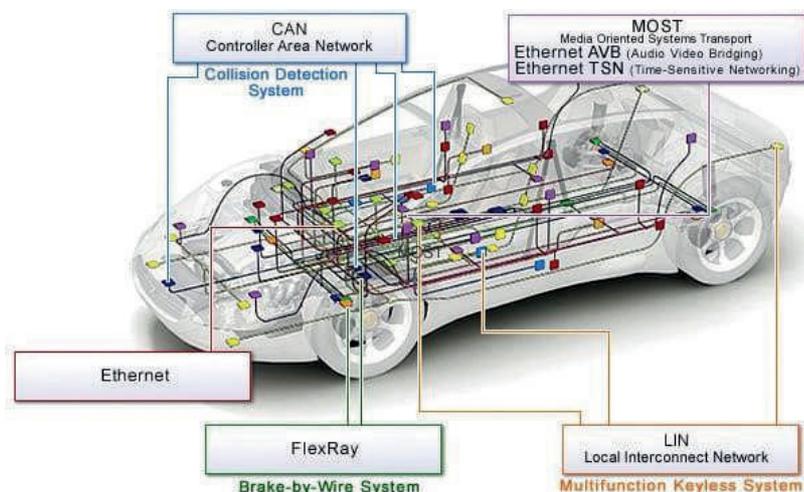
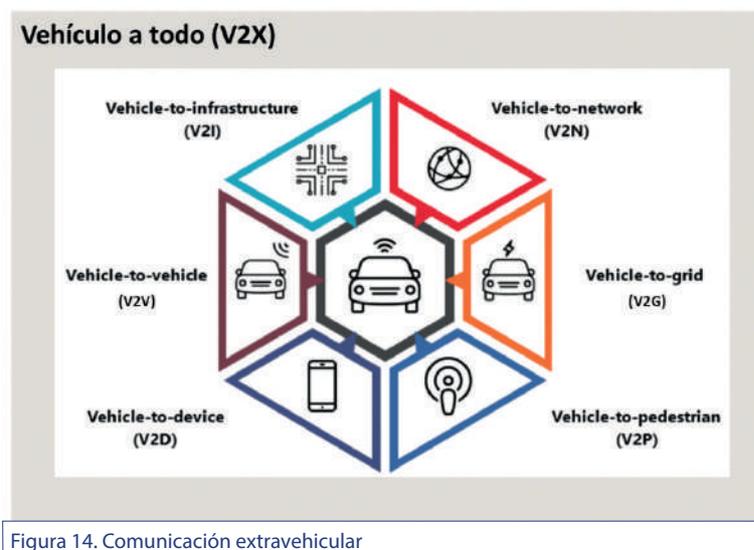


Figura 13. Comunicación intravehicular

Fuente: <https://primatex.tn/expertises/in-vehicle-networks/>



fuente de información fundamental para la toma de decisiones. Por otra parte, se puede dotar a los elementos de la infraestructura de la carretera de dispositivos que proporcionen información a los vehículos conectados, o la reciban de estos, mediante conectividad inalámbrica sobre las condiciones de la carretera y el entorno. Estos elementos pueden ser semáforos, señalización vertical, dispositivos de obras y otros tipos de sensores y receptores/emisores como RSU (road side units).

Para que los sensores de los vehículos se conviertan en una alternativa a la transmisión tienen que poder “entender” la infraestructura. En este sentido ¿qué mínimos debe aportar la carretera?

En primer lugar, la infraestructura debería cumplir con las normativas vigentes referentes a trazado y equipamiento vial y contar con una conservación adecuada de la infraestructura y de los elementos instalados en ella. Cuanto mejor esté diseñado y conservado, mejor se percibirá tanto por parte de los conductores como por parte de los sensores de los vehículos.

Incluso habría que ir más allá y conocer las necesidades de operatividad de los vehículos autónomos y conectados para adaptar la infraes-

tructura a sus necesidades y facilitar el desarrollo de estas tecnologías incorporando los cambios necesarios en las normativas correspondientes.

La infraestructura además debe estar sensorizada para permitir y facilitar la comunicación entre los distintos componentes del ecosistema.

Desde hace tiempo la DGT utiliza elementos instalados en las carreteras como aforadores, cámaras y radares para implementar Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) que hacen posible controlar el estado del tráfico e informar a los usuarios a través de paneles informativos o vía web de las distintas incidencias (accidentes, derrumbamientos, condiciones climatológicas adversas, etc.) que suceden en las carreteras mejorando así su seguridad y sostenibilidad.

A este respecto, la DGT en su Plan ITS, organiza y clasifica una serie de servicios ITS que están disponibles actualmente describiendo el equipamiento necesario y los criterios básicos de implantación para facilitar la selección de cada uno de ellos dependiendo de su utilización. Los servicios ITS que describen se estructuran en tres bloques. En el primer bloque se engloban los sistemas cuya función principal es contribuir a la mejora de la seguridad vial y son los siguientes:

- Desvío automatizado por condiciones meteorológicas adversas (niebla o viento).
- Desvío automatizado en infraestructuras singulares por incidentes, accidentes o catástrofes naturales.
- Sistema para el guiado de tráfico en condiciones meteorológicas adversas.
- Cruces inteligentes.
- Detección automática de animales en calzada.
- Detección de usuarios vulnerables en el arcén.
- Semáforo inteligente en travesías.
- Pulsadores para la activación de señalización luminosa en puntos de especial riesgo para la seguridad vial de los peatones.

Los otros dos bloques incluyen servicios ITS relacionados con la Gestión del Tráfico y la Vigilancia y el Control para velar por el cumplimiento de las normas de circulación y señalización existentes.

En un futuro los coches podrán interactuar con estos dispositivos, pero también podrán comunicarse con otros usuarios y servicios de la vía como vehículos, grúas, ambulancias, ciclistas, parkings inteligentes, etc. De este modo, no solo se reducirán considerablemente los accidentes de tráfico, sino que se podrán evitar atascos y coordinar la movilidad de los vehículos.

En este sentido la DGT también ha desarrollado la plataforma DGT 3.0, plataforma IoT en la nube pública, que permite la interconexión en tiempo real entre todos los actores que forman parte del ecosistema de tráfico y movilidad; dispositivos de señalización, fabricantes de vehículos, administraciones, aseguradoras y proveedores de aplicaciones relacionadas con movilidad segura y eficiente.

En definitiva, la infraestructura deberá respaldar la visión humana y artificial, creando redundancia que ayuda al conductor a tomar decisiones críticas de conducción y sienta las bases para posibilitar el desarrollo de la futura conducción autónoma.

2.3. Comunicaciones

El alcance es una de las características principales de las comunicaciones del vehículo conectado con el entorno (V2X) y, desde este punto de vista, podemos dividirlos en dos tipos: las de corto alcance y las de largo alcance. En el caso de las primeras, hablamos también de una comunicación directa entre dispositivos y en el segundo caso, a través de la infraestructura de las redes de comunicaciones.

Comunicación de corto alcance (comunicación directa)

Este tipo de comunicación o sin uso de la infraestructura de la red, requiere de gran fiabilidad y muy bajo tiempo de latencia, para permitir a los sistemas del vehículo disponer en tiempo real de la información necesaria (proveniente principalmente de la infraestructura o de otros vehículos), que le permita reaccionar de manera eficaz ante cualquier eventualidad, especialmente aquella que quede fuera del alcance de sus propios sensores del vehículo, como hemos visto anteriormente.

La primera tecnología que apareció fue conocida como DSRC (Dedicated Short Range Communication), en los Estados Unidos, y ETSI (European Telecommunications Standards Institute) ITS-G5, en Europa. Esta tecnología está basada en el estándar WLAN IEEE 802.11p, (Wi-Fi) y se ha usado en muchos países en aplicaciones V2V, V2P y V2I. Sin embargo, la evolución de la tecnología celular desde LTE (Long Term Evolution), conocida como 4G, hacia 5G NR (New Radio),

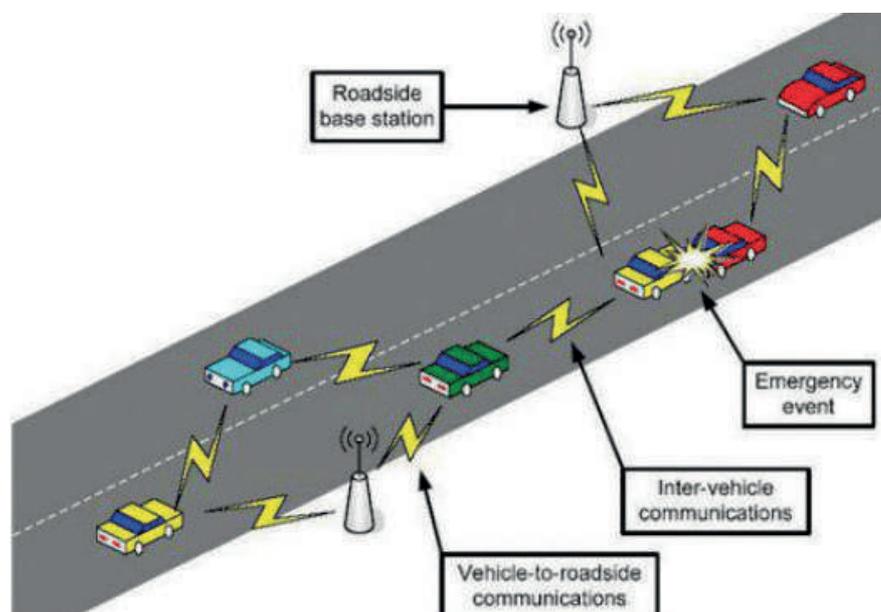


Figura 15. Crisis arquitectónicas en redes vehiculares ad-hoc 1 (Sai Kiran Pasupuleti).

Fuente: <https://www.researchgate.net/publication>

con prestaciones de tiempos de latencia muy reducidos, han hecho posible disponer de comunicaciones del vehículo con todo (V2X), con tecnología celular, de manera directa, es decir, sin que sea necesario disponer de cobertura de red 5G en la zona y con un rendimiento similar a las que se realizan mediante DSRC. Esta otra tecnología, se conoce como C-V2X (celular vehículo con todo) y es la que ha tomado la delantera en países como Estados Unidos o China, en cambio, el uso de DSRC está más extendido en Europa y Japón.

En cuanto a las prestaciones, existen estudios que apuntan a un mayor rendimiento de C-V2X frente a DSRC y, aunque se trata de estudios realizados en un momento concreto sobre tecnologías que están en continuo desarrollo, parece que es innegable la mayor capacidad de integración en las redes móviles celulares de C-V2X frente a DSRC.

Hay que señalar que, ambas tecnologías no son compatibles. Es decir, un vehículo dotado de comunicación DSRC, no se podrá comunicar con otro vehículo o con una RSU que disponga de C-V2X. Sin embargo, en

su implementación interna, ambas disponen de idénticas capas de red, seguridad y capa de aplicación, diferenciándose únicamente en la denominada "capa de acceso al medio", por lo que algunas empresas (como, por ejemplo, Autotalks o Harman, del grupo Samsung), suministran dispositivos con una funcionalidad dual en ambas tecnologías.

Sin embargo, sólo el tiempo dirá qué tecnología dominará el mercado o si ambas coexistirán. Si bien ambas poseen el apoyo de compañías tecnológicas a nivel global, en este momento C-V2X cuenta con el apoyo de empresas que se consideran pesos pesados de la industria tecnológica, lo que le puede dar una ventaja sobre DSRC.

Lo que parece indudable es que esta carrera tecnológica y de prevalencia en el mercado retrasará la utilización masiva de estos dispositivos en los vehículos. Hay que tener en cuenta que, para que la comunicación V2V sea funcionalmente operativa, es necesario que en un radio de 300 m exista un número de vehículos suficiente con el sistema de comunicación V2V compatible instalado.

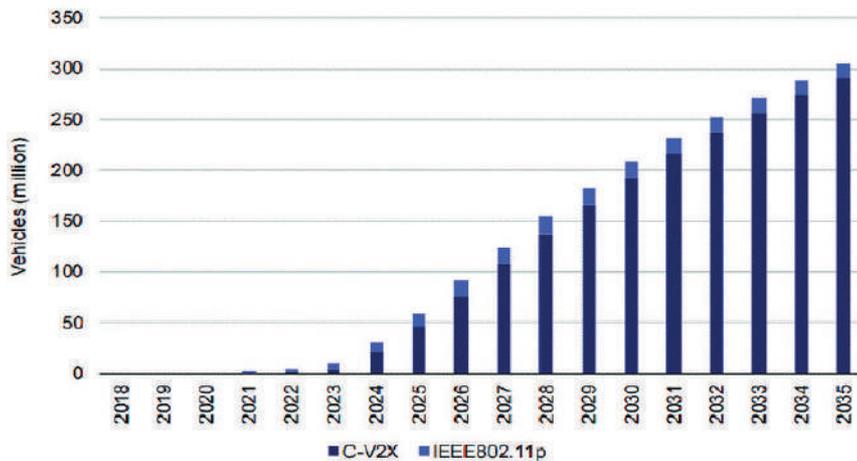


Figura 16. Proyección de vehículos equipados con DSRC (IEEE 802.11p) frente a C-V2X. Fuente: <https://www.researchgate.net/publication/>

tonomía en los vehículos que circulan por las vías públicas, dejando el protagonismo del conductor en un segundo plano. Sin embargo, durante un largo periodo de tiempo deberán convivir vehículos con diferentes niveles de conectividad y conductores con diferentes capacidades de adaptación a los nuevos escenarios. Por ello, el usuario y cómo se va a ver afectado por cada uno de los nuevos avances debe ser un elemento más en el proceso.

La evolución de los diferentes elementos que intervienen en el resultado final (infraestructura, vehículo, conectividad y usuario) no se dará de forma conjunta, sino que cada uno de ellos estará condicionado por diferentes aspectos que harán que lo haga más deprisa o de forma más pausada.

En este contexto se plantean los tres siguientes posibles escenarios para poder alcanzar el objetivo marcado de forma que tenga en consideración la realidad social actual:

1. Una evolución lineal de todos los elementos que intervienen.

Representa una evolución en la que todos los elementos que intervienen lo hacen al mismo ritmo.

Se trata de un escenario ideal pero no realista, dado que no solamente serían los usuarios quienes deberían adaptarse al cambio, sino también el parque de vehículos, entre otros. Estos lastrarían la implementación de las soluciones de vehículos conectados, que se vendrían desarrollando a una mayor celeridad.

2. Una evolución gradual o escalonada.

Este escenario podría considerarse como más idóneo. Se trataría de marcar el mismo ritmo de desarrollo para los diferentes agentes mediante hitos en espacios temporales acotados.

Comunicaciones de largo alcance

Hablamos en este caso, de la conexión a través de la infraestructura de las redes de telecomunicaciones.

En el caso de los vehículos (comunicación V2N), el uso de las redes 5G, permite la transmisión de datos a alta velocidad, habilitando el rápido acceso a servicios en la nube.

En el caso de las RSU ubicadas en la infraestructura viaria (comunicaciones I2N), la utilización de la infraestructura de las redes de comunicaciones permite el envío y recepción de datos desde los centros de control centralizados. Esta información puede ser reenviada, a su vez, hacia los vehículos situados en las proximidades

de la RSU, a través de las comunicaciones de corto alcance o hacia los peatones y ciclistas a través de sus dispositivos móviles, por lo que ambos modelos (corto y largo alcance) se complementan.

Para finalizar, se debe mencionar un aspecto muy importante a tener en consideración en este desafío tecnológico: la seguridad en las comunicaciones. Deberá seguir siendo prioritario preservar la privacidad de los datos, como puede ser la identidad tanto del vehículo como del conductor.

2.4. Usuarios

El avance del ecosistema conectado permitirá aumentar el grado de au-

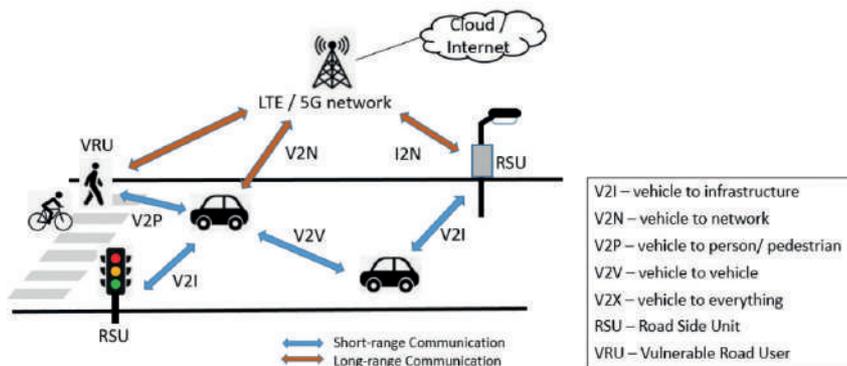


Figura 17. Sistema de comunicaciones V2X Fuente: Takahito Yoshizawa, Dave Singelée, Jan Tobias Mühlberg, Stéphane Delbruel, Amir Taherkordi, Danny Hughes, and Bart Preneel. 2022. A Survey of Security and Privacy Issues in V2X Communication Systems. ACM Comput. Surv. 99, 9, Article 999 (August 2022), 39 pages.

No obstante, requeriría de un mayor horizonte temporal puesto que la implementación de una mejora tecnológica en la infraestructura vendría de la mano con una adaptación paulatina de los vehículos y, sobre todo usuarios a la misma.

3. Una evolución desacompasada

Quedaría, además, un último escenario que se caracterizaría por tratarse de una evolución totalmente desacompasada en lo que respecta a la tecnología de las vías y el conjunto de usuarios/vehículos, que se daría de forma brusca.

En el marco de la seguridad vial, esta presenta nuevos retos que han de ser tratados y estudiados dado que un desarrollo desacompasado puede dar lugar a comportamientos muy heterogéneos entre los usuarios, debido a las diferentes conectividades de los vehículos en los que circulan y a las diferentes capacidades de los propios usuarios.

En cualquiera de los casos, la adaptación del parque de vehículos y de los usuarios a la nueva realidad debe ser tenida muy en cuenta, especialmente durante la fase transitoria.

3. Situación actual del ecosistema en España

3.1. Realidad de las carreteras

Según información recogida en la página web de la DGT, en el apartado de tecnología e innovación en carretera, las carreteras interurbanas españolas son recorridas por 13.000 km de fibra óptica y están monitorizadas con cerca de 10.000 dispositivos (entre cámaras, lectores de matrículas, aforadores y estaciones meteorológicas), todo ello gestionado por la DGT.

La red de carreteras de España

tiene, a 31 de diciembre de 2023, 165.375 kilómetros, de los cuales 26.459 km están administrados por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 71.145 km están gestionados por las Comunidades Autónomas y 67.770 km por las Diputaciones, sin contar la red a cargo de los ayuntamientos y las vías dependientes de otros organismos. De la totalidad de la red, 17.551 km son vías de gran capacidad (autopistas de peaje, autopistas libres, autovías y carreteras multicarril) por lo que la red de fibra óptica representa el 7,86 % del total de la red y el 74 % de las vías de gran capacidad.

Hay estudios que están valorando si es necesario adaptar las carreteras, sensorizando tramos para obtener información del tráfico y desarrollar la movilidad eléctrica y el vehículo autónomo o si con la entrada del 5G, su velocidad y ancho de banda, no será necesaria la adaptación de toda la red de carreteras.

La misma página menciona el proyecto AIVIA de Ferrovial en el que en una primera fase (2020 a 2022) mejoraría la infraestructura física de los distintos corredores (sensorización de las vías y dispositivos que van a proporcionar la seguridad vial adecuada). El avance de la tecnología permitirá que, de aquí a 2026, los corredores tengan tecnología suficiente para que

las tareas puedan ser más complejas, permitiendo la carga en carretera, la priorización del transporte público, el acceso a vehículos compartidos o carriles de emergencia virtuales. A partir de 2026 se podrá gestionar el tráfico de una forma más dinámica, maximizando capacidad, fluidez y flexibilidad de la red, ayudando a reducir congestión y contaminación.

A pesar de estas previsiones, en el primer informe sobre el vehículo conectado (VC) y el vehículo autónomo (VA) elaborado por la patronal de fabricantes de vehículos y camiones (ANFAC) en junio de 2022, España aparece en los últimos puestos del ranking internacional en cuanto a desarrollo de la tecnología necesaria para una conducción conectada y su aplicación a la infraestructura. El indicador que nos coloca en esta posición se compone de cuatro subindicadores provenientes de diferentes fuentes de información, tales como el Global Cybersecurity Index, Huawei Global Connectivity Index, Speedtest y Global Competitiveness Report, según las siguientes categorías: ciberseguridad, conexión, inversión tecnológica, y calidad y conectividad de la red de carreteras.

Los resultados obtenidos por subindicador y por indicador global son los reflejados en la figura 18:

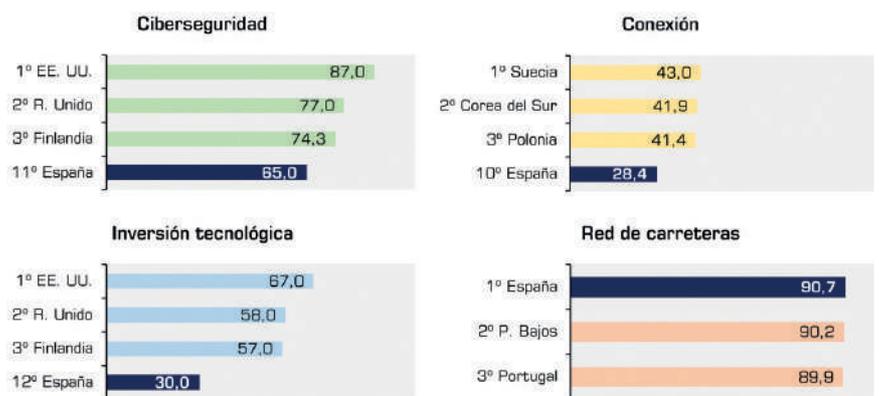


Figura 18. Resultados de indicadores
 Fuente: <https://anfac.com/wp-content/uploads/2022/06/Informe-sobre-Vehiculo-Autonomo-y-Conectado-2022.pdf>

La conclusión del informe de AN-FAC con respecto al indicador global es que España, con una puntuación de 50.5 sobre 100, se sitúa en los últimos puestos del ranking internacional principalmente por que la inversión de España en tecnología es mucho menor que en los países que lideran el ranking.

Aunque destaca la red de carreteras española tanto por calidad de la infraestructura como por km de vías rápidas, hay que tener en cuenta que en el informe mencionado se están analizando las carreteras que conectan las principales ciudades del país. Estas son en su mayoría vías de alta capacidad y no representan la realidad de la red de carreteras en la que existe gran heterogeneidad dentro de las infraestructuras viarias.

Valga como ejemplo la Red Foral de Carreteras de Gipuzkoa. La orografía de Gipuzkoa se caracteriza por su terreno accidentado, donde las carreteras discurren por estrechos valles que marcan las cuencas fluviales existentes y donde, ocasionalmente, se han de salvar considerables diferencias de cotas. De los más de 1300 km

con que cuenta la Red, se estima que solamente unos 147 km serían susceptibles de implementación de soluciones relacionadas con el vehículo autónomo, quedando al margen de este desarrollo otras vías de calzadas separadas y gran capacidad, en las que la existencia de enlaces y otros condicionantes, entre otros, impediría la implantación de estas soluciones.

El resto de las carreteras que componen la red también quedarían fuera, dado que se trata de vías de menor rango que dan servicio principalmente en ámbitos comarcales e inferiores, en las que son habituales la presencia de usuarios vulnerables -principalmente ciclistas-, existen un elevado número de accesos y que en muchas ocasiones discurren por núcleos urbanos en forma de travesía.

Por ello, la Red Foral de Carreteras de Gipuzkoa puede considerarse como una red heterogénea en términos de trazado y usos. Ante esta realidad, a priori, solamente se podría considerar como las vías de alta capacidad señaladas anteriormente como posibles emplazamientos que soportarían tecnologías del vehículo conectado, recordando que solamente suponen el 11% del total.

También conviene citar que estas cuentan con limitaciones en el trazado: alineaciones curvas consecutivas de radios reducidos -y en muchas ocasiones con peraltes insuficientes- y rampas/pendientes elevadas, entre otras. Si se quisiera primar la seguridad frente a otros aspectos como son el servicio de la vía, se requeriría replantear las velocidades de circulación en dichas carreteras.

Es aquí donde entran en escena otras inercias que determinarían la implantación de estas tecnologías, y que irían más allá de aspectos puramente técnicos: las reticencias del gestor y de los dirigentes políticos.

En este sentido se ha de poner en valor la posición de la figura del asesor de seguridad vial a quien, de forma transversal, le correspondería marcar el ritmo de la implantación teniendo en consideración todos los agentes involucrados.

3.2. Realidad de los vehículos

España cuenta con 24,7 millones de turismos con una edad media que supera los 13 años. La antigüedad del parque móvil no ha dejado de crecer desde la crisis económica de 2008. Seis de cada diez turismos matriculados en España superan los 10 años mientras que el 19 %, unos 4,7 millones de coches, supera los 20 años. Esto tiene un efecto considerable tanto para la contaminación atmosférica como para la seguridad vial, ya que el riesgo de fallecer o resultar herido grave en caso de accidente es el doble si se conduce un coche de entre 10 y 15 años en relación con los vehículos de menos de un lustro, según la Dirección General de Tráfico (DGT).

Las cifras empeoran en el caso de los camiones, cerca del 79 % supera la década, y de las furgonetas, ya que más de un tercio tiene más de 20 años. La conectividad de los coches se va incrementado, aunque tiene un grave problema: la desconexión de los vehículos antiguos. En la actualidad, apenas un 20% del parque automovilístico está conectado, por lo que queda mucho por hacer, según un estudio de GANVAM (Grupo Autónomo Nacional de Vendedores de Automóviles, Camiones y Motocicletas) y Movistar.

Las previsiones de GANVAM muestran que en poco más de cuatro años el 35% del parque estará conectado, mientras que en 2030 alcanzará en torno al 40%. Además, añade que, para esa fecha, el 100% de los coches de menos de cinco años estará conectado.

Resultado final

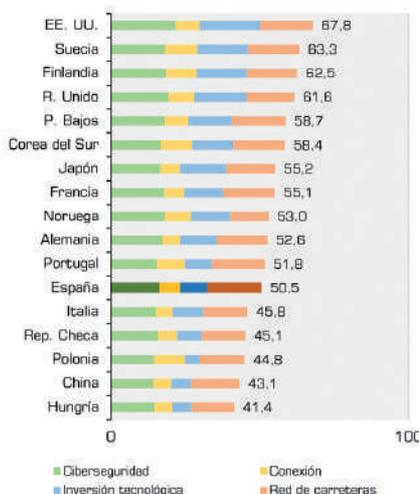


Figura 19. Ranking internacional del vehículo autónomo y conectado

Fuente: <https://anfac.com/wp-content/uploads/2022/06/Informe-sobre-Vehiculo-Autonomo-y-Conectado-2022.pdf>

El presidente de GANVAM ha resaltado que la conectividad es “el verdadero punto de inflexión de la movilidad”, y ha señalado que, “dado que renovar el coche por uno que cuente con conectividad de serie “no está al alcance de todos”, los servicios de terceros que dan la posibilidad de transformar un coche en uno inteligente ayudarán a democratizar un servicio con beneficios tanto para el conductor como para sentar las bases del negocio de la distribución que viene.

En este sentido, apunta que, si bien el desarrollo de la red de la nueva tecnología móvil 5G acelerará la implantación del coche conectado, la tecnología actual ligada a la popularización de los smartphones “permite que estos servicios ya sean posibles” gracias a servicios como Movistar Car, fruto de la alianza de GANVAM con Movistar.

3.3. Realidad de los usuarios

Desde tiempos remotos el ser humano se ha apoyado en la tecnología que ha ido desarrollando, y le ha permitido avanzar en diversos campos que le afectan al día a día, hasta llegar

al conjunto de la sociedad que es en la actualidad, con cierta idea de que “la tecnología lo soluciona todo”, pero pongamos en escena la evolución tecnológica vivida por el ser humano para entender que el paradigma planteado presenta ciertos matices que han de ser considerados.

El primer homo sapiens aparece en el año 300.000 a.C., pero no es hasta el año 4.000 a.C. cuando se inventa la rueda. El primer tramo de la Vía Apia, considerada como una de las calzadas más importantes de la antigua Roma, no fue ejecutada hasta el 300 a.C., y el primer vehículo motorizado con motor de gasolina obtuvo su patente en el año 1886, lo que cambió por completo el concepto de la movilidad. Finalmente, en los años 80, el ingeniero alemán Ernst Dickmanns convierte una furgoneta Mercedes-Benz en un vehículo autónomo guiado por visión y por una computadora integrada, considerándose así como precursor de lo que entendemos hoy en día como vehículo autónomo.

Sirva el ejemplo anterior para comprender que el crecimiento tecnológico se ha dado de forma exponencial. El espacio temporal existente entre su-

cesivas mejoras tecnológicas ha permitido al ser humano ir adaptándose a dichos cambios de forma paulatina, sin que ello le suponga un gran esfuerzo. No obstante, la rapidez en la que se han ido sucediendo los cambios, especialmente en los últimos tiempos, ha puesto de manifiesto una problemática subyacente cada vez más frecuente: la inercia social existente frente al cambio y el posterior gap o hueco que se genera

Recientemente se han dado situaciones en las cuales se ha podido constatar que el avance de la tecnología no favorece a todo el espectro de la sociedad del mismo modo. Un claro ejemplo se puede encontrar en las entidades bancarias. Estas, habiendo invertido grandes cantidades de dinero en el desarrollo de nuevos servicios y canales de comunicación con el cliente, se han encontrado con la problemática de que las personas mayores o sin capacidades han quedado fuera de dicha estrategia. Habiéndose llegado a leer titulares como “La banca abandona a los mayores”.

Finalmente, la banca no ha tenido más remedio y ha establecido medidas para adecuarse a estos colectivos

Tabla 1. Antigüedad del Parque de Vehículos. Fuente: DGT. Anuario Estadístico General 2023

Antigüedad	CAMIONES	FURGONETAS	AUTOBUSES	TURISMOS	MOTOCICLETAS	TRACTORES INDUSTRIALES	REMOLQUES y SEMIRREMOLQUES	OTROS VEHICULOS	TOTAL
Hasta 4 años	268.947	478.063	13.903	4.459.417	875.371	74.707	90.155	83.501	6.344.064
De 5 a 9 años	289.507	459.648	16.539	5.291.633	676.786	71.652	90.139	46.684	6.942.588
De 10 a 14 años	242.185	257.935	10.874	3.734.738	528.388	30.143	54.409	35.496	4.894.168
De 15 a 19 años	744.568	458.497	11.885	5.665.102	926.618	37.120	115.779	191.965	8.151.534
De 20 y más años	921.791	1.027.090	13.437	6.205.704	1.155.687	39.712	190.425	189.038	9.742.884
Total	2.466.998	2.681.233	66.638	25.356.594	4.162.850	253.334	540.907	546.684	36.075.238



Figura 20. Señal inteligente en intersección, EX-206 Cruce Yelbes



Figura 21. Señal inteligente en intersección, EX-106 Cruce Ruecas

y facilitar su acceso a los servicios financieros. Este ejemplo es totalmente extrapolable a lo que podría suceder en un futuro -no muy lejano- en lo que respecta al vehículo conectado, lo que nos lleva a la siguiente cuestión.

¿Es el ritmo de avance tecnológico adecuado para todas las partes?

Nuevamente, todo hace apuntar a que la tecnología está yendo muy deprisa y sin considerar a algunos de los agentes involucrados (vehículo/usuario).

Esta coyuntura da lugar al planteamiento de las siguientes cuestiones:

- ☒ ¿Hasta qué punto es posible reducir el gap existente entre la evolución tecnológica, la antigüedad del parque de vehículos y la adaptación del usuario?
- ☒ ¿Cuáles han de ser las políticas plantear para permitir la circulación por las infraestructuras que cuentan con un elevado grado de desarrollo? ¿Cabría la posibilidad de aplicar políticas de expulsión para ciertos vehículos en infraestructuras concretas, tal y como se lleva a cabo hoy en día en determinadas áreas metropolitanas?
- ☒ ¿Cuáles la posición del auditor de seguridad vial durante el proceso?

4. Experiencias

Existen innumerables proyectos y experiencias que materializan la evolución de la movilidad y las ayudas a la conducción mediante la conectividad y los sistemas ITS. Retomando el Plan ITS de la DGT citado en el apartado 2.2. Infraestructura Conectada, se exponen tres ejemplos de estos sistemas llevados a cabo en carreteras de la red española.

Señales inteligentes en intersecciones

En la Red Autonómica de Extremadura se ha instalado un sistema de señales inteligentes en el cruce de Yelbes, en la carretera EX-206 y en el cruce de Ruecas, carretera EX-106, con el fin de alertar con antelación a los conductores de la vía principal si un vehículo se aproxima a las intersecciones por la vía secundaria. La detección de este vehículo se realiza mediante un sensor que por radiofrecuencia activa el mensaje de alerta en la señalización LED instalada en ambos sentidos en la vía principal con la suficiente antelación al cruce. La señalización LED se ilumina durante un periodo de 8 a 16 segundos, desde la última detección realizada.

Sistema de detección y alerta de niebla densa en autovía

También en la red autonómica de Extremadura, concretamente en la autovía EX-A1 se ha instalado un sistema de sensores de alerta por visibilidad reducida unido a un panel informativo luminoso de mensaje adaptable a cada necesidad, si bien en este caso particular se utiliza siempre el mismo mensaje: "PELIGRO NIEBLA DENSA". Dicha señal de aviso se activa y se desactiva en función de la visibilidad detectada por los sensores.

Por la climatología de la zona, a su situación geográfica, a la orografía por la que discurre su traza y a los cauces



Figura 22. Señal de alerta de niebla densa, EX-A1

fluviales cercanos a la misma, se producen recurrentes fenómenos de nieblas. Esta situación provoca episodios de escasa visibilidad en tramos muy variables en cuanto a la longitud, que van desde decenas de metros en zonas puntuales y aparentemente aleatorias hasta la totalidad del trazado (de casi 100 km) con el consiguiente riesgo para la seguridad vial.

El sistema permite conocer en tiempo real datos sobre las condiciones de visibilidad, rangos de carga de las baterías y paneles solares, temperatura de cada elemento y geoposición del sistema. Cada vez que se activen y desactiven las señales desde el router/modem se emite una alerta (vía SMS, correo electrónico, etc.) que llega al centro COEX y al Servicio de Conservación de la Junta de Extremadura.

Se está estudiando la opción de facilitar dicha información al Centro de Control de Tráfico para que estos a su vez activen los paneles de señalización con mensaje variable instalados en la autovía EX-A1, así como la posibilidad de mejorar el sistema mediante la colocación de balizamiento inteligente en el subtramo más conflictivo, lo cual serviría de gran refuerzo como información al usuario.

Detección y señalización dinámica de fauna salvaje

Ante la problemática de los accidentes originados por la fauna salvaje en nuestras carreteras, se están desarrollando e implantando diversos sistemas de detección y señalización dinámica que avisan al conductor para que disminuya la velocidad y evite el accidente.

En la carretera CA-171 Reinosa-Corconte, con la CA-727, acceso a La Riva se ha instalado un sistema de señales luminosas y balizas enfocado a avisar al vehículo de la presencia de animales, también de pequeña altura

(desde 20-25 cm), que consiste en una doble detección, del animal mediante barrera infrarroja y del vehículo mediante radar.

La alarma salta cuando coinciden ambas detecciones, advirtiendo al conductor de la presencia de un animal en la calzada mediante el encendido de balizas y las señales P-24 de uno y otro lado. En el caso en el que no pase ningún vehículo, tanto las señales como las balizas permanecen apagadas para no modificar el comportamiento de los animales. La barrera de detección cuenta con un sistema antiescarcha, un sistema inteligente de detección de falsas alarmas. Las señales al igual que las barreras se alimentan de forma autónoma mediante un sistema solar. Las comunicaciones entre los distintos elementos (señal-barrera-balizas) se realizan por radio frecuencia, sin cables. Las balizas (opcionales) se alimentan por energía fotovoltaica y estarían conectadas a las señales mediante un cable para que su funcionamiento sea sincronizado entre ellas y con las señales

Otro sistema Inteligente de Paso a Nivel de Fauna lo podemos encontrar instalado en Manzaneruela (Cuenca) para el MITMA y en Palencia para la Junta de Castilla y León.

El sistema consta de un vallado cinescópico a cada lado del tramo en el lugar donde cruzan habitualmente los animales, dejando un tramo intermedio en todo el recorrido sin valla, con el objetivo de que los animales pasen por dicho tramo (Paso a Nivel) y son detectados mediante una barrera fotoeléctrica infrarroja de 4 haces. Si se detecta un animal en la calzada se activan dos señales electrónicas P-24, una en cada sentido. Cuenta con alimentación solar de todos los elementos, señales, detectores y comunicación por radiofrecuencia entre todos los elementos. Además, el sistema está dotado con registro de detección de animales, con fecha, hora y margen de la carretera activado y comunicación Bluetooth con App Android específica para descarga del registro de activaciones y posterior análisis.

Por último, destacar el sistema de señalización con detección remota para evitar atropellos de lince que el MITMA ha instalado en tramos de la N-432, A-66, A-5 y N-630 en la Comunidad Autónoma de Extremadura.

El sistema capta la señal de muy alta frecuencia VHF (Very High Frequency) que emiten los collares de seguimiento que han sido colocados por la Junta de Extremadura en los lin-

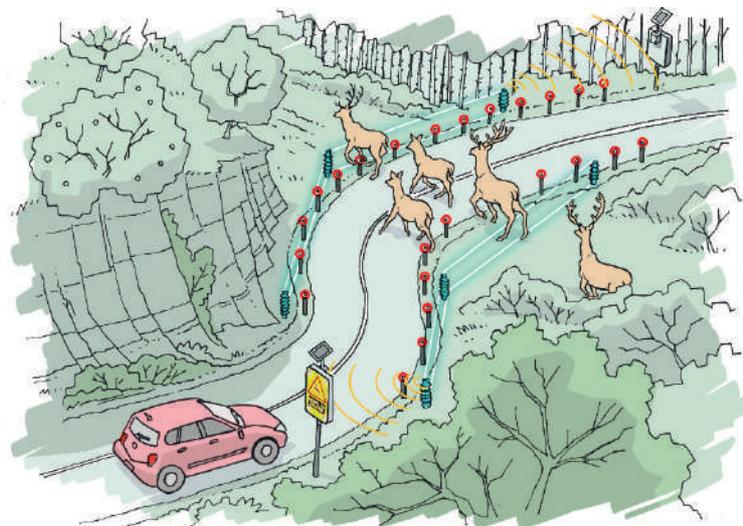


Figura 23. Sistema de detección de fauna salvaje

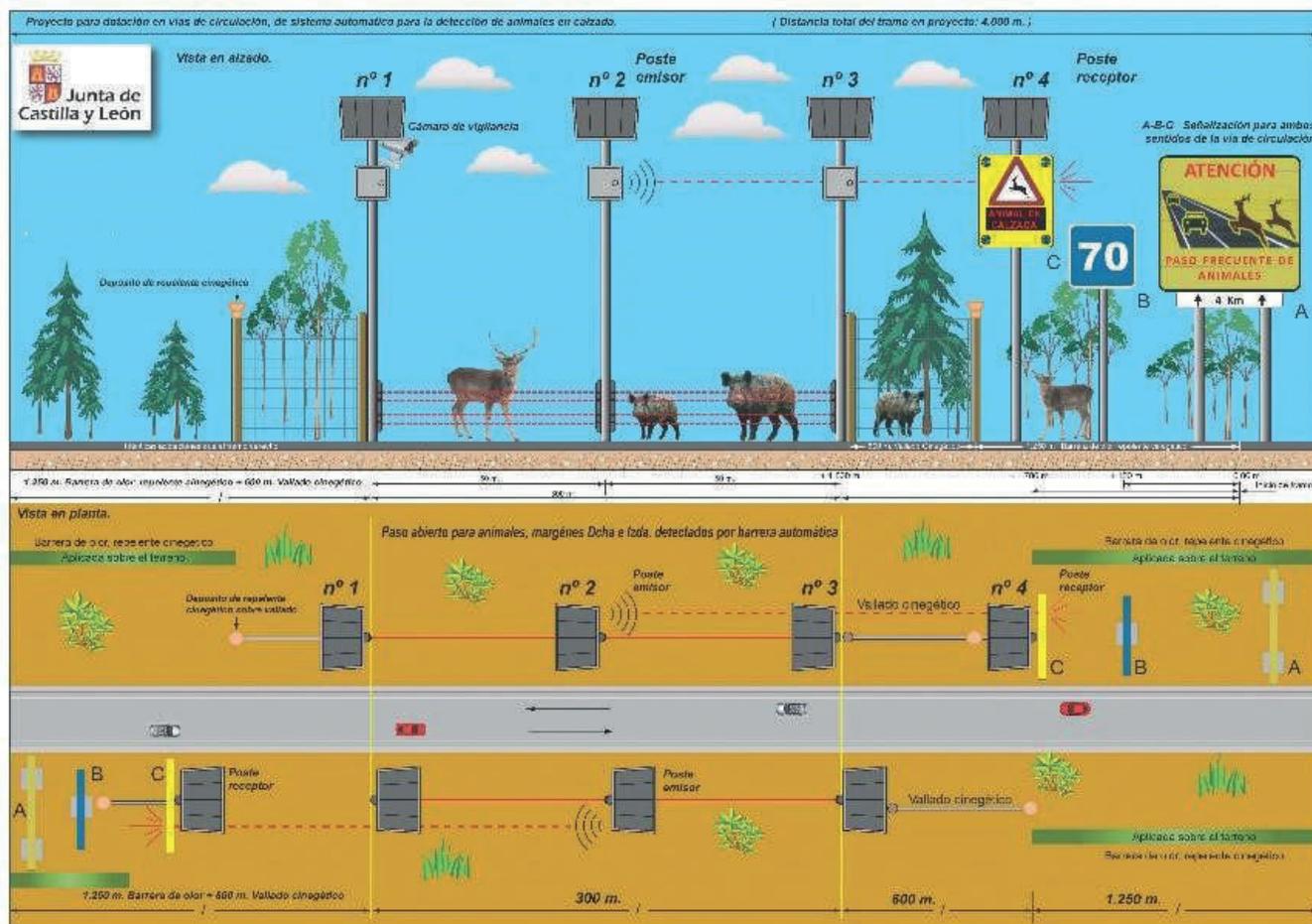


Figura 24. Sistema de detección de fauna salvaje

ces. Actualmente, el número de ejemplares que disponen de estos collares supera ya la media centena y va en aumento. Una vez recibida la señal de VHF, se activa un completo conjunto de equipos interconectados instalados en los puntos de actuación de la calzada (receptores de VHF, cámaras, equipos de transmisión, baterías y señales LED, entre otros) que solo funcionan al detectar dicha presencia. Una vez activados, permanecen encendidos durante un tiempo prefijado (actualmente unos 15 min) y posteriormente se apagan un minuto. Si se sigue detectando presencia, se vuelven a encender. Estos equipos permanecen apagados en caso contrario, evitando así el efecto de “permanencia” y “cotidianidad” que implica que los usuarios no presten atención a dicha señalización.



Figura 25. Sistema de detección de fauna salvaje

También se ha mencionado ya la plataforma DGT 3.0 desarrollada dentro del Proyecto Europeo C-Roads Spain. El objetivo del proyecto es lograr el despliegue armonizado de sistemas ITS cooperativos (C-ITS). Concluyó en junio de 2021.

C-ITS: básicamente tratan de conseguir el intercambio de información entre los Vehículos y la Infraestructura (V2I) así como entre los propios vehículos (V2V) a través de tecnología desplegada en las carreteras (RSU-Road Side Unit) y tecnología desplegada en los vehículos (OBU – On Board Unit)

Se desarrollaron 5 proyectos: DGT 3.0, SISCOGA Extended, Madrid, Cantábrico, Mediterráneo.

En todos los pilotos se equiparon diversos tipos de vehículos (autobuses, vehículos de emergencia, vehículos de mantenimiento, vehículos ligeros, taxis, y se instalaron RSU en diversas ubicaciones

El proyecto más conocido y que sigue vigente es DGT.3.0 , consiste en una plataforma intermedia de tecnología de internet de las cosas (IoT) entre los actores y el usuario final que hace uso de las vías de circulación. Esta plataforma constituye un punto de acceso de información única, gratuita y veraz en tiempo real sobre los que está sucediendo en las carreteras y vías urbanas, información de gran valor para todo el ecosistema de movilidad permitiendo así lograr una movilidad más segura e inteligente.

El conductor puede recibir información, por ejemplo, de la presencia de ciclistas en la vía que comunican su posición mediante dispositivos adosados a la equipación del ciclista o en la propia bicicleta; presencia de obras en la carretera a través del uso de conos conectados que se colocarán en las secciones de la vía donde se esté trabajando, averías en la carreteras por medio de las balizas V16 que una vez activadas por el usuario

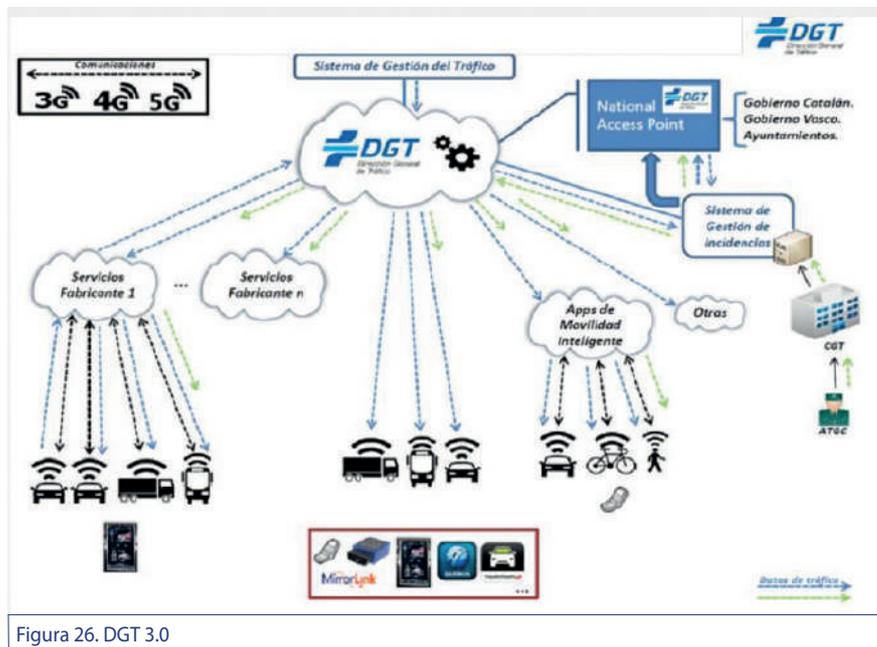


Figura 26. DGT 3.0

en caso de avería o accidente, se conectarán a la DGT 3.0 para transmitir su ubicación; incidencias como atascos, niebla o hielo a partir de datos suministrados por los sensores de los vehículos y otros muchos casos de uso puestos ya en marcha que proporcionarán datos en tiempo real de los peligros potenciales que el conductor va a encontrar en su recorrido minimizando así el riesgo de sufrir un accidente.

El resto de los proyectos, Piloto Madrid (32 km), Piloto Siscoga extendida (150 km), Piloto Cantábrico (75 km) y Piloto Mediterráneo (125 km), probaron los siguientes servicios en conjunto:

- Alerta de obras
- Condiciones meteorológicas
- Vehículo lento o parado
- Alerta de retención
- Límite de velocidad
- Aproximación de vehículo de emergencia
- Información del tráfico
- Optimizador de rutas
- Información de aparcamiento

- Velocidad óptima para pasar semáforos en verde
- Violación de señales en intersecciones
- Recarga de combustibles alternativos
- Detección automática de niebla
- Alerta de riesgo por colisión
- Atenuación del efecto acordeón

Se obtuvieron resultados satisfactorios en la reducción de:

- Número de frenazos, aceleraciones y deceleraciones
- Número de veces que un vehículo excede el límite de velocidad
- Número de cambios de carril.
- Del tiempo de reacción
- De la velocidad en caso de eventos meteorológicos
- De los tiempos de viaje
- Consumo de combustible y de emisiones contaminantes

Problemas que surgieron:

- Inmensa cantidad de datos registrados por los vehículos.

- Problemas técnicos, como averías, carga de los dispositivos, problemas de cobertura, ataques informáticos.
- Filtrado de mensajes: mensajes de otros vehículos con comunicación V2V que no formaban parte del piloto, lo que indica que la tecnología está más extendida de lo que nos pensamos.
- A veces se comunicaban alertas del sentido contrario de la vía.

Lecciones aprendidas:

- Es mejor la integración de los sistemas en el vehículo para evitar distracciones
- Punto clave de los pilotos: la integración de equipos de distintos fabricantes
- Usuarios no quieren pagar por servicios C-ITS
- Son imperativas las comunicaciones híbridas para aumentar el potencial de los servicios

5. ¿Qué falta?

Para conseguir un ecosistema de vehículo conectado viable hay que resolver un mínimo de cuestiones técnicas y funcionales:

1. Que los elementos participantes en el ecosistema (vehículos, infraestructura y otros) puedan generar información, almacenarla y procesarla, aquí intervienen los sensores, los dispositivos de memoria y el sistema operativo y el software.
2. Que estos mismos elementos participantes puedan comunicarse con el resto del ecosistema, mediante un protocolo de datos común entre fabricantes y su estandarización, esto implica la utilización del mismo lenguaje con la misma formulación de mensajes, la compatibilidad con una red de

comunicaciones o varias mediante protocolos de transporte estandarizados y de manera implícita esto conlleva unos requerimientos de seguridad y privacidad .

3. La orquestación del ecosistema, normas que permiten gestionar el comportamiento de todos los elementos participantes gestionando: la coherencia de los mensajes recibidos, la prioridad ante mensajes contradictorios, el aseguramiento de la identidad, la actualización del software y del firmware (programa básico que controla los circuitos electrónicos de cualquier dispositivo), actualizaciones OTA (over the air) es decir, la actualización inalámbrica de nuevo software o firmware.
4. La definición de comportamientos de los vehículos referente a la información recibida del resto de elementos y establecimiento de la jerarquía de la información, es decir, frente a diversa información

recibida simultáneamente cual es la preferente.

5. La distribución de costes de implantación, que parte asume cada componente implicado: las administraciones, los fabricantes y los particulares.

6. Conclusiones

El estado del arte de la tecnología, tanto a nivel de comunicaciones como a nivel de sistemas de automatización de vehículos, ya no es un impedimento para la implantación de ecosistemas de vehículo conectado.

Es necesario centrarse en que los distintos participantes en la industria, fabricantes de automóviles (y componentes), autoridades con responsabilidad en la gestión del tráfico y proveedores de comunicaciones puedan colaborar sobre unos estándares válidos para toda la industria y en todas las geografías.

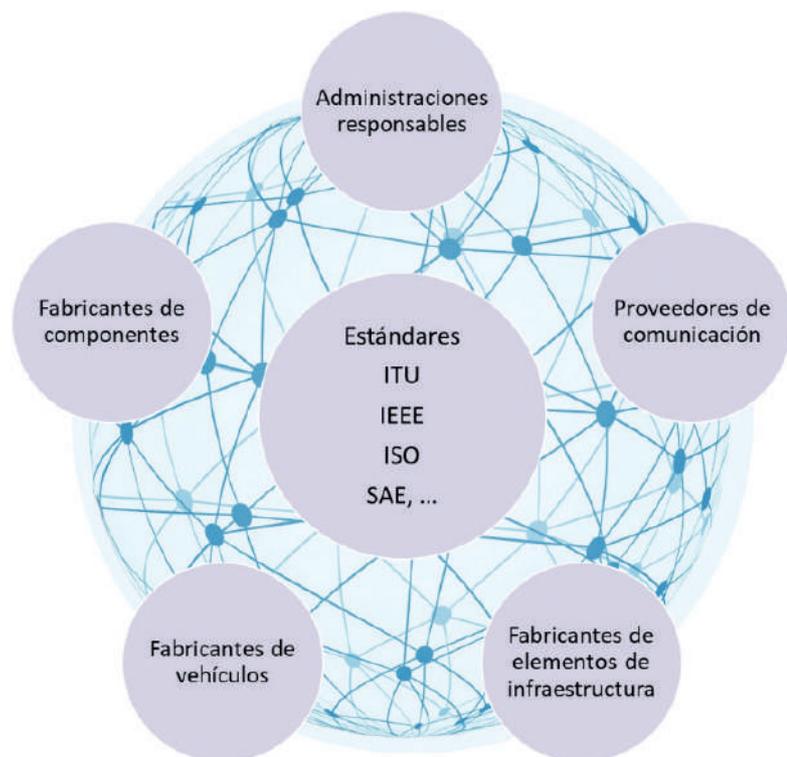


Figura 27. Coordinación de todos los actores

En cualquier caso, el establecimiento de la conducción conectada y en un futuro autónoma va a implicar por un lado la necesidad de aumentar y mejorar considerablemente la conectividad de la red viaria implantando la tecnología necesaria para tener vehículos conectados, y por otro, el mantenimiento y mejora de las infraestructuras de la carretera. Ambos aspectos requieren inversiones importantes por lo que sería bueno tener claras las prioridades y el camino a seguir en cada momento. Para conseguir ir en la dirección adecuada sería importante contar con la comunicación constante entre los actores implicados agrupados o coordinados por una entidad que se aunase los esfuerzos a nivel nacional e incluso internacional.

No hay que olvidar que el usuario es el objeto de la seguridad vial. Todo lo anteriormente expuesto se encuentra recogido en la Estrategia de Seguridad Vial 2030 española, que persigue consolidar una cultura de la movilidad segura para avanzar hacia la Visión Cero en 2050 en la que ninguna persona resulte fallecida ni herida grave por un siniestro vial. La estrategia adopta el enfoque del sistema seguro, administraciones, poderes públicos, empresas, organizaciones y usuarios comparten la responsabilidad de prevenir los siniestros y evitar que los errores humanos provoquen muertes o heridos graves protegiendo así a todas las personas que comparten las vías públicas, para ello se han definido 62 líneas de actuación agrupadas en 9 áreas estratégicas.

De entre todas las líneas de actuación se encuentran directamente alineadas con el vehículo conectado la línea 4.4. Potenciar la gestión del tráfico segura, sostenible e inteligente del área estratégica Vías seguras en la que se promueve el modelo de gestión del tráfico orientado a la fluidez y seguridad de la circula-

ción basado en la comunicación de información en tiempo real al usuario y continuando con el desarrollo e implantación de equipamiento y sistemas ITS en la línea de la plataforma DGT 3.0. Igualmente, en el área estratégica Vehículos seguros y conectados se aborda la seguridad de los vehículos que conforman el parque español se destacan las líneas 5.4 Potenciar la conectividad e impulsar un despliegue seguro de los vehículos autónomos con el objetivo de potenciar la contribución de la conectividad a una movilidad segura mediante el desarrollo de nuevos casos de uso, sentar las bases normativas para el despliegue de la conducción automatizada y consolidar a España como laboratorio de pruebas del vehículo autónomo; 5.5 Minimizar las distracciones e integrar de manera segura las nuevas tecnologías de los vehículos en la que, entre otros aspectos, se presta atención a la relación entre el diseño de los vehículos nuevos y el riesgo de las personas mayores de 64 años que conducen, cuyo número se incrementará significativamente durante la vigencia de la Estrategia; y 5.6 Apoyar las políticas nacionales sobre vehículos y las ayudas a la renovación del parque en la que se apoyan las políticas nacionales de impulso del sector del automóvil, en cuanto suponen de renovación y mejora de las características de seguridad del parque de vehículos.

7. Referencias

- [1] Cuando el coche está conectado con las infraestructuras: así funciona la comunicación V2I (RACE, <https://www.race.es/v2i-coche-conectado-con-la-infraestructura>)
- [2] Seguridad tecnológica al alcance de la mano (DGT, <https://revista.dgt.es/es/reportajes/2021>

/03MARZO/0317portada-DGT-seguridad-tecnologica.shtml)

- [3] Modelo OSI (Open Systems Interconnection)
- [4] <https://www.dgt.es/muevetecon-seguridad/tecnologia-e-innovacion-en-carretera/sistemas-inteligentes-de-transporte-its/>
- [5] <https://www.mitma.gob.es/carreteras/catalogo-y-evolucion-de-la-red-de-carreteras>
- [6] <https://www.ferrovial.com/es-es/negocio/proyectos/aivia-corredores-conectados-orquestados/>
- [7] ANFAC | Informe sobre Vehículo Autónomo y Conectado – Edición 2022
- [8] <https://www.rtve.es/noticias/20211130/antiguedad-coches-automoviles-espana-por-provincias-parque-movil/2231740.shtml>
- [9] Antigüedad del parque de vehículos en España, por provincias (rtve.es)
- [10] ¿Cuántos coches conectados hay en España? (cocheglobal.com)
- [11] DGT - DGT 3.0
- [12] DGT - Seguridad vial 2030 ❖

Hacia la Agencia de Transporte del Futuro.

El papel de los organismos de transporte en la configuración de las tecnologías y modelos de servicio que formarán parte del Ecosistema de la Movilidad del Futuro



José Manuel Blanco Segarra

*DGC, Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible
Secretario del CT 1.1 de PIARC
Socio de Mérito de la ATC*

Comencemos aclarando que la expresión “Agencia de Transporte del Futuro” debe entenderse en el contexto internacional de creciente empleo del término “Agencia” para lo que en países de tradición administrativa como el nuestro se denominaría normalmente como “Administración”, y de creciente empleo asimismo del término Transporte, sustituyendo, y a veces acompañando, al de “Carretera” para enfatizar el servicio que tal infraestructura presta siendo cierto además que, en muchos países, las Administraciones de Carretera (AdC) tienen mayores o menores competencias en materia de transporte, circulación y movilidad lo que redundará en la preferencia, sobre todo en el mundo anglosajón, por tal expresión. Así pues, en nuestro contexto esa expresión debemos entenderla

como “Administración de Transporte del Futuro” y referida a la Carretera. Aclarado esto, entremos en la materia:

“La mejor manera de predecir el futuro es crearlo (Peter Drucker)” es la cita que encabeza el extenso y detallado informe 2023R01ES “El papel de los organismos de transporte en la configuración de las tecnologías y modelos de servicios disruptivos” elaborado por el GT2 del Comité Técnico 1.1 de PIARC, objeto principal de este artículo.

Junto con la Innovación como tema general, la “Agencia de Transporte del Futuro” ha constituido durante el ciclo 2020-2023 de PIARC la base transversal del debate del CT 1.1, presidido por Christos Xenophontos (Estados Unidos). En este artículo, además de reseñar

productos elaborados por el comité durante los últimos ciclos, a cuya lectura y difusión se anima, se expone y comenta el concepto nuclear del extenso informe elaborado por el GT2, que ha estado coliderado por Jonathan Spear (Reino Unido) y Anne-Sevérine Poupeleer (Bélgica), esto es: el Ecosistema de la Movilidad del Futuro y el papel que en él pueden, y deben, desempeñar los organismos de transporte, sea cual fuere su naturaleza, evolucionando hacia la Agencia de Transporte del Futuro.

La Agencia de Transporte del Futuro como nuevo tema paraguas del CT 1.1

En el ciclo 2024-2017 que ahora comienza, y acorde con el Plan

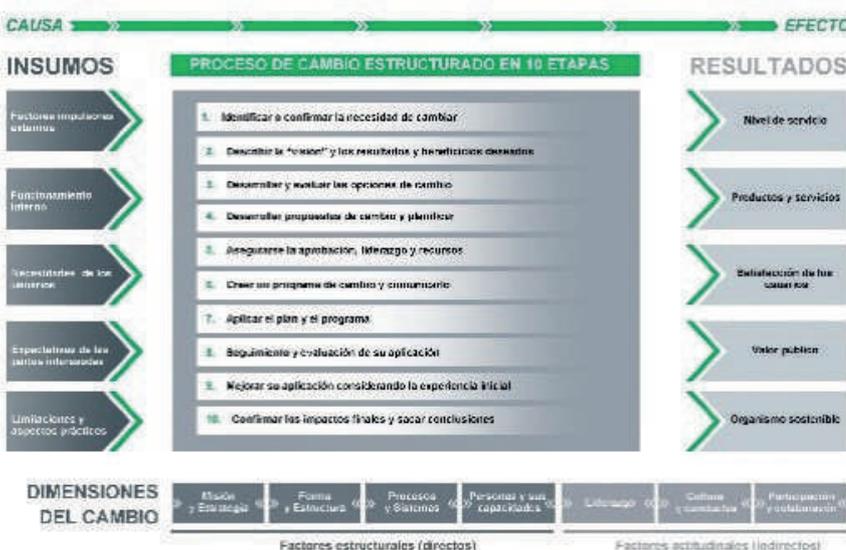
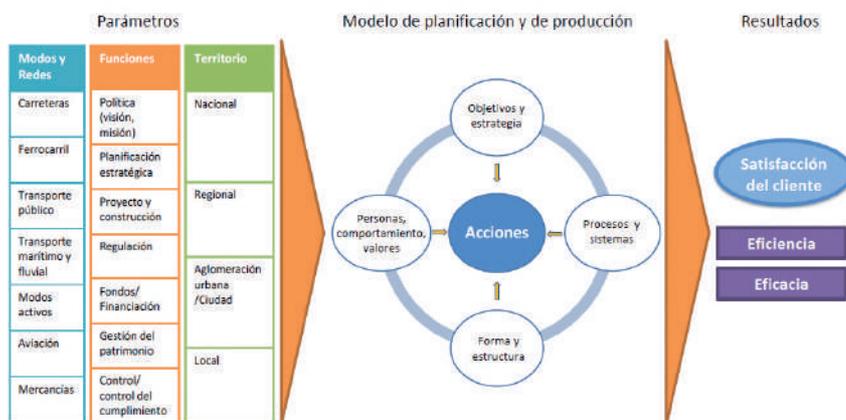
Estratégico de PIARC, el tema paraguas del CT 1.1 será la “Agencia de Transporte del Futuro” y las dos metas encomendadas son, por una parte, profundizar en tres temas: la Agencia de Transporte del Futuro en sí, la creación de “Valor Público”, y el refuerzo de la fuerza de trabajo mediante la modernización de habilidades y la mejora de la diversidad, la equidad y la inclusión; y por otra parte, investigar en paralelo, cómo mejorar la imagen y posición ante el público y las partes interesadas.

Visión general de la labor previa realizada durante ciclos anteriores acerca de la gobernanza y factores de cambio

A lo largo de los últimos ciclos de PIARC, el CT 1.1 “Funcionamiento de las Administraciones de Transporte” ha ido profundizando en su estudio sobre la organización, funcionamiento, estrategias, cultura, comunicación, tendencias, tecnologías emergentes y disruptivas, factores externos de cambio y contexto, gestión del cambio, creación de valor público, experiencia de cliente, y la diversidad y el talento, resultando, entre otras, la creciente evidencia de que los organismos de carreteras y transporte han de innovar y evolucionar para dar respuesta a los múltiples e interconectados desafíos presentes y venideros a los que se enfrentan.

Nótese que, con el paso del tiempo, la denominación del comité ha ido evolucionando de Funcionamiento de las Administraciones de Carreteras a Funcionamiento de las Administraciones de Transporte como reflejo de que tales Administraciones no deben identificarse por las infraestructuras que gestionan sino por los servicios que prestan a la sociedad, con las consecuencias

Elaboración de un modelo conceptual



de todo tipo que de tal visión deben derivarse.

Anteriormente, en el ciclo 2012-2015, el CT 1.1 se había centrado en la gobernanza multimodal, sus tendencias y resultados, y los cambios observados en algunos países hacia la creación de agencias de transporte integradas dotadas de responsabilidades, recursos y competencias sobre diferentes modos y redes de transporte, por lo que elaboró un Modelo Conceptual para la articulación, desarrollo y aplicación de acciones, y una Guía Práctica para la colaboración multimodal, todo lo cual fue objeto del informe 2016R23ES “Evolución de la es-

tructura y funciones de las administraciones de transporte”. EL CT también se ocupó entonces de la importancia de las buenas prácticas en los marcos de funcionamiento y de la adecuada emisión de informe (reporting) concerniente a dicho funcionamiento y a sus efectos en la sociedad para así poder demostrar la creación de “valor público” y para ayudar a la toma de decisiones que estuviesen bien centradas en atender las necesidades y satisfacción de los clientes (usuarios), lo cual fue el objeto del informe 2016R22ES “Guía de buenas prácticas para marcos del funcionamiento”. Y analizó asimismo que todo ello debía estar encuadrado en una buena



gobernanza que incluyese, entre otras, eficaces medidas anticorrupción, lo que fue tratado en el informe 2016R21ES “Buena gobernanza y medidas anticorrupción”.

En el ciclo 2016-2019, ante las crecientes y variadas presiones sobre los organismos públicos de transporte, orientadas a cambiar la forma en que estaban planificando, organizando y prestando sus servicios, y también ante el auge de nuevas tendencias tecnológicas y sociales sumadas a la voluntad política de obtener mejores resultados empleando para ello menos recursos públicos, el CT estudió el importante papel de la cultura organizativa y de la gestión del cambio a la hora de dar buena respuesta, en el convencimiento de que los organismos que anticipan, planifican, implementan y saben comunicar los cambios de manera estratégica sabrán alcanzar mejor el éxito. Con tal objeto desarrolló un Marco Conceptual de la Gestión del Cambio y un proceso asociado estructurado en diez etapas, así como principios y directrices, plasmado en el extenso informe 2019R21ES “Evaluación de la transformación de las administraciones de transporte”.

En paralelo estudió asimismo qué podría consistir un buen Plan Estratégico y sus Indicadores Clave de Funcionamiento (ICF), de manera que los resultados fuesen

Cómo se quieren sentir nuestros clientes



importantes a los ojos del público y se conviertan en factores impulsores de cambios que busquen generar valor destinado a los ciudadanos. Concluyó la importancia de un buen “Informe Integrado” (IR), objeto del informe 2019R22ES “Marco para medir la eficacia y eficiencia de las administraciones de transporte”. Y asimismo estudió que en el Plan Estratégico debe incluirse el establecimiento de una cultura de transparencia y de rendición de cuentas, lo cual fue el objeto del informe 2019R15ES “Buen gobierno y medidas anticorrupción y de respuesta” y que puede considerarse una continuación de los informes 2012R18ES “Guía práctica de integridad institucional” y 2012R17ES “Buenas Prácticas en materia de gobernanza”.

Productos del CT 1.1, durante el ciclo 2020-2023, acerca de la Experiencia de Cliente y Valor Público, el papel de los organismos de transporte, y la Gestión de la Diversidad y el Talento

En el ciclo 2020-2023 recientemente finalizado, el CT 1.1 ha acentuado su atención en los usuarios entendidos como clientes y en la creación de valor público y la emisión de informe por los organismos

de carreteras y transporte, con el fin de recabar conocimientos que contribuyan a obtener mejores resultados operativos y estratégicos, ahora con el foco puesto en los niveles de aquellos servicios orientados al cliente en los que se base la gestión de activos, los principales factores externos impulsores que más influyan en la dirección estratégica y decisiones en lo que respecta a los clientes, la manera en que es captada la creación de valor público, y en las prácticas acerca de comunicación y de participación de la comunidad, recogiendo sus resultados en el informe 2023R06ES “Experiencia del cliente y creación de valor público”, que fue precedido por el informe 2022R26ES de análisis de Estudios de Caso sobre esa materia.

Otra línea de investigación desarrollada por el CT 1.1, y que servirá de base principal para la labor sobre la Agencia de la Movilidad del Futuro que realizar durante el ciclo 2024-2027, ha sido la llevada a cabo por el GT2 del CT 1.1 plasmada en el detallado e innovador informe 2023R01ES “El papel de los organismos de transporte en la configuración de las tecnologías y modelos de servicio disruptivos”, un resumen del cual ha sido el objeto del informe 2023R02ES. Su temática ha partido del hecho de que las grandes innovaciones, impulsadas



principalmente por el sector privado, y la convergencia de las nuevas tecnologías y modelos de servicio con la economía compartida para conectar entre sí a las personas, lugares y cosas, están creando rápidamente ecosistemas de creciente complejidad, lo que a su vez está dando lugar a que los organismos de transporte hayan de reevaluar sus respectivos marcos políticos y normativos, modelos de negocio, infraestructuras y conceptos de servicio al cliente, así como reconsiderar sus estructuras organizativas internas, aptitudes y capacidad. Es en dicho informe 2023R01ES en el que, como se expondrá a continuación, se ha realizado un estudio preliminar acerca del Ecosistema de la Movilidad del Futuro y de la Agencia de Transporte del Futuro.

En paralelo, y puesto que los emergentes y disruptivos avances tecnológicos están fomentando que las Administraciones de Transporte revisen hasta qué punto gestionan de forma proactiva su habilidad y capacidad para atender las actuales y futuras necesidades de sus clientes, el CT 1.1 ha elaborado asimismo el informe 2023R12ES “Definición y promoción de la gestión de la diversidad y de los nuevos talentos. Centrándonos en las personas” cuyo objetivo ha sido dilucidar cuestiones y enfoques para la promoción y gestión de la diversidad y el talento.

Además, durante el ciclo 2020-2023 el CT ha llevado a cabo revisiones bibliográficas, encuestas internacionales, mesas redondas y estudios de caso, habiendo emitido informes específicos y artículos al respecto, todos ellos disponibles en el sitio web de PIARC, siendo aquí de destacar los tres informes previos al informe final del GT2, concretamente el informe 2022R19ES acerca de la Mesa redonda celebrada con el sector privado, el in-

forme 2022R18ES acerca de la encuesta PIARC realizada y el informe 2022R27ES de síntesis de los doce estudios de caso recabados, siendo dos de ellos de organismos españoles.



El Ecosistema de la Movilidad del Futuro y las actitudes ante él de los organismos de transporte

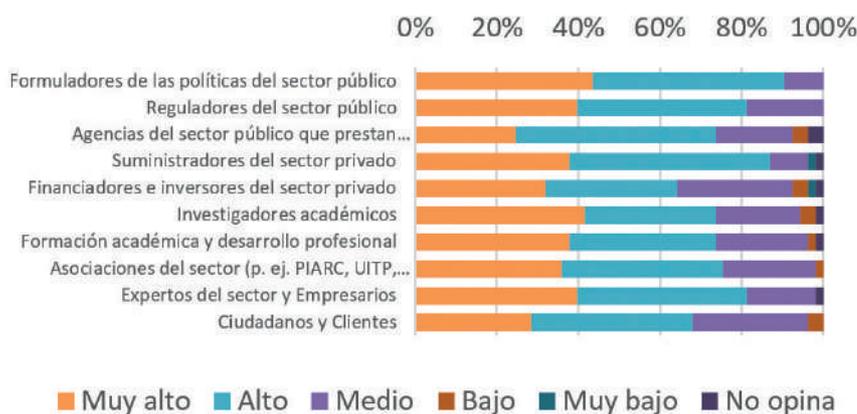
La combinación que abarca múltiples modos y redes, nuevas tecnologías, sistemas, adaptaciones de infraestructuras, así como plataformas de datos y modelos de servicio, está causando disrupciones en el sector del transporte y la movilidad, desarrollando propuestas cre-

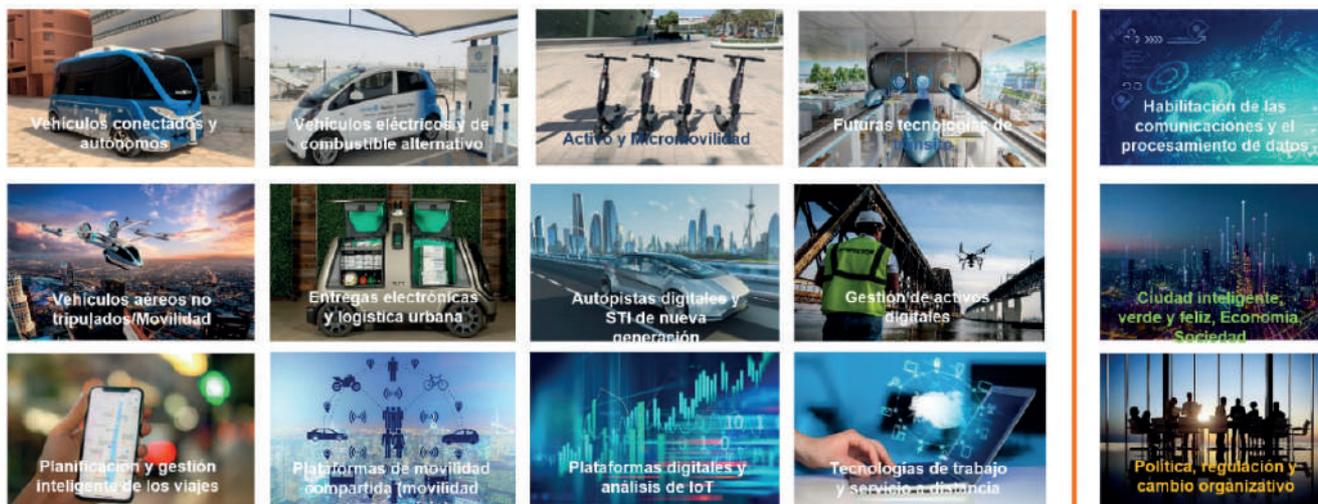
cientemente integradas ante lo cual los organismos de transporte están empezando a anticipar y, en diversos grados, configurar el futuro de la movilidad encontrándose en las primeras fases de un calendario a largo plazo de cambio transformacional y centrándose cada vez más en las personas y sus expectativas y no tanto en la infraestructura y activos físicos.

El informe 2023R01ES dedica uno de sus capítulos al estudio del papel de los organismos de transporte en la configuración del “Ecosistema de la Movilidad del Futuro” partiendo de que la movilidad es entendida como la posibilidad de desplazarse de un punto a otro, independientemente del modo o propósito y que el “Ecosistema de la Movilidad” incluye los diferentes modos de transporte, sus usuarios y la forma en que influyen e interactúan entre sí y con su entorno físico.

Uno de los aspectos que señala es que el desarrollo tecnológico y de los conceptos de servicio avanza rápidamente, pero es de naturaleza VICA (volátil, incierta, compleja y ambigua) en cuanto a políticas públicas, planteamientos regulatorios y toma de decisiones. Y que se añade el hecho de que gran parte

Nivel de implicación de las partes interesadas necesario para apoyar el desarrollo y adopción de las nuevas tecnologías y modelos de servicio





de la innovación está impulsada por agentes muy diversos del sector privado, cada uno con sus propias motivaciones e intereses, lo que no hace sino aumentar la incertidumbre, todo ello acompañado del paso de la propiedad privada del medio de transporte hacia múltiples opciones de acceso y uso compartido.

Así pues, el CT define al “Ecosistema de la Movilidad del Futuro” como el sistema resultante de la combinación de nuevas tecnologías, sistemas, infraestructuras, datos y modelos de servicio —como por ejemplo los vehículos autónomos y los eléctricos, las carreteras inteligentes, también llamadas “carreteras digitales”, la micromovilidad o los nuevos sistemas de transporte público— para ofrecer una movilidad que sea integrada, automatizada, personalizada, bajo demanda y sostenible. En dicho Ecosistema de la Movilidad se incluyen las condiciones políticas, regulatorias y de gobernanza para crearlo y hacerlo eficiente, sostenible y equitativo, y para apoyar su desarrollo futuro.

Entre otras diversas cuestiones el CT 1.1 ha determinado, de entre muchas, las doce tecnologías y modelos de servicio que serán componentes principales del Ecosistema de la Movilidad del Futuro. Además,

ha observado que es objeto de debate cuáles son los principales motores y tendencias disruptivas que impulsan hacia ese futuro ecosistema y en qué modo y momento y sus efectos concretos, pues solo algunas tecnologías están entrando en la corriente principal a corto plazo, y que si bien parece dominar el “optimismo tecnológico” también hay perspectivas más escépticas.

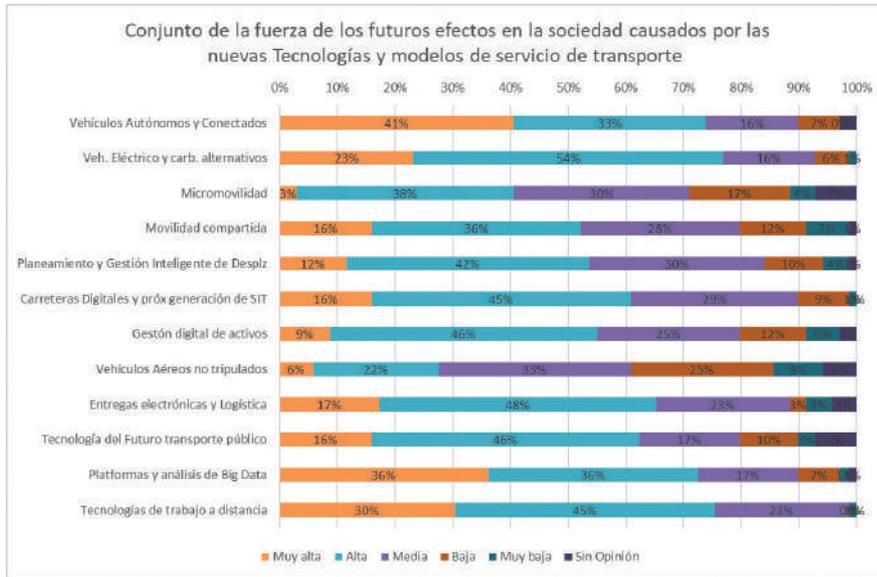
En cualquier caso, ha comprobado que los organismos de transporte están crecientemente urgidos en evolucionar y adaptarse y que ante ello están adoptando una de estas tres posturas: aquellos que intentan formular políticas proactivas para posibilitar y orientar las nuevas formas de movilidad, otros que se resisten a adoptarlas hasta conocer mejor las consecuencias que tendrían tales políticas, y muchos más que se mantienen en la actitud de “esperar y ver” dejando la iniciativa en manos del mercado y limitándose a reaccionar a los debates a medida que van surgiendo en los medios de comunicación y en el seno de la opinión pública.

Perspectiva actual de la posición de los organismos de transporte ante la

innovación y el desarrollo tecnológico

El CT 1.1 se ha planteado al respecto una serie de preguntas acerca de la gobernanza, estructuras institucionales, políticas y procesos que han de establecer los organismos públicos para organizar la innovación y desarrollo tecnológico y los papeles (roles) que pueden, o deban, desempeñar el gobierno, el sector público y los diversos actores del sector privado. Para ello, ha realizado una revisión bibliográfica y una encuesta internacional, así como ha recabado estudios de caso internacionales, extrayendo entre otras numerosas conclusiones, que existe la percepción general de que, por ahora, los obstáculos a la adopción tecnológica superan a los elementos facilitadores, siendo las políticas públicas, la equidad y los presupuestos las áreas que más preocupan.

Otra de sus conclusiones ha sido que, si bien muchos organismos de transporte ya han emprendido actividades para adaptar su organización y procesos a las nuevas tecnologías y modelos de servicio, existe menos compromiso, lo cual refleja la incertidumbre existente, a la hora de planificar y emprender activida-



des con miras al futuro. En cuanto a quién debiera desarrollar las nuevas tecnologías, la opinión mayoritaria, aunque no unánime, es que lo sean por el sector privado dentro de un marco regulador bien dimensionado, firme, pero ágil, que fuese establecido por el sector público, teniendo poco apoyo que la prestación fuese completa por el sector público o por el sector privado. Señala también que la innovación requiere ensayo y error, y debe contar con el apoyo de la alta dirección, y que la aceptación y adopción generalizada de las soluciones precisa plazos de tiempo considerables, siendo por ello la comunicación un ingrediente clave de la innovación sostenible.

ponentes y dimensiones y dispares oportunidades y riesgos, y que el CT 1.1 se ha planteado: ¿Qué forma debiera adoptar la respuesta? ¿Acaso debieran los organismos de transporte intentar diseñar detalladamente el futuro o bien debieran dejar abiertas las opciones a la vista de las incertidumbres? ¿Deben intentar lograr determinados resultados finales o limitarse a propiciarlos? ¿Liderar o secundar? ¿Colaborar estrechamente, o no, con otras entidades públicas, privadas o académicas? ¿Regular o no a los innovadores tecnológicos y en qué medida y con qué fines? Ni las respuestas son obvias ni tampoco lo es el equilibrio que hay que saber encontrar.

Así pues, el CT 1.1 ha intentado aunar la base empírica y el análisis realizado, apoyándose en un marco conceptual preliminar que, desde la perspectiva de los insumos (inputs), procesos y resultados (outcomes), permita a todas las partes orientarse en el Ecosistema de la Movilidad del Futuro ofreciendo una visión del proceso mediante la que evaluar amenazas y oportunidades, definir el papel (funciones) y actividades que realizar, y considerar los resultados que se derivarán.

El CT 1.1 expone en su informe que ha identificado cuatro papeles básicos, dinámicos y susceptibles de ser ampliados, que reflejan agendas públicas más amplias y que reflejan a su vez que la tecnología y la innovación no son un fin en sí mismas, sino que deben guardar relación con las metas de las políticas públicas, los intereses societales y el valor público que debe aportarse. Tales papeles, de los que cabría esperar en el futuro que, en los organismos de transporte, pasaran de ser meramente secundarios a convertirse en elementos centrales, son:

- Formulator de políticas y Regulador
- Investigador y Desarrollador

El papel de los organismos de transporte en la configuración del Ecosistema de la Movilidad del Futuro y la Curva de Madurez organizativa

Todo lo anterior son cuestiones previas a las grandes preguntas que se derivan del surgimiento del nuevo Ecosistema de la Movilidad del Futuro con sus múltiples com-



- Usuario final, Operador y Gestor
- Y el que, según el CT 1.1, probablemente sea el más importante: Convocador, Facilitador e Integrador

Ahora bien, señala también que no todos los organismos de transporte asumen un determinado papel ni lo hacen de la misma manera pues los hay líderes, adoptadores tempranos, y los que su actitud es la de “esperar y ver”. Y que tampoco es igual el grado en que intervienen y ejercen influencia y control sobre el sector privado. A estos efectos, el CT 1.1 ha distinguido cuatro grandes opciones regulatorias: Restrictivo, Abierto (Laissez Faire), Asociación, Mano Orientadora (Guiding Hand).

Esto ha llevado al CT 1.1 a la siguiente pregunta: ante retos tan grandes y complejos ¿están preparados los organismos de transporte? Para ayudar en la formulación de la respuesta y con el fin de crear un concepto-herramienta que permita a cada cual evaluar dónde se encuentra actualmente y hacia dónde querría dirigirse a medio y largo plazo, ha elaborado la que ha denominado “Curva de Madurez” que abarca desde una Etapa 0 (Inactividad) hasta la Etapa 5 (Totalmente Integrada)



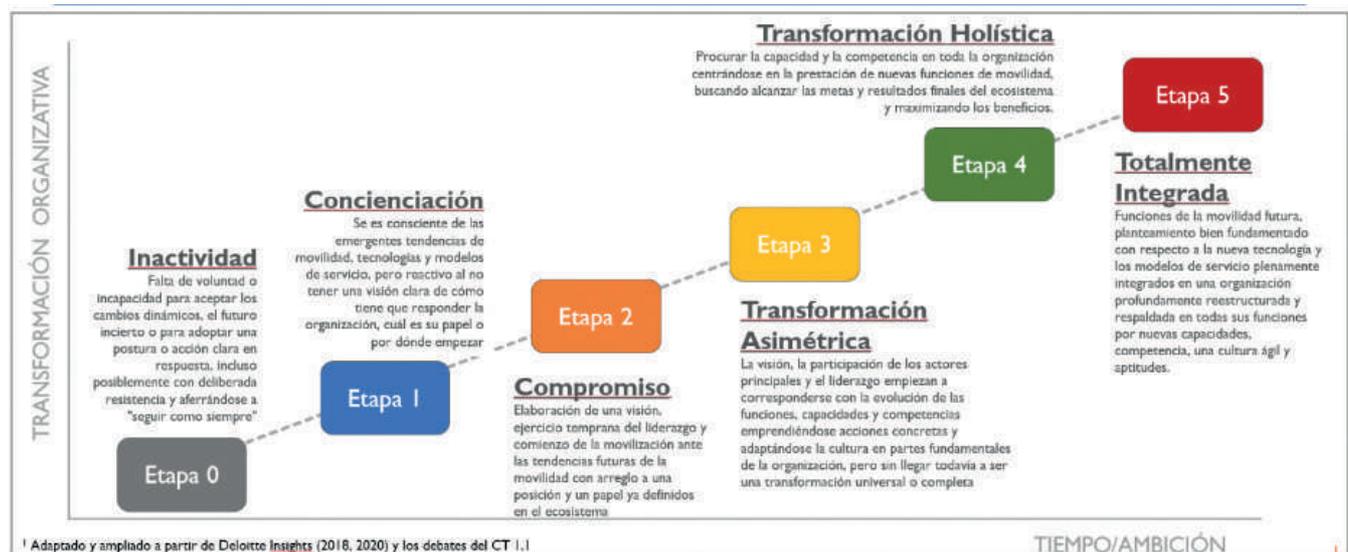
¹ Adapted from Urban Transport Group – Automatic for the People – Issues for Transport Authorities from Connected and Autonomous Vehicles

te Integrada) en la que el organismo ha situado en el centro de sus planteamientos las oportunidades, retos y riesgos del Ecosistema de la Movilidad del Futuro transformando en consecuencia su estructura, procesos, recursos humanos, cultura y gobernanza. El informe incluye también una tabla de Criterios de Referencia, así como consideraciones sobre los requisitos para desempeñar los papeles y planteamientos acerca de la Innovación. Hasta ahora, en el mejor de los casos algún organismo habría alcanzado la Etapa 4 como máximo y, en opinión del CT 1.1 la transformación más holística e integrada requerirá de una a tres décadas, pero podemos esperar que los organismos de transpor-

te presenten en 2050 un aspecto, y serán percibidos, de manera muy distinta a los de 2020 desde la perspectiva de los dirigentes, clientes y partes interesadas.

Avances que cabe esperar de la Agencia de Transporte del Futuro

Opina también el CT 1.1 que si bien los organismos de transporte no han de estar por encima de otras partes asociadas, desempeñan un papel fundamental y de ahí la importancia de que se cuestionen y reimaginen cómo evolucionar como organización en las próximas décadas adoptando una posición abierta



¹ Adaptado y ampliado a partir de Deloitte Insights (2016, 2020) y los debates del CT 1.1

y de colaboración, asumiendo con flexibilidad distintos papeles como los arriba indicados, y sabiendo pasar de unos a otros cuando sea necesario.

La conclusión del CT es que cuando una Agencia de Transporte del Futuro (la AdC del Futuro) adopte esos papeles y sepa reflejar las tendencias generales se lograrán significativos avances pues:

- La Innovación podrá ser el vehículo para un mayor aporte de valor público a la sociedad
- Podrán obtenerse mejor inspiraciones e ideas procedentes de empresas privadas, inventores, emprendedores o incluso de fuera del sector
- Se adaptarán y racionalizarán los procesos empleando nuevas formas de prestar servicio, implicando y motivando a las personas
- Las innovaciones internas y externas surgirán de manera natural y se incrementará la motivación.
- El fomento de la diversidad y el reconocimiento de la diferencia hará prosperar la innovación
- Se sabrá asumir acertadamente el riesgo de que algunas iniciativas fracasen o no cumplan las expectativas
- Mediante la Innovación se maximizará los beneficios para la sociedad al tiempo que se mitigan los riesgos en los ámbitos de la seguridad, la privacidad y la equidad.

Estrategias para que los organismos de transporte refuercen su futuro papel

El último capítulo del informe, antes de pasar a las Conclusiones y Recomendaciones, está dedicado a las estrategias que los organismos de transporte pueden adoptar para reforzar su futuro papel pues siempre será necesario planificar y ejecutar estrategias, acciones y subtareas para ir configurando el desarrollo tecnológico y de los servicios. A lo largo de él se exponen pasos que podrían darse, y las cuatro principales estrategias, acompañadas de diversas consideraciones, que pueden adoptarse pues es de esperar que, aun cuando el sector público no cuente con una estrategia proactiva, el sector privado seguirá impulsado innovaciones añadidas y nuevos conceptos de movilidad.

El objetivo de dichas estrategias sería: preparar el terreno y sentar las bases para una evolución ordenada y predecible hacia el Ecosistema de la Movilidad del Futuro; cómo abordar y regular la innovación tecnológica y la de los modelos de servicio y cómo llevar a cabo la gobernanza externa; el apoyo directo a tecnologías que estén madurando y el apoyo a pruebas tempranas bien por su cuenta o en colaboración con el sector privado; y la estrategia potencialmente de mayor alcance y complejidad cual es la relativa a los cambios organizativos internos y de capacidad para adaptar las funciones internas, procesos, estructuras, valores, cultura... pues todo ello depende no sólo de las opciones técnicas disponibles sino también del nivel de liderazgo, ambición y actitud ante los cambios y la innovación.

Conclusión

El informe del CT cierra con cincuenta y cinco definiciones de conceptos de movilidad precedidas, entre otras conclusiones y recomendaciones, por trece conclusiones generales acerca de la configuración del futuro ecosistema de la movilidad, las infraestructuras, aplicación a los países de ingresos bajos y medianos, y la Agencia de Transporte del Futuro.

Entre estas últimas es de destacar aquí, para terminar, su indicación de que en ese avance hacia la Agencia del Transporte del Futuro (la AdC del Futuro), los organismos de transporte podrían evolucionar de planificadores y operadores de infraestructuras a organizaciones de gestión de la movilidad en sentido más general, convocando y facilitando amplias asociaciones con las partes interesadas si bien seguirán siendo muy dependientes de su respectivo contexto en cuanto a los cuatro papeles (roles) principales, actividades y etapas de madurez descritas a lo largo del informe.

“Innovación es la capacidad de ver el cambio como una oportunidad, no como una amenaza (Steve Jobs)” ❖

Conexión física entre las ciudades de Resistencia (Chaco) y Corrientes (Corrientes)

Analisis de alternativas



Carlos R. Bordagaray

Subgerente de Estudios y Proyectos Viales.

Dirección Nacional de Vialidad, Rca. Argentina.

Nota de la redacción

El artículo se dedica a la descripción del estudio de distintas alternativas para conectar las ciudades de Resistencia y Corrientes en Argentina.

Se enmarca dentro de un acercamiento a la asociación hermana AAC (Asociación Argentina de Carreteras)

que contribuye con el trabajo del Ingeniero Carlos R. Bordagaray sobre una actividad de la Dirección Nacional de Vialidad Argentina. Se espera que este tipo de colaboraciones se mantenga y amplíe en el tiempo y en ambos sentidos.

Situación Actual

Las localidades de Resistencia y Corrientes concentran más de 800.000 habitantes entre ambas. El sistema urbano se encuentra emplazado en el nudo vial del Noreste Argentino. Se cruzan las Rutas Nacionales N° 11, N° 12 y N° 16, que unen, no sólo las provincias de esta región, sino también los países del Mercosur.

Las ciudades se encuentran unidas únicamente por el Puente Gral. Belgrano, que fuera inaugurado en el

año 1974, con 1.700 m de longitud y una altura libre de 35 m. El mismo se encuentra conformado por una calzada bidireccional, sin banquetas, y desemboca en el centro de la ciudad de Corrientes.

Asimismo, la longitud de cruce entre empalmes con las redes viales jerarquizadas de los dos aglomerados urbanos conectados es del orden de los 5 km.

Desde lo operacional, la situación en períodos de horas punta (que se

extienden por varias horas a lo largo del día) se puede describir como una virtual caravana de vehículos cautivos (sin alternativas de desvío o derivación) a lo largo de estos 5 km en donde a la propia lentitud y movimientos de detención/arranque que supone la circulación por un solo carril con condiciones de alta demanda y diversidad de tipos de vehículos, se le suman impedancias como las cabinas de peaje, los controles de policía, eventuales incidentes o detenciones por distintas anomalías

que puedan presentarse y las restricciones a la capacidad propiamente en los empalmes extremos con las vialidades urbanas.

Frente a situaciones de contingencia, un simple accidente, por ejemplo, tampoco se cuenta con sistemas ITS (Sistemas de Transporte Inteligente) que puedan dar soportes con alertas tempranas a un plan de contingencias.

De acuerdo con el análisis de las encuestas origen destino hechas en el puente se indica, para un día hábil, la siguiente distribución general de los viajes según su longitud y puntos de conexión:

- o El 70 % de los viajes corresponden a viajes urbanos de corta distancia entre los dos conglomerados lindantes al puente
- o El 13% de los viajes son interurbanos de media/larga distancia entre los distintos departamentos de las provincias de Chaco y Corrientes
- o El restante 17% son viajes de larga distancia con orígenes y destinos por afuera de las dos Provincias contiguas al puente

Por lo anterior, el Gobierno Argentino realizó el llamado a Licitación Pública N°75/2014 para la "Contratación del proyecto ejecutivo de la nueva conexión física entre las ciudades de Resistencia (Chaco) y Corrientes

(Corrientes)", cuyos Términos de Referencia establecen que se deberán desarrollar 4 posibles trazas a ser evaluadas, y que estas conviene emplazarse entre los kilómetros 1.173 (Isla Sombrero, provincia de Chaco) y 1.235 (Isla Anteojo, provincia de Corrientes) del río Paraná.

A continuación, se indican las alternativas analizadas:

- Alternativa 1: trazado al norte de las ciudades de Resistencia y Corrientes, con vinculación a la Ruta Nacional N°11 en la provincia de Chaco, y la Ruta Nacional N°12 en la provincia de Corrientes.
- Alternativa 2: trazado al norte de las ciudades de Resistencia y Corrientes, con vinculación a la intersección rotacional de Ruta Nacional N°16 y la Avenida Sarmiento en la provincia de Chaco, y la Ruta Nacional N°12 en la provincia de Corrientes.
- Alternativa 3: trazado al sur de las ciudades de Resistencia y Corrientes, paralelo al trazado ferroviario de la ciudad de Resistencia a aproximadamente 6500 m, y conectado a la Ruta Nacional N°11 en la provincia de Chaco, y la Ruta Nacional N°12 en la provincia de Corrientes.
- Alternativa 4: trazado al sur de las ciudades de Resistencia y Corrientes, conectado a la intersección de la Ruta Nacional N°11

y vinculación a la Ruta Nacional N°89, en la provincia de Chaco, y la Ruta Nacional N°12 en la provincia de Corrientes.

Para este análisis complementario de alternativas se tuvo en cuenta la información provista por el Consorcio Consultor que elaboró el Proyecto Ejecutivo (Unión Transitoria de consultoras argentinas formada por Consular Consultores Argentinos Asociados S. A., Consulbaires Ingenieros Consultores e IATASA Ingeniería), y el análisis que realizó al respecto el BID (Banco Interamericano de Desarrollo), como parte de la revisión de la documentación con miras al financiamiento de las obras.

Evaluación de alternativas - Etapa 1

Para esto, se definió una metodología de trabajo que consiste en dos etapas de evaluación. La primera, analiza las fortalezas y debilidades de cada alternativa a través de criterios mínimos que deben cumplirse, y de esta evaluación se definen las dos alternativas con mayor potencial de satisfacer las necesidades actuales minimizando su impacto. La segunda etapa es a través de una matriz multicriterio, donde cada una es evaluada en profundidad frente a una amplia variedad de factores tanto ambientales, urbanos y de diseño, hasta obtener la alternativa definitiva.



Figura 1. Puente General Manuel Belgrano existente. Fuente: Revista Vivienda



Figura 2. Alternativas de conexión entre Resistencia y Corrientes
Fuente: Proyecto ejecutivo de la nueva conexión

no resultan atractivas para los habitantes de cada ciudad.

Criterio 3: Geología del suelo

La geología permite comprender como está formado el suelo, explica las composiciones químicas y físicas, y permite entender los procesos de erosión y sedimentación de los ríos. Para los fines del presente apartado, solamente se consideran las características del suelo desde un punto de vista del análisis de las fundaciones.

En la imagen anterior se superpuso las características del suelo con las alternativas planteadas para analizar cómo es el suelo debajo de cada traza. Como puede observarse, las características geológicas son bastantes parecidas, haciendo necesario que se realicen obras similares para cada alternativa analizada.

Criterio 4: Hidrología

El análisis hidrológico de la región permite establecer dos parámetros: la zona de inundación y las cuencas hídricas, éstas últimas permiten determinar las alcantarillas para facilitar el escurrimiento de las aguas superficiales a través de la ruta del proyecto. Esta parte del estudio se centra en el valle de inundación y en qué medida las alternativas afectan dicho valle. La alternativa Centro es la que menos afecta la planicie de inunda-

Criterio 1: Desarrollo Urbano

En esta parte se describe como cada ciudad considera su futuro desarrollo, siendo una herramienta fundamental para comprender como se desplazarán los centros urbanos. Para ello, se estudian los planes de desarrollo de cada una de ellas y se analiza cómo será el impacto de la movilidad, teniendo en cuenta las alternativas planteadas. Analizado el planeamiento de expansión urbana de ambas ciudades, Resistencia y Corrientes, concluimos que dicha expansión está prevista realizarse al sur de las manchas urbanas actuales, con el desarrollo de Parques Industriales y con las Plantas de Tratamiento de Líquidos Cloacales. De acuerdo con el presente criterio la alternativa más conveniente es la Centro, y como segunda opción la alternativa Sur.

de los usuarios del puente actual. Se estudia la distancia que los usuarios deben recorrer usando cada alternativa y comparándola con la originalmente realizada, empleando el puente existente. De este análisis se concluye que la alternativa más conveniente es la Centro seguida de la Norte 2.

Una segunda herramienta que permite evaluar que tan atractiva es cada alternativa, es aportada por La Guía para Estudios de Factibilidad de Obras Viales de la Dirección Nacional de Vialidad (DNV, 1972) dónde, a partir del tiempo de viaje, se evalúa que proporción de usuarios capta. Del ejercicio realizado se puede observar como la Alternativa Centro es la que capta mayor porcentaje de usuarios, en tanto que las restantes

Criterio 2: Conectividad Urbana y mejora de la resiliencia vial

La conectividad urbana hace referencia a la capacidad de la nueva vialidad a satisfacer la demanda futura, en el sentido de ser una alternativa atractiva para el uso de los habitantes de las dos ciudades. Esto es importante porque los viajes entre ciudades representan la mayor parte

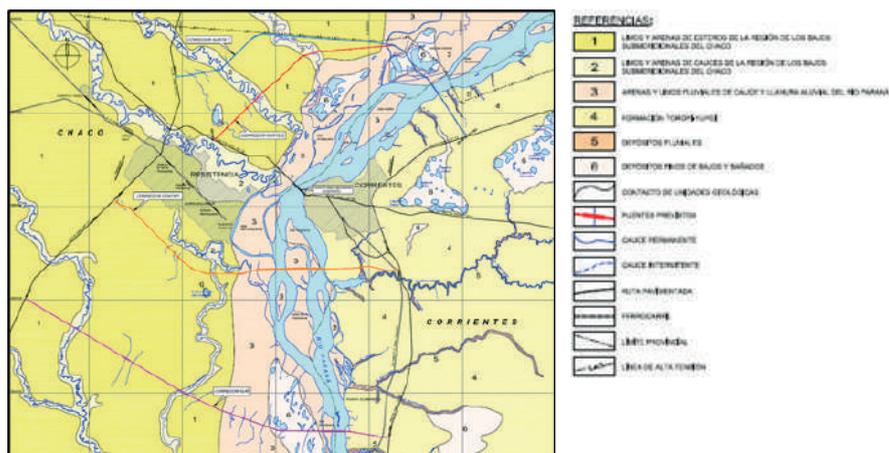


Figura 3. Geología del suelo. Fuente: Proyecto ejecutivo de la nueva conexión

ción estacional, seguida de la Alternativa Sur. En tanto que las alternativas Norte no afectan a la planicie de inundación extraordinaria pero afecta en mayor medida la planicie de inundación estacional pudiendo requerir extender el viaducto del puente hasta quedar fuera de dicha área, lo que podría hacer más costosa la obra.

Criterio 5: Preservación de humedales

Los humedales son zonas topográficamente planas, bajas, inundables y, por lo general, pantanosas. Son áreas que permanecen en condiciones de inundación o con suelo saturado con agua durante períodos considerables de tiempo. Si bien este término engloba una amplia variedad de ecosistemas, todos los humedales comparten una propiedad primordial: el agua es el elemento clave que define sus características físicas, vegetales, animales y sus relaciones. Se observa que la alternativa que menos afecta a los humedales es la Alternativa Centro, seguido de las alternativas Norte y por último la alternativa Sur, que resulta la que mayormente los afecta.

Criterio 6: Morfología del suelo

El estudio de la morfología del río permite comprender la estabilidad del río a través del análisis en el tiempo, para intentar predecir cómo será el comportamiento futuro. Este análisis es importante para analizar



Figura 4. Vista del puente existente en operación
Fuente: <https://www.construar.com.ar/2015/01/llamado-a-licitacion-segundo-puente-chaco-corrientes>

la afectación del río a los estribos, las pilas y demás estructuras de fundación del puente.

De lo visto anteriormente, se concluye que las alternativas presentan singularidades que pueden ser resueltas con la ingeniería, no pudiendo determinar que alternativa es ventajosa frente a la otra.

Criterio 7: Navegabilidad

Las características hidrológicas y geomorfológicas del río Paraná, lo hacen un medio apto para la navegación y el transporte fluvial, aun cuando posee un lecho móvil y un cauce cambiante.

Salvo condiciones climáticas adversas, el transporte por barcas no presenta restricciones de navegabilidad en el Río Paraná, excepto para realizar el paso a través del Puente General Manuel Belgrano.

Debido a que las dimensiones del puente son acotadas (distancia entre pilas), la Prefectura Nacional Argentina (P.N.A.) establece dimensiones máximas que deben tener las embarcaciones para atravesarlo, obligado al convoy de barcas a fraccionar la carga. Este fraccionamiento consiste en amarrar la embarcación en un punto antes del puente, dividir el convoy (fraccionarlo), tomar una parte de la carga, transportarla al otro lado del puente, amarrarla en un segundo punto y volver a buscar otro grupo de barcas. Este proceso puede producirse dos o más veces hasta pasar todas las barcas. Los puntos de amarraderos son habilitados por la P.N.A., y se encuentran tanto aguas arriba como aguas abajo del puente.

Analizando las Alternativas proyectadas, se observan que existen interferencias entre el puente nuevo y las zonas de amarradero:

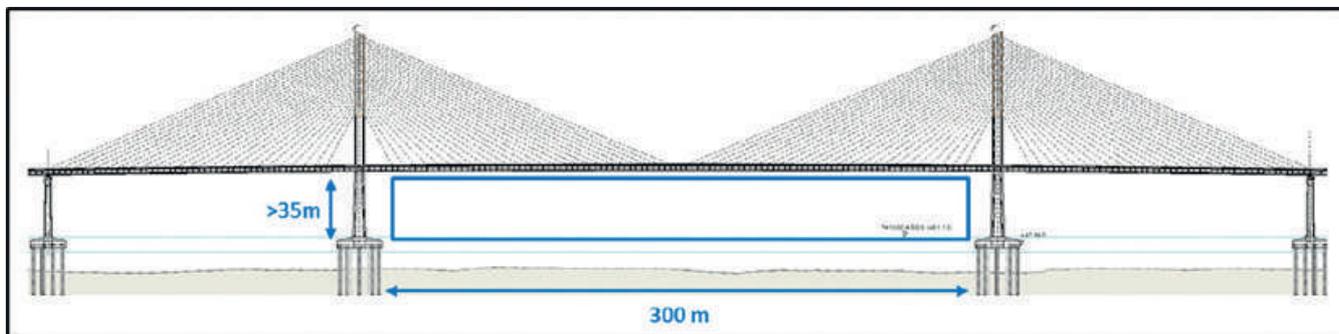


Figura 5. Detalle de galibo necesario para el paso de embarcaciones. Fuente: Proyecto ejecutivo de la nueva conexión

- Alternativa Norte: posible conflicto de operación para el amarradero PELON.
- Alternativa Centro: problemas con amarraderos NOGHERA, CENTRO y PLATERO.
- Alternativa Sur: no presenta problemas con amarraderos.

De lo anterior se concluye que la alternativa centro es la que afecta a mayor cantidad de amarraderos, los cuáles posiblemente deban ser transferidos a otra zona. Es importante destacar que, con el análisis del tráfico fluvial pasante y con el estudio de las crecidas del Río Paraná, se han determinado las dimensiones del puente, de tal manera que permita el paso del tren de barcazas sin la necesidad fraccionarlo. De esta manera, La Consultora determinó el galibo horizontal y vertical del puente, presentado en la imagen siguiente.

Conclusiones de la evaluación de alternativas - Etapa 1

En lo que sigue se resumen las conclusiones obtenidas, asignando al resultado obtenido una valoración

de “Buena”, “Regular” y “Mala”: recibe una calificación “Buena” la alternativa que mejor responde al factor analizado, las dos siguientes reciben una calificación de “Regular” y la que peor responde al criterio de evaluación, tiene una calificación de “Mala”.

Como puede observarse en la tabla, la Alternativa 3 “Centro” es la que mejor se adapta a la mayoría de los criterios evaluados, siendo seguida por la Alternativa 4 “Sur” por obtener una buena adaptabilidad en los criterios de Morfología del suelo y en Navegabilidad. En tanto que las alternativas 1 y 2 quedan descartadas. Entonces, las alternativas 3 Centro y 4 Sur serán evaluadas en la etapa siguiente empleando una matriz multicriterio.

Evaluación de alternativas - Etapa 2

Los criterios de evaluación se agrupan en tres áreas de estudios: Impacto Urbano, Impacto Ambiental e Impacto de las obras. Respecto a los criterios seleccionados, algunos de ellos fueron vistos en la Evaluación de alternativas – Etapa 1 y otros son incorporados para el presente

análisis

Para el Impacto Urbano se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: conectividad local para los usuarios que utilicen el puente diariamente; conectividad regional para el transporte de cargas; afectación (expropiación) de predios privados; calidad de la conectividad con los ejidos urbanos como una alternativa de circulación del puente actual, principalmente en caso de interrupción del tránsito pasante; y concordancia con las políticas de desarrollo y de ordenamiento de cada una de las dos ciudades unidas por el puente

En cuanto a los criterios relacionados con el Impacto Ambiental, se tuvieron en cuenta: afectación de humedales, considerando la superficie definida por RAMSAR; afectación de superficie natural, excluida el área sobre el agua; integración con el paisaje urbano y natural; pasivos ambientales en la traza propuesta; emisiones de gases contaminantes durante la etapa de construcción y de operación; afectación de suelos productivos; afectación de la planicie de inundación; impacto sobre el hábitat crítico, contemplando biodiversidad

Criterio	Alternativa 1 Norte	Alternativa 2 Norte	Alternativa 3 Centro	Alternativa 4 Sur
Desarrollo Urbano	Mala	Mala	Buena	Regular
Conectividad Urbana y mejora de la resiliencia vial	Regular	Regular	Buena	Mala
Geología del Suelo	Indistinto			
Hidrología	Regular	Regular	Buena	Mala
Preservación de humedales	Regular	Regular	Buena	Mala
Morfología del suelo	Regular	Regular	Mala	Buena
Navegabilidad	Regular	Regular	Mala	Buena

y pueblos originarios afectados por la deforestación; impacto sobre el medio biótico; y desbosque, incluye pastizales, praderas, bañados y bosques del tipo natural.

En cuanto a los criterios relacionados con el Impacto de las obras, se tuvieron en cuenta: adaptabilidad a la red viaria existente, y desvíos durante la obra; volumen de las obras; superficie sobre del Río Paraná que es afectada por el puente; disponibilidad de tierras para la construcción de las obras, teniendo en cuenta la superficie necesaria para los terraplenes, viaductos y el puente principal; características del suelo donde se ejecutan las obras; comportamiento geomorfológico del Río Paraná en la zona de cruce, a través del análisis multi temporal de imágenes para caracterizar y tipificar los rasgos fisiográficos dinámicos del entorno; e impacto del puente en el flujo habitual del tráfico fluvial, teniendo en cuenta las dimensiones del puente y la operativa habitual de navegabilidad.

Se utilizó un sistema de ponderación

en función del peso de cada grupo de criterios, focalizándose en fortalecer la conectividad de forma sostenible y resiliente entre las provincias, y el específico de reducir el tránsito pasante en áreas urbanas y mejorar la calidad de circulación entre la Ruta Nacional 11 y la Ruta Nacional 12. En esta línea, se considera que los criterios del primero grupo son prioritarios para cumplirlos, como así también los del segundo grupo. Finalmente, el tercer grupo, presenta los criterios que o bien es temporario o bien puede ser mitigado a través de la ingeniería del proyecto, por lo que se asignó un peso inferior respecto a los dos anteriores.

Los pesos propuestos fueron: 40% para Impacto Urbano y para Impacto Ambiental; y 20% para el Impacto de las obras.

Con el procedimiento antes descrito se calculó un puntaje de 7,52 para la Alternativa 3 y uno de 2,564 para la Alternativa 4, por lo que concluimos que la opción más conveniente es la Alternativa 3 Centro,

principalmente cuando se valora la interconexión entre los proyectos y las ciudades de Resistencia y de Corrientes. También resulta conveniente frente a los impactos ambientales que produce la construcción de la obra, parámetro con significativa importancia valorando que se trata de zonas de humedales. Por otro lado, cuando se analiza el impacto de las obras para cada opción, se observa que la Alternativa 4 Sur es la más conveniente. No obstante, en la ejecución de la matriz se decidió darle un bajo peso a esta área de interés, el motivo es porque las consecuencias pueden ser mitigadas con una buena ingeniería y con la correcta ejecución de las obras

Ratificando el Acta de Cooperación Institucional, el 26/08/2016, las provincias involucradas emiten una nota en la cual establecen que consideran a la traza "Centro" la más conveniente. Posteriormente la Dirección Nacional de Vialidad aprobó la misma, concluyendo con la primera etapa de la encomienda del Consorcio de consultoras a cargo del Proyecto

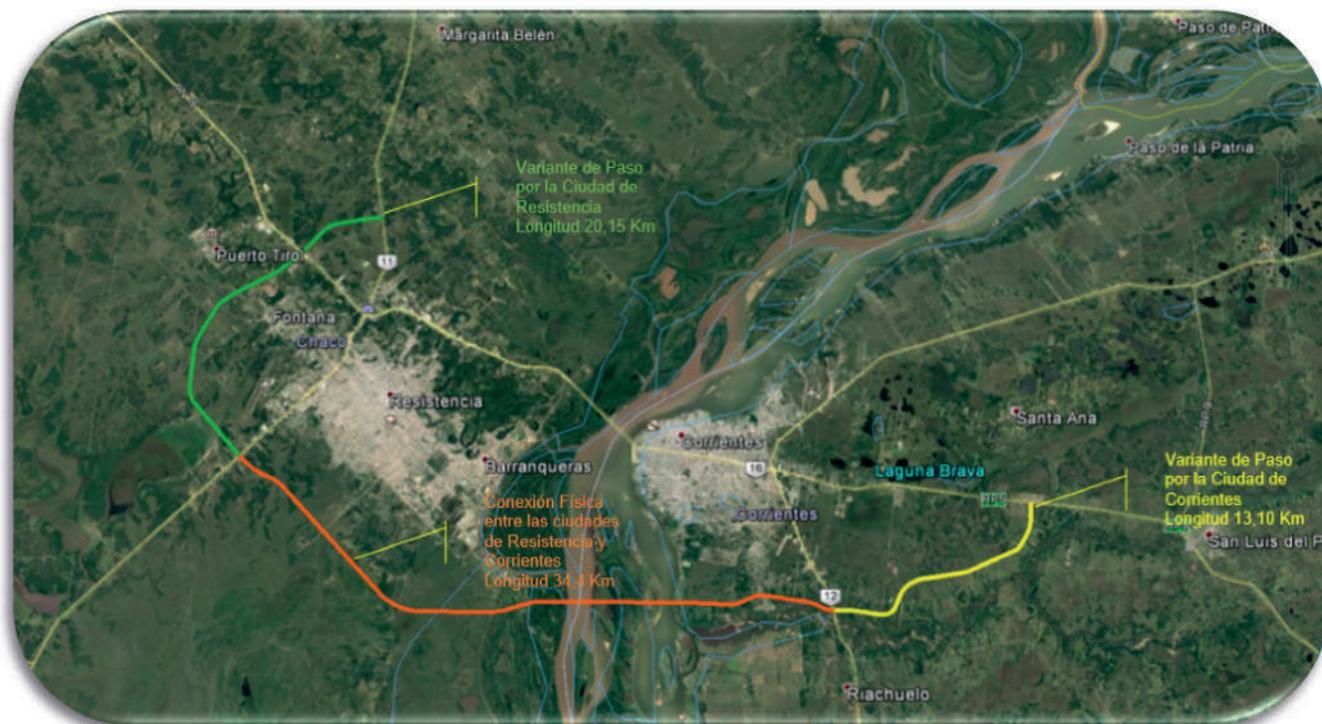


Figura 6. Alternativa seleccionada (en rojo), y obras complementarias

Ejecutivo. Posteriormente, la Dirección Nacional de Vialidad emitió la Declaración de Utilidad Pública de los terrenos afectados para proceder a su expropiación.

La traza seleccionada comienza en la Provincia de Chaco, empalmándose en la Ruta Nacional N°11, en el km 999,40, desarrollándose hacia el Sureste, cruzando el ingreso a la Planta Depuradora de Líquidos Cloacales en la progresiva 6+000, luego cambiando su orientación al Este en la progresiva 14+000. Esta dirección Este continua hasta la progresiva

17+675, atravesando el Río Arazá, para luego atravesar el Río Paraná a 8500 m aguas abajo del actual Puente General Belgrano, sobre las Islas de la Palomera, entre las progresivas 18+200 y 25+650, desarrollándose la traza en sentido Este en la Provincia de Corrientes, bordea el ejido urbano del barrio La Esperanza en la progresiva 30+000, y luego cambiar su orientación sensiblemente hacia las márgenes del Arroyo Riachuelo, y empalmar la Ruta Nacional N°12 en el km 1022,80, donde inicia la Travesía Urbana Ciudad de Corrientes, obra que se encuentra actualmente

en ejecución. La Conexión cuenta con una configuración de autopista (2+2), con 2 calzadas separadas físicamente por una defensa rígida, con 2 carriles de circulación cada una, banquetas pavimentadas (interna y externa), con cruces a distinto nivel en los distribuidores y colectoras abovedadas bidireccionales en sectores puntuales donde hay tránsito frentista. La traza se desarrolla en zona predominantemente rural, previendo una zona de camino variable entre 160 m y 100 m. ❖

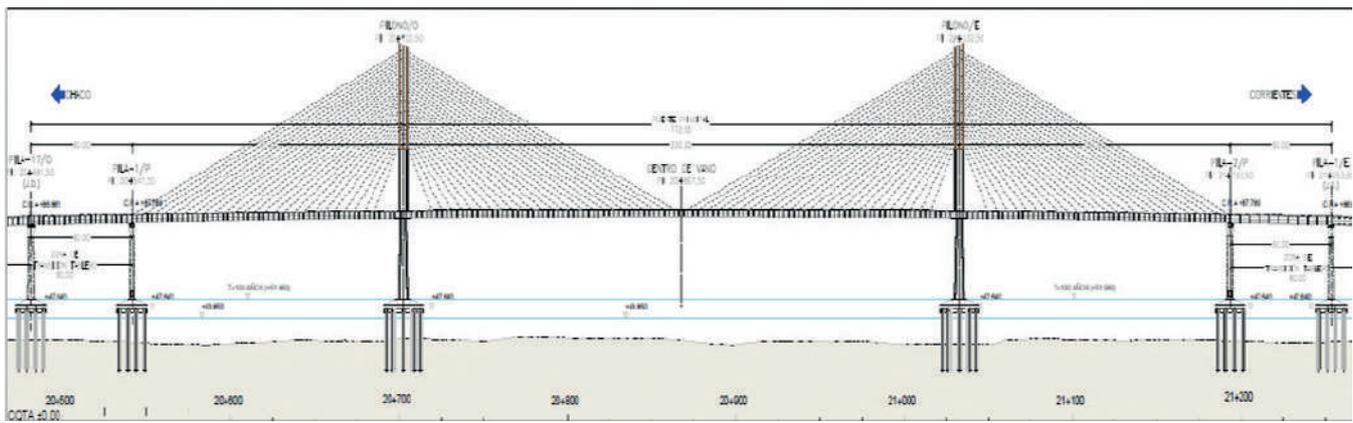


Figura 7. Características del puente principal.

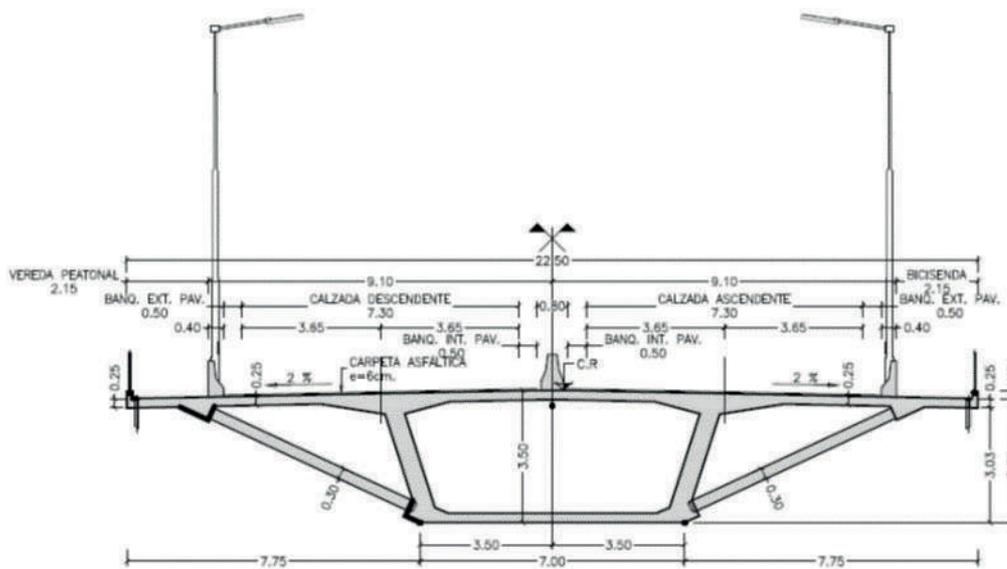
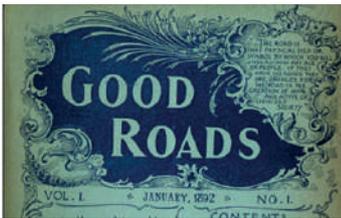


Figura 8. Características de la sección transversal del puente principal.

Las uvas de la ira

Steinbeck, Ford y la Ruta 66 (1)



José María Menéndez Martínez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Jesús Rubio Alférez

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Resumen

Recién cumplido el cincuentenario del fallecimiento de John Ford, este artículo trae a la memoria la magistral brillantez con la que el director americano supo tratar el papel de una carretera, la Ruta 66, cuando llevó a la pantalla los hechos que John Steinbeck acababa de novelar en su obra *Las uvas de la ira*, publicada en 1939. En las próximas páginas dedicaremos nuestra atención a la dramática crisis socioeconómica que en la década de los 30 del siglo pasado padeció el área central de los Estados Unidos, y al sobrecogedor relato que, de la mano de estos dos soberbios creadores, elevó la carretera de simple testigo mudo a parte esencial de la historia.

1. Los hechos. Steinbeck y Ford.

Los hechos

Todavía la sociedad estadounidense no se había recuperado del terrible impacto económico y social que supuso la crisis bursátil de 1929, cuando los Estados del interior, la "América Profunda", fueron víctimas del azote de un inusual fenómeno meteorológico de consecuencias devastadoras. Primero vino un periodo de sucesivas sequías que diezmaron las cosechas y con ello los ingresos de las familias campesinas y tras este, otro aún más calamitoso, de tormentas secas, en las que el suelo, despojado de su humedad, era levantado por el viento en grandes nubes de polvo y arena tan espesas que a veces no dejaban ver el sol. La gente las llamó tormentas



negras y a la zona que las sufrió de forma más severa la bautizaron como el “Dust Bowl” (Cuenca de Polvo).

Estas caóticas condiciones persistieron hasta el final de la década de los 30 y trajeron como consecuencia la escasez y tras ello la ruina total de miles de granjeros, principalmente de los estados de Colorado, Kansas Nuevo México, Texas y Oklahoma.

Para buena parte de aquellas gentes la situación resultaba incomprensible; llevaban tres generaciones cultivando la tierra, sus abuelos habían luchado contra los indios y sus padres habían limpiado aquellos parajes de abrojos y de alimañas, sin embargo ahora se veían desposeídos de sus humildes casas y de sus aperos y eran expulsados de sus tierras de forma expeditiva a causa de la avaricia de los bancos, de los especuladores del suelo y de ciertas empresas que esperaban obtener altos rendimientos de aquellas tierras yermas mediante nuevos sistemas de explotación intensiva.

Algunos granjeros no aceptaron la nueva realidad y acabaron convirtiéndose en marginados, víctimas del acoso de los nuevos propietarios y de la policía. El resto, los más, acuciados por el hambre optaron por abrazarse a un sueño: escapar de aquellas tierras con sus familias a la búsqueda del lugar donde creían poder rehacer sus vidas: la fértil California.

Solo una década antes este sueño habría sido desechado por cualquiera como irrealizable, sin embargo cuando los hechos que narramos se produjeron, el camino para hacer realidad tal éxodo estaba ya expedito: la Ruta 66, puesta en servicio a finales de los años 20, aseguraba a los angustiados campesinos un camino, largo y duro ciertamente, pero al menos seguro, aceptablemente señalado y dotado de los mínimos servicios para alcanzar con alguna probabilidad la “Tierra Prometida”.

Esta reflexión, compartida en aquellos días por miles y miles de campesinos desahuciados, daría lugar a lo



que muchos estudiosos del problema han considerado, por su intensidad y su concentración en el tiempo, como el mayor y más dramático fenómeno migratorio jamás conocido en el territorio de los Estados Unidos.

Sobre estos hechos inquietantes y su inmenso impacto sobre las víctimas, fijó su atención Steinbeck para darles forma novelada en una obra, *Las uvas de la ira*, que se centró en la experiencia de los grandes perdedores, los que tras quedarse sin nada y marchar de sus tierras escapando del hambre en sus vehículos destartados, encontraron al llegar a su destino más sufrimiento, más miseria y más calamidades.

John Steinbeck y la novela



En abril de 1939 apareció en las librerías la primera edición de *Las uvas de la ira*, el relato con el que John Steinbeck (1902-1968) ganó el Premio Pulitzer de 1940 y le serviría de impulso decisivo para alcanzar el Nobel de Literatura, que le fue otorgado en 1963.

Steinbeck se sentía ideológicamente muy próximo a la posición del Presidente Roosevelt y particularmente de su "New Deal". Sin embargo, su propia experiencia le hacía mostrar una actitud muy crítica respecto de los resultados prácticos de los programas de ayuda con que se trataba de aliviar la situación de paro obrero, sobre todo en el sector agrícola.

Esta postura se vería reafirmada cuando conoció a Thomas Collins, funcionario de la administración Federal, en concreto de la "Farm Security Administration". Fue él quien le aportó datos precisos sobre lo que estaba sucediendo y le contó decenas de anécdotas con las que Steinbeck iría perfilando los personajes del drama. Con todos estos elementos construyó un relato que descri-

bía en forma directa el doloroso éxodo de las familias de campesinos desamparados, su llegada a California y su humillante experiencia cuando se ofrecían como braceros del campo.

El relato, que bien podríamos calificar de "documental", lo estructuró para su exposición en forma de tres historias superpuestas, cada una de ellas con su correspondiente protagonista.

El primero es Tom, el granjero "duro de pelar", un ex-presidiario recién salido de McAlester, la penitenciaría de Oklahoma, llevando a sus espaldas el peso de un homicidio, por más que actuara en defensa propia, y que abandonará el relato cargando con otra muerte más, pero en la que la víctima, esta vez, será un policía.

El segundo protagonista es la familia Joad, de la que Tom forma parte, obligada a emprender el éxodo, camino de California, tras perder todas sus propiedades y sufrir la ocupación de sus tierras por parte de los tractores de la nueva "Compañía Agrícola y Ganadera de Shawnee". Es una familia extensa tanto en su número de miembros como en el abanico generacional que representan. Trece en total, que se lanzarán a la carretera en un derrengado vehículo mezcla de automóvil y camioneta.

El tercer protagonista es el pueblo: los miles de familias de granjeros que acuciados por la misma angustia, comparten con los Joad el sufrimiento, la humillación, el menosprecio y el hambre, el jinete del Apocalipsis que no dejará de gravitar en ningún momento sobre los personajes del relato.

Tres protagonistas, arquetipos del individuo, la unidad familiar y el grupo social, perfectamente encajados por la extraordinaria habilidad con la que Steinbeck da forma a la historia.

La novela vio la luz no sin antes padecer su autor las presiones de la empresa editora, The Viking Press, y en

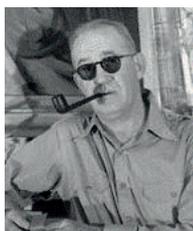


particular la de Pascal Covici, responsable de la edición. El conflicto surgió tras la lectura del borrador de la última parte del manuscrito. En particular a Covici le incomodaba el pasaje en que Rosasharn, la hermana de Tom, que acababa de perder a su hijo, ofreciera su pecho maternal para alimentar a un anciano famélico. En su opinión, esas páginas resultaban de un realismo insufriblemente crudo para la sensibilidad del lector. Steinbeck se tomó a mal el reproche y contestó que para él dar el pecho a un anciano a punto de morir de inanición tenía el mismo valor que darle un trozo de pan, con la diferencia de que, en ese momento, nadie allí tenía ni siquiera un pedazo de pan que ofrecerle. Al final Covici claudicó, la novela se publicó y, como él había previsto, el aluvión de críticas no se hizo esperar.

La punta de lanza de tales críticas fue la que empuñaban los "Associated Farmers of California" que se consideraban directamente difamados y calificaron el libro como "propaganda comunista", pero hubo otros ataques, tan enconados como estos, procedentes tanto de las instancias religiosas como de las administraciones estatales y de otras entidades que se veían reflejadas en algunos de los episodios. Como resultado, en varios Estados de la Unión se prohibió a las bibliotecas públicas comprar la novela o ponerla a disposición de los lectores.

Sin embargo, la postura de la crítica literaria especializada y, sobre todo, el resultado comercial de la novela fueron tan positivos que las preocupaciones de Covici se acabaron desvaneciendo por completo. En el periodo que transcurrió desde finales de abril hasta julio de 1939 cerca de un centenar de artículos, casi unánimemente positivos, inundaron periódicos, suplementos literarios y revistas especializadas catapultando el éxito de la novela, de la que se vendieron medio millón de ejemplares ese año. Al aplauso general se unieron las palabras elogiosas tanto del Presidente Roosevelt como de su esposa Eleanor que, tras conocer con detalle la situación de los campamentos en un viaje a la zona, declaró públicamente que no había exageración alguna en el relato de Las uvas de la ira.

John Ford y la película



John Ford (1894-1973) comenzó el rodaje de *Las uvas de la ira* a primeros de octubre de 1939. Detrás de esta celeridad debemos ver la hábil visión comercial de Darryl F. Zanuck, entonces productor ejecutivo de la 20th Century Fox.

Tomada la decisión de hacer la película, la elección del responsable para dirigirla parecía obligada. Ford era reconocido como un realizador no solo dotado de genio narrativo, sino también de un notable atractivo comercial y de ajustarse al presupuesto y a los plazos. Estas últimas virtudes quedarían bien patentes cuando consiguió concluir el rodaje de la película en el tiempo récord de 6 semanas. Este esfuerzo permitió a la productora tenerla disponible para su estreno en marzo de 1940, menos de un año después de la publicación del libro.

Para llevar a cabo su proyecto Ford dispuso de dos apoyos fundamentales: el primero fue Nunnally Johnson, encargado por la productora de la redacción del guion. Johnson optó por seguir escrupulosamente la estructura argumental basada en las tres historias superpuestas de la novela, respetando en lo esencial tanto los personajes como las situaciones y, muy particularmente, los diálogos. Sin embargo hubo una notable excepción: al llegar a la conclusión de la historia, Johnson ignoró la última parte de la novela y la sustituyó por un final suave, de carácter optimista y abierto. No solo Johnson, sino que tampoco Ford, ni mucho menos Zanuck, se sentían dispuestos a recoger en imágenes el conmovedor y desolador final escrito por Steinbeck.

El segundo puntal fue Gregg Toland, responsable de la fotografía de la película. Una de sus principales virtudes era su tendencia a la experimentación y de ello dio muestras con brillantes resultados en el rodaje, al menos en tres aspectos.



El primero fue lograr escenas en las que la presencia de elementos colocados en distintos planos no viniera acompañada de inevitables fondos difusos. La solución que descubrió no estaba en la elección de tal o cual lente sino en el uso del claroscuro, es decir en el empleo de una iluminación que se degradara según disminuía la distancia de lo iluminado al objetivo. Con esta técnica los primeros planos sombríos ofrecían la deseada sensación de profundidad, aportaban mayor intensidad dramática y, a menudo, mayor belleza a lo retratado.

El segundo fue conseguir rodar secuencias en espacios muy débilmente iluminados. La conjunción del sutil tratamiento de esa escasa luz con la densidad de los diálogos, pronunciados muy a menudo en voz baja, casi en un susurro, dota a estas escenas de una tremenda intensidad dramática. Para lograr este efecto Toland utilizó un tipo de película de muy alta sensibilidad para los usos de la época. Ford fue uno de los primeros directores de Hollywood que la utilizó de forma sistemática, lo que produjo un gran impacto entre los expertos, que la empleaban únicamente para conseguir que en las escenas de acción no se perdiese la nitidez de las imágenes.

El tercero de los aciertos de Toland fue dotar a los personajes del relato de una impronta realista que los desposeía de su condición de actores o de figurantes para transformarlos en campesinos hambrientos en busca de redención. No es extraño que cuando Steinbeck tuvo ocasión de ver el resultado final dijera que le parecía haber presenciado una película documental. Es difícil no estar de acuerdo con este comentario al comparar alguna imagen de la película (abajo, izquierda), con las de Walker Evans o de Dorothea Lange de 1935 (abajo, derecha), que sirvieron para ilustrar los informes sobre la condiciones de vida en los campamentos de emigrantes.

Los escenarios sórdidos, las miradas perdidas, y el aire de completa indefensión y vulnerabilidad de los migrantes, resultan del todo paralelos.

Nunca una película producida en Hollywood había navegado por esas aguas que desde la óptica europea podríamos llamar cine neorrealista, si no fuera porque Ford, Toland y Johnson se estaban adelantando en al menos 5 años al nacimiento de esa corriente cinematográfica.

El éxito de público fue tan notable como en su día el de la novela y por lo que a la respuesta de los críticos se refiere, cabe decir que Ford fue mucho más afortunado que Steinbeck. Incluso la crítica más agria se contentó con denigrar al novelista al mismo tiempo que alababa al director.

El cuarto protagonista

Es a Steinbeck, desde luego, a quien debemos la genialidad de haber invitado a un ser inanimado, la carretera, para añadirlo a los tres arquetípicos protagonistas de su novela, pero no es menos cierto que tanto Ford como su equipo de rodaje supieron sacarle el máximo provecho a ese protagonismo de la Ruta 66.

Como veremos en la segunda parte de este artículo, los casi 3.000 km de su recorrido por los estados de Oklahoma, Texas, Nuevo México Arizona y California, darán sustento a cada uno de los capítulos de la historia. Su trazado, su pavimento, sus cunetas, los puentes y los ríos, sus lugares de detención obligada, sus campamentos al borde del camino, sus talleres de reparación, sus bares de carretera, sus estaciones de servicio, serán el caldo de cultivo sobre el que cada personaje se irá perfilando hasta alcanzar su estatura.

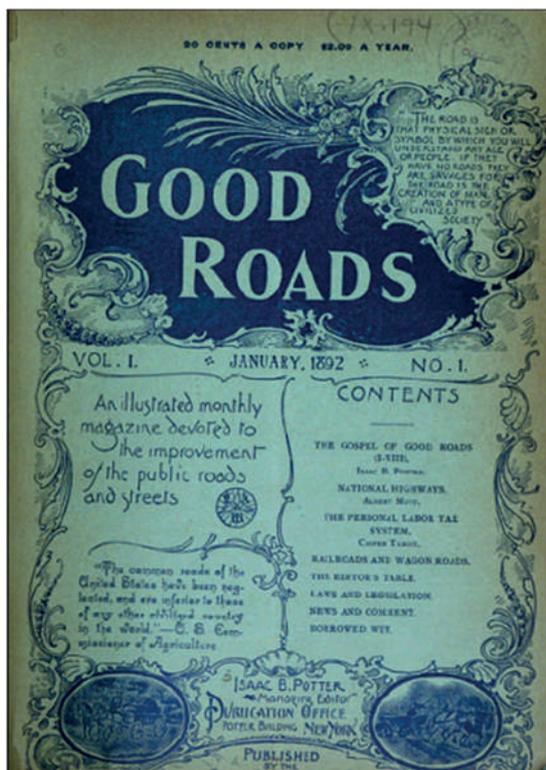


2. Antecedentes y nacimiento de la Ruta 66

Del “GRM” al primer “US Highway System”

Como sucedió en tantos otros países, el salto cualitativo en el crecimiento del sistema de transporte en los Estados Unidos no se debió a la carretera sino al ferrocarril. Es bien conocido que el desarrollo de su red ferroviaria en la segunda mitad del siglo XIX fue meteórico y esta es, sin duda, una de las causas por las que la idea de diseñar y construir carreteras concebidas para recorrer distancias largas, permaneció aletargada en este país a lo largo del periodo.

No obstante, al menos dos décadas antes del inicio del siglo XX, en muchas comunidades rurales no beneficiadas por el crecimiento del ferrocarril, surgieron “asociaciones”, es decir, entidades de carácter privado y, en principio, no lucrativo, que aglutinaban a particulares o a grupos empresariales, sociales o políticos, que clamaban pidiendo que las administraciones, tanto estatales como federal, destinaran fondos a la mejora de las comunicaciones por carretera entre núcleos rurales y entre estos y el ferrocarril.



Estas iniciativas fraguaron en la creación del “Good Roads Movement (GRM)”, muy activo hasta principios del siglo XX, que tuvo como inestimable aliado en sus inicios al Departamento Federal de Correos que, por razones evidentes, sentía más que ningún otro organismo la deficiencia de los caminos rurales.

La popularización del uso de la bicicleta en los últimos años del siglo XIX, que exigía caminos mejor afirmados y más regulares que los de herradura, trajo consigo que la “League of American Wheelmen” se asociara a los objetivos del “Movimiento para las Buenas Carreteras (GRM)”, lo que reforzó su peso ante las administraciones públicas.

Por último, el rápido crecimiento de los vehículos de motor, daría el definitivo empujón a la consolidación del GRM. Fue en 1910 cuando la “American Automobile Association” fundada en 1902, se unió a las campañas organizadas por los grupos ya mencionados, definiendo un antes y un después en sus objetivos. Desde ese momento “buenas carreteras” empezó a querer decir carreteras aptas para la circulación de automóviles. El recién acuñado término “autotrail” se puso entonces de moda.

Como consecuencia de esta presión, en 1916 el Congreso de los EEUU aprobó la “Aid Road Act” con la intención de dotar de fondos a una primera red de carreteras de concepción nacional. Era la primera vez en la historia de la Unión que esto sucedía. Fue en estos días cuando el término “highway” más ambicioso que el genérico “road” o el modesto “trail”, empezó a hacerse un hueco en la terminología carreteril, en competencia con el ya mencionado “autotrail”, por entonces más querido por los grupos de interés directamente vinculados al automóvil.

Entre tanto y desde 1910 fueron muchas las iniciativas de ámbito privado (las “asociaciones” a las que antes nos hemos referido) que apostaban, no ya por objetivos de carácter general al estilo del “Movimiento para las Buenas Carreteras”, sino por propuestas específicas en favor de la puesta en servicio de ciertos itinerarios interestatales, a veces muy ambiciosos. Los términos “Autotrail” o “Highway” comenzaron entonces a asociarse con el de “Transcontinental Routes”, vinculando los conceptos de vehículo de motor, carretera moderna y larga distancia. Como es de imaginar detrás de estas iniciativas se movían grupos de presión de considerable peso político que, a menudo, implicaban a vastos territorios de la Unión.

El proceso que hacía surgir a las nuevas “Transcontinental Routes” era siempre muy parecido: el grupo de interés correspondiente constituía la asociación de apoyo a la futura ruta, que quedaba definida en el plano a partir de tramos ya en uso, o incluso abandonados o todavía inexistentes (caminos rurales, sendas de cazadores, antiguas vías de colonización o de la época española, ejes paralelos a trazados ferroviarios, o propuestas de nueva planta). Luego se elegía para la ruta recién definida un nombre con impacto publicitario, en el que

CODE OF TRANSCONTINENTAL ROUTES	
1	SOUTHERN NATIONAL HIGHWAY
2	SOUTHERN NATIONAL HIGHWAY
★ 3	NATIONAL OLD TRAILS ROAD
★ 4	LINCOLN HIGHWAY
5	TRAIL TO SUNSET
6	NORTHWEST TRAIL — NATIONAL PARKS TRANS HIGHWAY
7	DIXIE HIGHWAY
8	PIKES PEAK OCEAN TO OCEAN HIGHWAY
9	ATLANTIC HIGHWAY
10	MERIDIAN ROAD
11	COLORADO TO GULF HIGHWAY
★ 12	MIDLAND TRAIL
13	OREGON TRAIL
14	NATIONAL PARKS GULF HIGHWAY
15	PACIFIC HIGHWAY
16	ARROWHEAD TRAIL
17	OCEAN TO OCEAN HIGHWAY
18	OLD SPANISH TRAIL
19	KING OF TRAILS
20	JEFFERSON HIGHWAY
★	NOTE: ROUTE NO. 3-NATIONAL OLD TRAILS ROAD-PERMANENTLY SIGN POSTED BY THE AUTOMOBILE CLUB OF SOUTHERN CALIFORNIA FROM KANSAS CITY TO LOS ANGELES. ROUTE NO. 4-LINCOLN HIGHWAY-PERMANENTLY SIGN POSTED BY THE AUTOMOBILE CLUB OF SOUTHERN CALIFORNIA FROM OMAHA TO ELY, THENCE OVER ROUTE NO. 12-MIDLAND TRAIL-FROM ELY TO LOS ANGELES, ALSO PERMANENTLY SIGN POSTED BY THE CLUB.

Transcontinental Routes and Numbers 22
(See page 9 for Pole Markers)



LIST OF TRANSCONTINENTAL ROUTES OF THE UNITED STATES

For Pole Markers see page 0

2	Albert Pike Highway	G-10	26	Jefferson Highway	G-10
3	Arrowhead Trail	F-6	27	King of Trails	F-10
4	Atlantic Highway	F-16	28	Lakes to Gulf	E-11
5	Atlantic-Pacific Highway	F-14	29	Lincoln Highway	E-9
6	Banff-Grand Canyon Road	C-6	30	Lone Star Route	G-12
7	Bankhead Highway	H-13	31	Meridian Highway	E-10
8	Black Hills-Sioux Trail	D-8	32	Mississippi River Scenic Highway	E-12
9	Buffalo Highway	C-7	33	Mississippi Valley Highway	E-12
10	California-Banff "B" Line	C-3	34	National Old Trails	F-13
11	Chicago-Black Hills-Yellowstone Park	D-11	35	National Parks Highway	B-9
12	Chicago-Kansas City-Gulf Highway	E-11	36	National Park to Park Highway	D-8
13	Colorado to Gulf Highway	H-9	37	New Santa Fe Highway	C-9
14	Custer Battlefield Highway	C-8	38	Old Spanish Trail	J-12
15	Dallas-Canadian-Denver Highway	G-8	39	Oregon Trail	B-3
16	Detroit-Lincoln-Denver Highway	F-9	40	Ozark Trails	G-11
17	Dixie Highway	H-15	41	Pacific Highway	F-2
18	Dixie Overland Highway	J-14	42	Pikes Peak-Ocean to Ocean Highway	F-12
19	Evergreen National Highway	B-3	43	Red Ball Route	F-12
20	George Washington National Highway	E-10	44	Roosevelt Midland Highway	G-13
21	Geysers to Glaciers Highway	B-6	45	Southwest Trail	E-11
22	Golden Belt Highway	F-10	46	Theo. Roosevelt International Highway	A-8
23	Grand Highway	E-11	47	Twin City-Black Hills & Yellowstone Hwy.	C-8
24	Great Plains Highway	I-8	48	Union Pacific Highway	F-9
25	Jackson Highway	G-13	49	Yellowstone Trail	B-9

“Highway” aludía a la modernidad y “Trail” a las sagradas tradiciones (Lincoln Highway, Dixie Highway, Sunshine Trail, Ocean to Ocean Highway, etc.), y por último, si había energía y disponibilidad de fondos para ello, se señalizaban algunos tramos de la ruta propuesta, mediante indicaciones fijadas a los postes eléctricos o del telégrafo, dando la máxima publicidad a estas actuaciones y a la asociación promotora. Era la forma de buscar apoyo social y servían además para atraer la atención del Gobierno Federal, forma que recuerda el comienzo de la señalización voluntarista del Camino de Santiago en España (en los años 80 del siglo pasado, Elías Valiña, párroco de O Cebreiro, señaló el Camino Francés con flechas amarillas, con pintura de la empleada para las obras de carreteras).

Volviendo a las “Transcontinental Routes”, el objetivo de dejar definidos trazados sin solución de continuidad supuso aceptar como parte de ciertas rutas tramos de

muy baja calidad, tanto en su geometría como en su pavimentación. Cuando en el próximo artículo nos refiramos específicamente a la Ruta 66 estos conflictos quedarán muy en evidencia.

De la entidad de las iniciativas a las que nos venimos refiriendo pueden darnos muestra las “Leyendas” anexas a algunos mapas de los Estados Unidos de aquellos días que incluían información de carreteras. La primera procede del “Automobile Road Map of the United States Showing Transcontinental Routes and Other Main Highways”, editado en 1918 por el Automovil Club del Sur de California y la segunda del “Transcontinental Highways of the United States”, que vio la luz en 1922, obra de la George F. Cram Company, la más importante editora de atlas geográficos de la época.

Si echamos una ojeada a cualquiera de estos listados identificaremos nombres como “Atlantic Highway”,

“Pacific Highway”, “Ocean to Ocean Highway”, o “Chicago-Kansas City Gulf Highway”, sin olvidar que bajo pomposos nombres que al lector actual no sugieren nada como, por ejemplo “Roosevelt Midland Highway”, se anunciaba una propuesta que, acompañada de una poderosa campaña publicitaria, pretendía comunicar San Francisco con Washington DC. A este respecto resulta interesante el texto de la nota al pie de la primera de las leyendas. En ella el Automóvil Club californiano se declara autor de la señalización “permanente” de largos tramos de algunas de las rutas reseñadas, marcadas con asterisco, y que eran, obviamente, las que estaban bajo su patrocinio.

Por lo demás, el hecho de que en el plano de 1918 sean 20 las rutas identificadas y que esa cifra se eleve ya a 49, apenas 4 años después, nos da una idea de cuál estaba siendo el impacto social de las propuestas. También es fácil imaginar el enorme conflicto que hubieron de desenmarañar los responsables de la Administración Federal de Carreteras cuando tuvieron que poner orden en aquel marasmo.

Entre tanto, en 1921, se dio un segundo paso, más firme que el de 1916, en la dirección que tanto deseaban las asociaciones promotoras de nuevas rutas: la aprobación por el Congreso de asignaciones, esta vez plurianuales, para la mejora de los tramos de carretera ya existentes y de los que se construyeran de nueva planta si atendían a los criterios de interés nacional. En todo caso, conviene hacer notar que por aquellos días no existía aun nada parecido a un “Plan de Actuaciones” en el que la Administración Federal hubiera definido la estructura de la red que respondiera a ese interés, y a la que, por tanto, hubiera que apoyar financieramente. Las tareas en este sentido le fueron encomendadas a la “American Association of State Highway Officials” AASHO, que con el tiempo añadiría una T a su acrónimo.

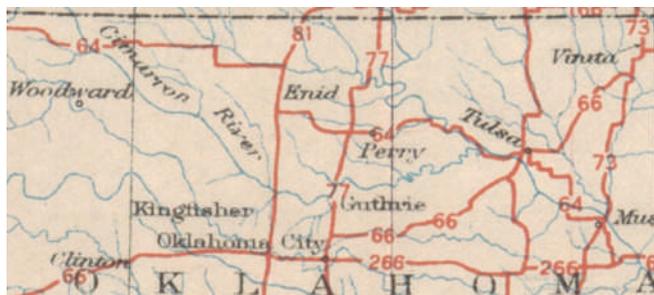
De las recomendaciones que impulsó este organismo se derivaron en el periodo 1923-26 varios interesantes resultados: El primero fue que se eligió el término



no “U.S. Highway” para dar nombre a las carreteras que habrían de formar parte de la nueva Red. El segundo, que se diseñó el escudo que serviría de señal identificativa de las carreteras adscritas a ella.

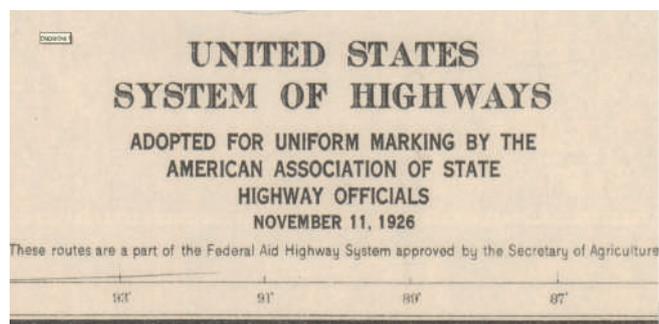
El tercero, que se suprimía el procedimiento basado en nombres propios para identificar a esas carreteras, y el cuarto, que se creaba un nuevo sistema de identificación de rutas, de carácter numérico, cuya definición y asignación quedaba a cargo de la propia AASHO.

Nació así la llamada “United States Numbered Highway System” y lo hizo con gran escándalo por parte de los valedores de la terminología hasta entonces en uso que perdían la imagen de marca que tanto les había costado crear.



La recién estrenada Red quedó definida formalmente con la publicación del “United States System of Highways adopted for uniform making by the American Association of State Highway Officials November 11, 1926.” Como se observa, en el título no aparecía la palabra “Numbered”. Evidentemente ya no era necesario mencionarla porque desde aquella fecha no había más “US Highways” que las del nuevo mapa. Las rutas aparecían sobre el plano con su número de identificación, que las acompañaba a lo largo de todo su trazado para hacer fácil la distinción entre unas y otras.

La Red nacía con una longitud de algo más de 122.000 km lo que suponía dejar fuera de ella, en parte o en su totalidad, muchas de las propuestas de las que hemos hablado. De ella, algo más de 5.000 del total de esos kilómetros correspondían a la “Route 66” de la que todavía no hemos dicho apenas nada, y cuya concepción tuvo mucho que ver con el fracaso de otras propuestas, como veremos a continuación.





El nacimiento de la RUTA 66

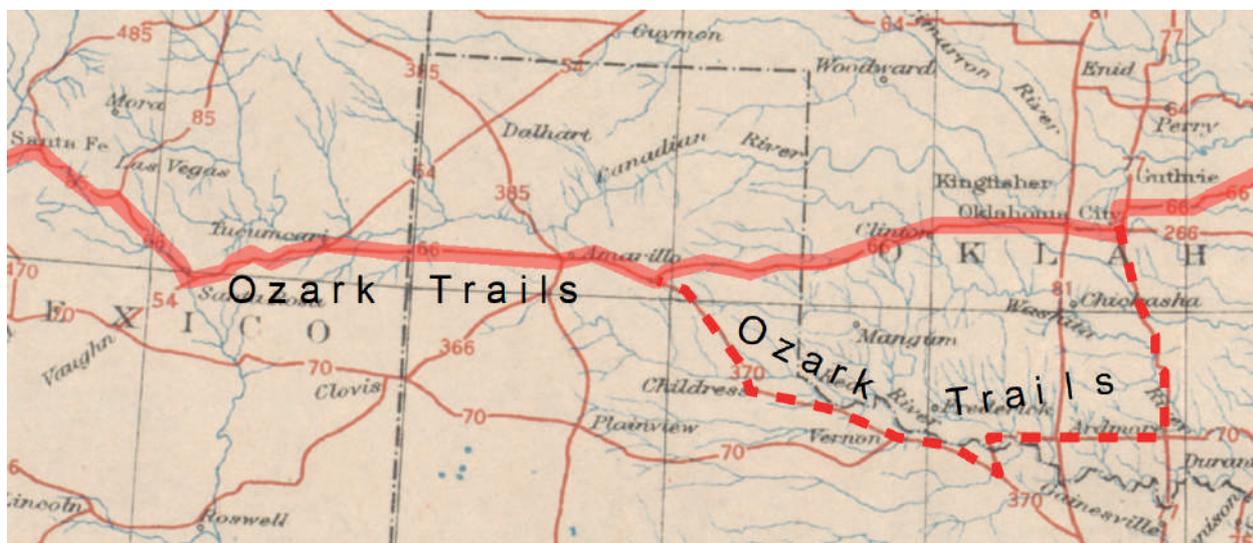
La que acabaría conociéndose como la “Route 66”, aunque su denominación oficial conforme a los criterios establecidos por la AASHO era “US Highway 66”, fue el fruto de una iniciativa lanzada tan tarde, por comparación con el resto de las competidoras, como en 1923. De hecho no estuvo sustentada por la correspondiente asociación patrocinadora hasta 1926 cuando su trazado definitivo estaba ya a punto de aparecer en el mapa oficial.

Su promotor fue el empresario Ciro Avery, natural de Tulsa, al nordeste del estado de Oklahoma. Su proyecto, conforme a lo que era inexcusable en aquellos días, trataba de conjugar los objetivos originales del “Good Roads Movement” con las aspiraciones de las asociaciones de fabricantes de automóviles, es decir, servir a los viajes interestatales, a los cortos itinerarios del ámbito rural y a las conexiones con los núcleos dotados de ferrocarril. Sin embargo y por delante de estas “nobles intenciones” movía a Avery una ambición no disimulada, la de conseguir que la ciudad en que había nacido no quedara al margen de la nueva red que empezaba a tomar cuerpo en esos días.

Era evidente que su propuesta entraba en conflicto con varias de las que venían compitiendo por hacerse un hueco entre las elegidas. Las más particularmente afectadas eran la “National Old Trails Road” y la “Lincoln Highway”, ambas promovidas por el Automóvil Club del Sur de California, ambas con origen en Los Angeles y ambas con destino, también común en el Océano Atlántico.

Si observamos la traza de la que acabaría siendo la R-66, enfrentada con las dos competidoras, podemos imaginar los argumentos con que Avery trataría de convencer a la otra parte. La nueva solución -diría él- satisfacía las aspiraciones de las asociaciones californianas, ya que con ella se podría viajar de forma directa desde Los Ángeles a San Luis y a Chicago, primeros objetivos tanto de la “National Old Trails Road” como de la “Lincoln Highway”. Desde allí llegar a la costa este y en particular a Nueva York, objetivo final de las dos propuestas, era mucho más fácil a causa de la alta densidad que la nueva red iba a tener en el este del país. Evidentemente y aun aceptando esto, estaba claro que las aspiraciones de Los Ángeles a disponer de buenas conexiones con los estados del noroeste quedaban truncadas. La lucha debió ser dura, pero al final el comité de la AASHO encargado de la decisión optó por la propuesta de Avery y las dos iniciativas californianas que habían sido planteadas en 1913 y 1918, quedaron excluidas de la nueva red.

Una vez que supieron que la propuesta tenía asegurada su incorporación a la lista de “US Highways”, la actividad del promotor se concentró en lograr que se les asignara un número de identificación de adecuado impacto. Era evidente que la magia de los “nombres propios” pesaba extraordinariamente aún en las cabezas de los responsables de las asociaciones y, al no disponer ya de ese recurso, decidieron sustituirlo por la magia de los números. Avery luchó a brazo partido para hacerse con el número “60”, redondo como pocos, debió pensar. Sin embargo su propuesta fue rechazada porque los números terminados en cero se reservaban para las rutas de



recorrido sensiblemente este-oeste, condición que esta futura “Highway” no satisfacía en su totalidad. Le ofrecieron el “62” pero se negó. Al final solicitó el “66”, se lo concedieron y, según parece, todos quedaron satisfechos.

Desde entonces la “US Highway 66 Association”, hasta su disolución en 1976, concentró su actividad en promocionar su uso y animar las iniciativas comerciales e industriales en sus proximidades. Su primer objetivo ante la Administración Federal consistió en conseguir que se realizaran actuaciones de señalización y pavimentación que dieran homogeneidad a todo el trazado, desde Chicago hasta Los Ángeles.

Las primeras actuaciones de señalización tuvieron que esperar un año, la completa pavimentación más de 10 años y la transformación de su trazado en uno de calidad estándar, más de 30, cuando en tiempos del Presidente Eisenhower pasó a la categoría de autopista interestatal y cambió su denominación a I-40.

La parte de la R-66 en la que vamos a centrar nuestro interés en el próximo artículo, incluía en su lado oeste un significativo trecho de la “National Old Trails Road” de la que se “apropiarían” Avery y su equipo. Se trataba de un largo tramo que iba desde Los Ángeles hasta Albuquerque, e incluso un poco más lejos. La coincidencia se puede observar en el plano.

El segundo “préstamo” del que se valió Avery, del lado este, estaba constituido por parte de los “Ozark trails”. Ozark es una extensa región natural de los Estados Unidos, que se extiende por Misuri, Kansas, Arkansas y Oklahoma. Su red de caminos, de bastan-

te densidad y una tradición vinculada a la actividad ganadera, la caza y la ocupación del territorio, disponía desde 1913 de su correspondiente asociación encargada de promover mejoras y solicitar ayudas del Gobierno Federal. El tramo que quedaría incorporado a la R-66 enlazaba con la “National Old Trails Road” en Santa Fe y recorría parte de los estados de Nuevo Mexico y Tejas, hasta llegar a Amarillo. De ahí en adelante la R-66 avanzaría en dirección oeste por caminos locales, distintos de los de Ozark, ajustándose preferentemente a la ruta del servicio postal y a los trazados ferroviarios hasta llegar a Oklahoma, ciudad que la ruta de Ozark alcanzaba, como se observa en el plano, dibujada a trazos, por un camino más largo.

Fue esta suma de tramos diversos de alrededor de 3.000 km lo que sustentó el éxodo de la familia Joad y de otros miles de familias de emigrantes que lo compartieron con ella. De todo esto tendremos ocasión de hablar en el próximo artículo. ❖

(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.)

Medalla de “Hermano del Santo” Cofradia de Santo Domingo de la Calzada



Santo Domingo de la Calzada, 16 de junio de 2024

El pasado 16 de junio se otorgó la medalla de “Hermano del Santo” a un grupo de 24 personas vinculadas estrechamente con la Asociación Técnica de Carreteras. Este reconocimiento fue concedido en virtud de su destacada labor y amplia contribución tanto en la junta directiva como en los comités técnicos de la asociación, así como por su activa participación en PIARC. La entrega de esta distinción resalta el compromiso y la dedicación hacia el desarrollo y mejora continua del sector de las carreteras

Discurso de agradecimiento del presidente de la ATC, Álvaro Navareño

En nombre de la Asociación Técnica de la Carreteras (ATC), asociación de la que tengo el Honor de ser Presidente, y de todos los que vamos a recibir esta Medalla de "Hermano del Santo" agradezco a la Cofradía de Santo Domingo de la Calzada que nos otorguen esta ilustre distinción. Extiendo este agradecimiento a su Prior, y por su puesto a esta bella localidad que nos acoge, de Santo Domingo de la Calzada, que nació al calor del Camino de Santiago, también al Abad y a su Alcalde, que nos acompañan.

Miembros de la junta directiva de la ATC, presidentes, expresidentes y colaboradores de los comités de la ATC, señoras y señores:

En 1934 se creó el Comité Español de la AIPCR (Asociación Mundial de la Carretera), constituido en el seno del Ministerio de Obras Públicas. No era más que la reunión de los ingenieros de carreteras españoles que conscientes de la necesidad de compartir experiencias entre ellos y con los ingenieros de otros países, perseguían la promoción y mejora de nuestras carreteras orientados exclusivamente por el interés general, al margen de intereses políticos o comerciales.

Hoy me cabe la distinción de representar a una asociación creada en el año 1971 por un grupo de personas que compartían un mismo objetivo: dar continuidad al citado Comité Español de la AIPCR creado en 1934, institucionalizando y adaptando la gestión de éste a las exigencias que la modernización de España imponía en aquellos años.

En la actualidad, en la asociación, a través de los distintos comi-

tés técnicos, trabajamos en definitiva para planificar, construir, conservar y gestionar mejor nuestras carreteras, para que presten mejores servicios a los ciudadanos y a sus usuarios (por cierto, cada vez más diversos). En sentido amplio, no lo olvidemos, para conservar y gestionar el Patrimonio vial existente. En el fondo hacemos algo muy similar a lo que hacía el bueno de Domingo García, por eso es nuestro patrón, el de los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

Pero además, la asociación constituye también un lugar de encuentro y colaboración independiente y objetivo entre la Administración Pública, los profesionales y las empresas para debatir y tratar la problemática de carácter técnico, económico y social de las carreteras. Y es que este trabajo, el de mejorar nuestras carreteras, requiere el compromiso de toda la sociedad; de los profesionales del sector; de los educadores; y de los medios de comunicación, llamados a jugar un papel esencial en la divulgación y el conocimiento de nuestro patrimonio vial.

Para ser conscientes de la importancia de las carreteras, dentro de las fronteras españolas se transportan cada año en torno a 1,5 millones de toneladas de mercancías. De ellas, el 96% se mueve por carretera mientras que un 3% se traslada en barco y apenas un 1% a través de la red ferroviaria, según los datos recogidos por el Observatorio del Transporte y la Logística en España (OTLE).

Pero además, hoy estamos junto al simbólico y real al mismo tiempo "Camino de Santiago" y en el hogar de Santo Domingo: algunos estudios

cifran entre 250.000 y 500.000 personas la afluencia anual de peregrinos a Santiago de Compostela en el siglo XII, una cifra astronómica si tenemos en cuenta que la población de la península Ibérica en ese momento sobrepasaba poco los 4 millones de habitantes. En 1993, 1998, y 2015, la Unesco ha concedido el título de Patrimonio de la Humanidad, respectivamente, al Camino Francés, los Caminos de Santiago en Francia así como a varios caminos de Santiago en el norte de España. Y la afluencia anual de los últimos años se cifra entre 300.000 y 400.000 personas. Es el único camino del España patrimonio de la Humanidad.

Todo este patrimonio vial, de carreteras y también de caminos históricos, generado y heredado constituye en sí mismo una herramienta para educar, no solo en conocimientos sino sobre todo en valores, enseñando a respetar lo que nos rodea, a apreciar al diferente, desarrollando el espíritu colaborativo que como seres humanos llevamos en nuestro ADN, todo ello representado en el Camino a Santiago también.

La medalla que vamos a recoger simboliza el reconocimiento a todos los galardonados y a su trabajo, y de la que sólo soy portavoz. Ello me permite una mayor libertad para proclamar que considero muy merecido el galardón, todos unidos por la generosidad y el esfuerzo de transmitir una herencia extraordinaria a las generaciones futuras.

Por todo ello, reiteramos nuestro más sincero agradecimiento a la cofradía de Santo Domingo.

Taller Sobre Actualización de Cartografía Digital de Carreteras TN-ITS



Madrid, 5 de abril de 2024

El pasado 5 de abril de 2024 tuvo lugar un “Taller Sobre Actualización de Cartografía Digital de Carreteras TN-ITS”, promovido por la Dirección General de Tráfico (DGT) con la colaboración de ITS España. Ha contado

con la participación del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible además de representantes de la Diputación Provincial de Valencia y de las empresas Here, Google, IPS vial y Disid.

El taller, se desarrolló de manera presencial desde la Sala Rosa Lima en la sede de la DGT en Madrid y se retransmitió, además, de forma telemática para facilitar la participación del mayor número de personas interesadas.

La jornada fue inaugurada por la D^a. Ana Blanco Bergareche, Subdirectora Adjunta de Circulación de la DGT del Ministerio de Interior, que en primer lugar quiso agradecer el esfuerzo y apoyo prestado por todos los participantes. Tras estas palabras de reconocimiento y agradecimiento, expuso el objetivo del taller, siendo éste valorar la importancia de facilitar y fomentar el intercambio de datos estáticos de la carretera entre las administraciones como proveedores de datos y los usuarios de estos datos.

Asimismo, expresó la importancia del papel que desempeña la movilidad en las estrategias nacionales y europeas y como el marco normativo se dirige a impulsar la digitalización de la carretera entendida como la accesibilidad a determinados datos de esta que facilitarán el objetivo de una movilidad más eficiente, segura, sostenible, inteligente y resiliente. Además, destacó la necesidad de colaboración entre todos los miembros implicados en el “ecosistema” de la carretera para poder contar con datos confiables y que estos puedan utilizarse de manera ágil por los usuarios interesados a través de un único punto de acceso nacional (NAP).

A continuación, intervinieron los representantes de los proveedores de Cartografía Digital, D^a Pilar Ruiz Villanueva de Here Technologies, y D^a Rebeca Joaquín Graña Google, exponiendo sus necesidades y avances como consumidores de los datos. Expusieron la situación internacional en la materia, poniendo como ejemplo el trabajo que desarrollan con países como Italia, Francia, Finlandia, Noruega o Suecia, y la importancia de contar con datos estándar y confiables. Ambas agradecieron la colaboración actual de la DGT y la DGC en cuanto a los Mapas de Velocidades que reciben, insistiendo en la necesidad de am-

pliar esta transmisión de datos a otras señales de las carreteras que permitirán que la información proporcionada al usuario sea más concreta y precisa.

Posteriormente, D^a Lina Gaviria, de la Subdirección General de Movilidad y Tecnología de la DGT, expuso el marco normativo de referencia para el proyecto TN ITS y la obtención de datos estáticos. En primer lugar, mencionó la Directiva (UE) 2023/2661 que modifica la Directiva 2010/40/UE por la que se establece el marco para la implantación de los sistemas de transporte inteligentes en el sector del transporte por carretera. Desde esta normativa se anima a los Estados miembros a que hagan accesibles los datos a través de puntos de acceso nacionales lo antes posible en interés de la seguridad vial. D^a Lina Gaviria mencionó en su intervención que actualmente hay dos puntos de acceso nacional, el del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible y el de la DGT que comparten tanto datos estáticos como dinámicos sobre transporte y sobre tráfico respectivamente. La directiva mencionada anima a aunar esfuerzos para conseguir una única ubicación donde compartir los datos para facilitar su consulta a los usuarios consumidores de estos.

Centrándose en los datos estáticos sobre los que trata la jornada, menciona como referencia el Reglamento delegado UE 2022/670 que sustituye el anterior de 2015/962. Dicho reglamento define cuáles son los datos estáticos esenciales y amplía la cobertura geográfica donde se tendrán que obtener esos datos a las carreteras de la red de los Estados miembros que tengan una IMD mayor de 8.500 vehículos.

Para finalizar añadió cómo funciona el punto de acceso nacional de tráfico donde se estandarizan e integran los datos que se reciben

desde las distintas administraciones, y el plan de implementación en un futuro inmediato mencionando fechas relacionadas con las exigencias que marca la directiva europea. Como meta última, se persigue contar con datos compartidos de toda la red, con métodos implantados de recogida y actualización, a finales de diciembre de 2028.

A continuación, participaron representantes de administraciones que ya están compartiendo datos a la plataforma mencionada. En representación del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, D^a Cristina Libertad Benítez Rivera, de la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos, expuso el trabajo de la Dirección General de Carreteras (DGC) para generar el inventario de los distintos elementos de la RCE, explicando el proceso, desde la toma de datos en campo en los 168 sectores de conservación hasta el trabajo de gabinete posterior para analizar y actualizar la información.

La DGC cuenta con un inventario de elementos viales que actualiza regularmente y, de todos esos datos, se comparten con el punto de acceso nacional los relativos a las señales de limitación de velocidad desde el año 2020, siendo la primera administración en participar de esta iniciativa. El inventario de señalización vertical de aproximadamente 23.500 km de red se gestiona a través de la aplicación InCa Carreteras, desarrollada por la empresa IPS Vial. Actualmente la DGC cuenta con 1.610.211 datos registrados, 745.775 corresponden a señales verticales, 135.099 a carteles de orientación y 729.337 a los soportes de estos elementos. Se registran también las actuaciones realizadas sobre estos elementos en el tiempo y hasta la fecha estas superan los 2,5 millones.

Al finalizar su intervención, D^a Cristina Libertad Benítez Rivera dio paso al director técnico de la mencionada empresa, D. Julio Amarillas Barrios, que explicó de manera detallada cómo se visualizan y gestionan los elementos de señalización vertical instalados en las carreteras de la red del Estado y como todos ellos ya se están exportando y compartiendo desde hace tiempo en el formato requerido.

Terminó el turno de intervenciones con la Diputación de Valencia representada por D. Javier Piedra Cabanes, Director del Área de Carreteras, y D^a Laura Martínez Salinas, Jefa de la Sección de Modernización.

D^a Laura Martínez explicó en su intervención que la Diputación de Valencia cuenta también con el inventario de los elementos viales instalados en las carreteras de su competencia y este se gestiona y se actualiza regularmente a través de la aplicación gvSIG roads, de la que explicó el funcionamiento. Se hace hincapié en la importancia que, desde la Diputación de Valencia, se está dando al mantenimiento y actualización del inventario. Actualmente aplicación mencionada se ha convertido en una herramienta de gestión para todos los aspectos relacionados con las carreteras de la Diputación. La intención, y con ese objetivo se está trabajando, es comenzar a compartir datos con el punto de acceso nacional de manera inmediata.

Tras su exposición toma la palabra D. Daniel Frías Garrido de la empresa Disid, desarrolladora de la aplicación gvSIG roads, para comentar el desarrollo de la esta a lo largo de los años y su evolución a ISI roads. Explicó que desde esta última aplicación se podrá compartir los datos, haciendo disponible y accesible de manera confiable la información sobre señalización de tráfico.

El contenido de todas las charlas puso de manifiesto las ventajas de compartir datos estáticos de la carretera y la necesidad de los titulares de las redes de contar con inventarios de los elementos viales, no solo porque les permitirá compartir los datos exigidos desde Europa en un futuro próximo, sino como una valiosa herramienta de gestión en la conservación de sus carreteras. Por otro lado, contar con datos confiables requerirá de la actualización de estos inventarios de forma regular de cara a su incorporación en el punto de acceso nacional, punto único de referencia donde titulares de las vías y titulares de servicios puedan hacer accesibles y disponibles los datos en un formato común. En este sentido, la Subdirectora D^a Ana Blanco comentó para finalizar, la intención de la DGT de emitir unas recomendaciones o una guía que establezca las necesidades en cuanto al formato de los datos para su posterior integración en el punto de acceso nacional de tráfico. ❖

El contenido de todas las charlas puso de manifiesto las ventajas de compartir datos estáticos de la carretera y la necesidad de los titulares de las redes de contar con inventarios de los elementos viales, no solo porque les permitirá compartir los datos exigidos desde Europa en un futuro próximo, sino como una valiosa herramienta de gestión en la conservación de sus carreteras. Por otro lado, contar con datos confiables requerirá de la actualización de estos inventarios de forma regular de cara a su incorporación en el punto de acceso nacional, punto único de referencia donde titulares de las vías y titulares de servicios puedan hacer accesibles y disponibles los datos en un formato común. En este sentido, la Subdirectora D^a Ana Blanco comentó para finalizar, la intención de la DGT de emitir unas recomendaciones o una guía que establezca las necesidades en cuanto al formato de los datos para su posterior integración en el punto de acceso nacional de tráfico. ❖

El contenido de todas las charlas puso de manifiesto las ventajas de compartir datos estáticos de la carretera y la necesidad de los titulares de las redes de contar con inventarios de los elementos viales, no solo porque les permitirá compartir los datos exigidos desde Europa en un futuro próximo, sino como una valiosa herramienta de gestión en la conservación de sus carreteras. Por otro lado, contar con datos confiables requerirá de la actualización de estos inventarios de forma regular de cara a su incorporación en el punto de acceso nacional, punto único de referencia donde titulares de las vías y titulares de servicios puedan hacer accesibles y disponibles los datos en un formato común. En este sentido, la Subdirectora D^a Ana Blanco comentó para finalizar, la intención de la DGT de emitir unas recomendaciones o una guía que establezca las necesidades en cuanto al formato de los datos para su posterior integración en el punto de acceso nacional de tráfico. ❖

Taller Sobre la Actualización de la Cartografía Digital de Carreteras. TN ITS

Viernes 5 de abril (11 a 13h)

Dirección General de Tráfico
c/Josefa Valcarcel 44. 28027. Madrid
Sala Rosa de Lima y Telemática

11:00 – Inicio de la Jornada

- **Bienvenida e Introducción.**
Ana I. Blanco Bergareche. DGT
Jaime Huerta. ITS España
- **Necesidades de los proveedores de Cartografía Digital.**
Dña. Pilar Ruiz. Here
Dña. Rebeca Joaquín. Google
- **Herramienta del NAP para integrar información por parte de los titulares.**
Dña. Lina Gaviria. DGT
- **Casos de éxito**
 - **Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible. Dña. Cristina Benítez**
 - **Diputación Provincial de Valencia. Dña. Laura Martínez**
- **Coloquio**

La Jornada se retransmitirá por la herramienta GOTOWEBINAR, pero también será accesible para poder interactuar por WEBEX a través del siguiente link que será remitido a todos los inscritos:
<https://dgt.es.webex.com/dgt.es/j.php?MTID=m996c42df130c075cfe5bbe2e65e2bb98>




PULSE AQUÍ PARA LA INSCRIPCIÓN A LA JORNADA






“EL SABER NUNCA HA ESTADO TAN CERCA”



Descubre más en

www.atc-piarc.com

Seminario Internacional

Comportamiento de los pavimentos de carreteras que utilizan ligante hidrocarbonados en el contexto de África tropical

Durante los días 26 al 28 de febrero se celebró un seminario internacional en Abiyán, Costa de Marfil, titulado "Comportamiento de los pavimentos de carreteras que utilizan ligante hidrocarbonados en el contexto de África tropical". Estuvo organizado por el CNI-Route que es el Comité Nacional de PIARC/AGEPAR. El Dr. Paulin Kouassi es supresidente, consejero del LBTP, que es el laboratorio de nacional de referencia, y fue quien organizó el seminario junto con el Dr. Arnaud Tapé, que es consultor. El número de asistentes fue de 250. En la inauguración participaron numerosas autoridades con notable implicación del ministro de infraestructuras y conservación.

En el seminario participaron también representantes de Mali, Senegal, Níger, Francia y España.

Los temas que se trataron se enfocaron a los problemas que sufren las carreteras del país, de la región y sus posibles soluciones. En general, se podría apuntar a las roderas como principal problema que padecen los países de la zona. Las temperaturas, las cargas excesivas de los camiones, los betunes, fueron temas que se abordaron. También se trataron otros temas como la interpretación de los ensayos, la utilización de betunes modificados y el reciclado. Se propuso adaptar las normas, materiales y métodos de forma que fuera su comportamiento el

factor determinante para su estudio y elección de estrategias.

Por parte de España se mostró la experiencia propia en la lucha contra las roderas que se dio hace más de cuatro décadas. También se aportó la experiencia de un estudio del CEDEX en Marruecos sobre ese problema. Hay que señalar que las roderas afectan de forma grave a toda África, especialmente a la que sigue métodos de diseño franceses. Se quiere apuntar a una oportunidad de colaboración con Costa de Marfil y otros países con España para compartir nuestra experiencia en ese problema.



De izquierda a derecha y de arriba a abajo: Vista de la sala ; Dr Paulin Kouassi director del seminario; Dr Amédé Koffi Kouakou, ministro de infraestructuras; Jean François Corté exsecretario general de PIARC; Oscar Gutiérrez-Bolívar; visita técnica al laboratorio LBTP



XVII Jornadas de Conservación de Carreteras

“Conservación y evolución sostenible”

Burgos, 11, 12 y 13 de junio de 2024

Del 11 al 13 de junio se han celebrado en el Forum Evolución de Burgos las XVII Jornadas de Conservación y Explotación de Carreteras, cuyo lema fue “Conservación y evolución sostenible”.

Pasados casi tres años de la XVI edición celebrada en Sevilla, esta nueva convocatoria ha tenido de nuevo una gran aceptación con cerca de 700 asistentes.

Las jornadas se han desarrollado en once sesiones de contenido variado, cuyo resumen extractado es el siguiente:

Día 11 junio

La primera de las sesiones **NUEVOS MODELOS DE CONTRATACIÓN**,

presidida por **Paula Pérez**, contó con tres ponencias y una mesa redonda.

La primera de las ponencias, a cargo de **María Santino**, analizó la situación actual de los contratos de conservación integral (101 contratos de servicios y 55 contratos mixtos), los últimos cambios en el PCAP, destacando como novedad la inclusión del certificado de gestión de la seguridad vial como acreditación de la solvencia técnica y las próximas novedades a incluir en los pliegos. Además, se expuso la NS 1/2023 referente al procedimiento de retirada de animales muertos

A continuación, **Emilio Criado**, expuso los nuevos contratos de servicios de mantenimiento de firmes y estructuras licitados en la Subdirección General de Conservación y Gestión de

Activos, como nuevo modelo de contratación que permita agilizar la respuesta ante necesidades detectadas en ambos activos.

Victor Manuel Sarabia, desarrolló los nuevos contratos de limpieza viaria y SELUR en la ciudad de Madrid, de servicios y de concesión de servicios respectivamente, destacando la reducción de costes conseguida con unas instalaciones más sostenibles, la proximidad de los cantones a los sectores y la amortización en 6 años, con sus implicaciones contractuales.

La mesa redonda centró el debate en los contratos de servicios de mantenimiento de activos explicados por **Emilio Criado**. Se incorporaron a la misma **M Carmen Plaza**, **Camino Arce** y **Eduardo Vara**, moderando **Paula Pé-**

rez. Pese a las dificultades encontradas en su licitación y desarrollo, la valoración general de los contratos por las distintas partes es sumamente positiva.

En la segunda sesión, **SISTEMAS DE GESTIÓN**, presidida por **Álvaro Navareño**, se habló tanto de Sistemas de Gestión de Infraestructura como de Centros de Gestión de Infraestructuras implantados actualmente en distintas entidades.

En el caso de la DGC (**Vicente Vilanova** y **Javier Gutierrez**), el Centro de control de Granollers, que da servicio a la Demarcación de Carreteras del Estado en Cataluña, que permite conocer el estado de la carretera en todo momento y coordinar tanto las operaciones llevadas a cabo por distintos sectores en Cataluña como la vialidad, como sistemas de ayuda en condiciones meteorológicas adversas, y las incidencias con otros organismos; en un futuro se integrarán también los túneles de la demarcación de Cataluña.

SEITT (**Máximo Machado**), expuso su actual sistema de gestión, resultado de homogeneizar los provenientes de las distintas autopistas, tanto en lo que se refiere a inventario como a las operaciones de conservación de todos sus elementos.

A continuación se presentó el Centro de control de la M-30 (**Javier Bergés** y **Raquel Bartolomé**), de especial complejidad por la elevada IMD, y el reciente desarrollo de sus nuevas herramientas de explotación. En especial el Sistema de Control Unificado, y de su nuevo módulo de "workflow".

Por último, **Zacarías Barcenilla**, contó el estado de desarrollo de la nueva base de datos de Túneles de la RCE, BIT 3.0 (BASE DE DATOS DE INVENTARIO, INCIDENCIAS E INSPECCIONES) para la que se ha desarrollado un nuevo modelo de datos y nuevas funcionalidades. Cuenta con 534 tubos correspondientes a 358 túneles, lo que supone más de 300 kms de red.

En las **COMUNICACIONES LIBRES** de la sesión número 3, coordinada por **Francisco García**, se expusieron siete ponencias y fueron resumidas las otras catorce recibidas:

- Implementación de grafos para señalización de equipos en infraestructuras complejas de transporte. **Manuel Muelas**. EME30
- Tratamiento antihielo. **Emanuele Interlando**. Química de los pavimentos
- Obra de emergencia para atender la patología observada en la circunvalación de burgos BU-30. **Antonio Diego**. GPYO
- Obra de emergencia de sustitución de vigas en el vano 30 del puente José león de carranza, en la carretera CA-36. **José María Padilla**. MITMS
- Inspección autónoma de carreteras en sector B-05 de Mitma. **Raúl Fernández**. Serveo
- Gestión de un contrato de mantenimiento y reparación de estructuras. **Anna Leal**. Sorigue
- Tecnologías de recarga inductiva dinámica en pavimentos: construcción y evaluación de un tramo experimental en Madrid. Proyecto Cardhin. **José Ignacio Hervás**. ImesApi

Para terminar el primer día, la cuarta sesión, **GRUPOS DE TRABAJO** presidida por **Vicente Vilanova**, recogió el trabajo de los distintos grupos de trabajo en el seno del Comité de Conservación.

El primero de ellos, liderado por **Javier Uriarte** y ya cerrado en el ciclo anterior, Colocación y retirada de señalización de obra, aborda la problemática de estos trabajos por el riesgo que suponen para los operarios,

El segundo, liderado por **Jaime López Cuervo**, Formación en conservación, vigilantes D.O., Técnicos COEX y

otro personal de operativa, analiza las funciones de un vigilante adscrito a la dirección de un contrato y la formación necesaria, exponiendo la situación actual de los mismos en cuanto a número y edad media y las necesidades a futuro de este colectivo.

Por último, liderado por **Montserrat Roa** y expuesto de manera conjunta con **Pedro Pampillón**, Innovación para la seguridad de los trabajadores, contó las tres líneas de trabajo en desarrollo: Catálogo de fichas de maquinaria, implementos o herramientas y EPIs, Equipamiento tipo para el furgón de vigilancia para conservación y Aspa-flecha conectado.

Día 12 junio

El segundo día inició con la sesión cinco, **PLAN DE RECUPERACIÓN, TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA**, coordinada por **Christian de la Calle**, en la que se abordaron las nuevas inversiones con cargo al mismo que se están llevando a cabo en materia de humanizaciones (**Rafael Eguigaray**), reducción de ruido, protección de la fauna (**Francisco Pérez María**) y eficiencia y adecuación de túneles (**Luis Azcue** y **María José Martínez**).

Rafael repasó las submedidas gestionadas de forma directa por la Subdirección de Conservación y Gestión de Activos enmarcadas en las componentes de humanizaciones, usuarios vulnerables y sostenibilidad, así como los proyectos destacados en marcha y proyectos en cartera.

Por su parte, Francisco Pérez María expuso las medidas contra el ruido tanto en fase de planificación como de proyecto, destacando las medidas para agilizar su tramitación. Asimismo, analizó la siniestralidad asociada al atropello de fauna y medidas asociadas, destacando las actuaciones ejecutadas y en curso.



La última sesión de la mañana, sesión siete, **TECNOLOGÍA**, fue coordinada por **José Menchén**, una sesión totalmente necesaria puesto que el momento actual de transformación requiere ir de la mano de la digitalización y las nuevas tecnologías.

Ignacio González expuso las iniciativas en materia de innovación en la DGC, repasando los distintos proyectos en marcha, así como de digitalización. **Xalo Fernández**, por su parte, finalizaría la sesión con la situación actual del SIG en conservación de carreteras.

Como caso concreto de innovación tuvimos oportunidad de conocer la Innovación en el Comportamiento Mecánico de los Pavimentos Asfálticos desarrollado por **Félix Pérez**. Se centró entre otros temas en el ensayo EBADE, para caracterización de la respuesta a fatiga de las mezclas o del betún.

Marta Martínez, detalló tecnología desarrollada por la DGT empleada en gestionar la movilidad. EN concreto del marco jurídico, como es la Directiva de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) 2010/40; modificada por la Directiva 2023/2661, en proceso de transposición. Y concretó con las especificaciones y requisitos para cumplir el Reglamento delegado 2022/670, así como las nuevas tecnologías que despliega la DGT.

La digitalización, más allá de lo expuesto, se completó en la sesión de la tarde de **EXPLOTACIÓN**, moderada por **Rosalía Bravo**, de la mano de **Sergio Cava** que explicó su aplicación al proyecto en marcha de gestión de expedientes de uso y defensa de carreteras.

Además, **Pablo Conde** hizo balance las concesiones de autovías de primera generación con fecha de finalización a final del 2026.

El día terminó con la ponencia de **Rodrigo Moltó** que explicó los nuevos



En materia de túneles, María José detalló la normativa en la que se enmarca la adecuación de túneles centrándose su exposición en las numerosas obras en marcha en la demarcación de carreteras de Andalucía Oriental. Por su parte, Luis Azcue explicó el plan de eficiencia energética en túneles.

Para finalizar la sesión, **Antonio Pérez Peña**, centró su exposición en los carriles bici como elemento básico de una movilidad sostenible, con referencias a la Guía de recomendaciones para el diseño de la infraestructura ciclista.

La siguiente sesión, **SOSTENIBILIDAD**, presidida por **Antonio Muruais**, abordó temas de interés y necesarios

en los que actualmente se está trabajando para hacer frente a la actual crisis ambiental ante la que nos encontramos. Así pues, bajo el paraguas de la Ley de Movilidad sostenible y contando asimismo con el plan de descarbonización de la DGC y la estrategia de eficiencia energética, se desarrollaron las siguientes materias clave:

- Descarbonización, **Javier de las Heras**
- Reutilización de firmes, **Ángel Luis Martínez**
- Autogeneración y seguridad energética, **Ferrán Camps**
- Plan de adaptación al cambio climático, **Marta Gutiérrez**



requerimientos dispuestos en el nuevo marco jurídico europeo en relación con la infraestructura para combustibles alternativos y las zonas de estacionamiento seguras y protegidas, analizando el estado actual y próximos pasos.

Día 13 junio

El tercer y último día se inicia con la sesión 9, **SEGURIDAD VIAL**, presidida por **Roberto Llamas** quien además en la segunda de las ponencias explicó la nueva metodología de evaluación de la seguridad de las carreteras y los contratos recientemente licitados en la DGC.

Asimismo, **M Carmen Plaza** contó las evaluaciones en la Comunidad de Madrid con ejemplos prácticos que incorporan nuevas tecnologías.

Desde la DGT, **Lina Gaviria** expuso la plataforma DGT 3.0 y el trabajo llevado a cabo en relación con el cono conectado que permitirá geoposicionar los cortes de carril.

Por último, **Francisco García**, hizo un resumen de los Premios ACEX a la seguridad en conservación, con más de 300 iniciativas presentadas a lo largo de todas sus ediciones y estando en ese momento próximos a celebrar su edición número 20

A continuación, en la sesión diez de **VIALIDAD INVERNAL**, presidida

por **Luis Azcue** tuvimos oportunidad de profundizar en la plataforma de viabilidad desarrollada en la Subdirección General de Conservación y Gestión de Activos, explicada por **Xabi Gago** y **José García**. Además, ligado a la plataforma y la gestión de incidencias, Luis Azcue repasó las restricciones a la circulación.

Jaime López Cuervo, explicó los resultados obtenidos en la campaña 2023-2024 del proyecto piloto de medida de concentración de fundentes en calzada.

Por último, **Vicente de la Cruz** contó los servicios y aplicaciones de geolocalización de HERE, compañía que opera a nivel global.

La última sesión, **OTRAS ADMINISTRACIONES**, coordinada por **Javier Fernández Armiño** permitió conocer distintas iniciativas y proyectos singulares llevados a cabo en otros organismos: el caso de la carretera de La Palma, actuación declarada de emergencia que permitió a la DGC ejecutar las obras necesarias en la Isla de La Palma (**Fernando Hernández**), actuaciones innovadoras en la Generalitat de Cataluña (**Anna Bullich**), conservación de patrimonio viario en Castilla y León, con especial referencia al puente sobre el río Pisuerga en Simancas (**Julio González** y **Ángel Luis Saiz**) y distintos trabajos que actualmente desarrolla el CEDEX para apoyar a la DGC en materia de conservación a través de encargos en marcha (**Laura Parra**)

El **acto de clausura** puso fin a las jornadas que, a lo largo de las 11 sesiones, han permitido dar a conocer y compartir experiencias en distintos ámbitos y proyectos de futuro tanto de temas más novedosos por su componente tecnológica o de innovación como temas más tradicionales tratados desde un enfoque más actual y centrado en el usuario. ❖

Jornada Técnica

Adaptación al cambio climático en carreteras



Madrid, 30 de mayo de 2024

El 30 de mayo se celebró la jornada sobre “Adaptación al cambio climático en carreteras”, organizada por el comité C14 Carreteras Sostenibles y resilientes de la Asociación Técnica de la Carretera (ATC).

Esta jornada es una de las primeras que se celebra de forma específica para abordar la cuestión de la adaptación de las carreteras en nuestro país y, con ella, se ha

perseguido un doble objetivo. Por un lado, el de compartir las iniciativas que se están llevando a cabo por parte de distintas administraciones para afrontar el reto del Cambio Climático en las carreteras y, por otro lado, la presentación de la metodología de adaptación al cambio climático en carreteras desarrollada en el ámbito de la ATC, que tiene en cuenta los trabajos previos realizados por el CEDEX,

la experiencia de los distintos expertos que han participado en su redacción, así como las principales referencias a nivel nacional e internacional. Esta metodología constituye una herramienta a disposición de los usuarios para evaluar los riesgos frente al cambio climático en carreteras y avanzar en el desarrollo de distintas propuestas de medidas de adaptación y prevención para reducir sus impactos.

La jornada fue inaugurada por D. Antonio Muruais, Subdirector General de Sostenibilidad e Innovación de la Dirección General de Carreteras (DGC) del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible (MITMS), junto a D. Alvaro Navareño, presidente de la ATC, y D^a. Áurea Perucho, directora del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). En la inauguración se resaltó la importancia de la adaptación al cambio climático en la agenda y estrategias del Ministerio de Transportes y Movilidad Sostenible, destacando la reciente creación de la Subdirección de Sostenibilidad e Innovación. Así mismo, se puso de manifiesto la importancia de llevar a cabo este tipo de jornadas y de publicar recomendaciones para avanzar en la adaptación al cambio climático de las carreteras, con el fin de alinear los esfuerzos de las administraciones y empresas hacia la consecución de unas redes de transporte resilientes frente a diferentes amenazas; en este caso, las derivadas del cambio climático.

Tras la inauguración, D. Antonio Muruais, en su calidad de presidente del comité C14 Carreteras sostenibles y resilientes, dio paso a los distintos ponentes de la Sesión 1 “LA ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO POR PARTE DE LAS ADMINISTRACIONES DE CARRETERAS”.

En primer lugar, intervino D^a Patricia Klett, de la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), que presentó “El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático”, explicando el contexto de la adaptación al cambio climático desde el punto de vista normativo, tanto a nivel nacional como europeo. El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (2021-2023) y el Programa de Trabajo (2021-2025) recogen, para el ámbito del trans-

porte y la movilidad, una serie de medidas e indicadores que se deben poner en marcha para avanzar en la senda de la adaptación. En su presentación, D^a Patricia Klett hizo referencia a las infraestructuras como servicios críticos y llamó la atención sobre el hecho de que una escasa conciencia de la gravedad potencial de los impactos climáticos da lugar a una preparación inadecuada, indicando así mismo que los enfoques reactivos o excesivamente limitados pueden provocar una maladaptación.

A continuación, se proyectó un video con la ponencia de D^a Gordana Petkovic, de la administración de carreteras noruega, que presentó “Cambio climático y resiliencia. Marco metodológico PIARC”. Este marco metodológico para la adaptación al cambio climático, desarrollado por la Asociación Internacional de la Carretera (PIARC), está pensado para, de forma flexibles, ser aplicado por todos los países, prestando especial atención a los países de ingresos medios y bajos. Este trabajo es el resultado del grupo de trabajo 2 del comité TC 1.4 de PIARC, liderado por Gordana Petkovic durante el ciclo 2020-2023, y recoge una gran cantidad de casos de estudio y ejemplos que pueden ayudar a desarrollar estrategias de adaptación.

Posteriormente, fue el turno de D^a Elisabet Vila, de JASPERS, que presentó las “Experiencias de JASPERS en adaptación al cambio climático”. En su exposición, D^a Elisabet Vila hizo referencia a la experiencia que se está desarrollando en Polonia para analizar la vulnerabilidad de su red de carreteras al cambio climático e hizo referencia a la importancia de conseguir que la adaptación al cambio climático se convierta en un objetivo político de los gobiernos. En ese sentido, destacó que las evaluaciones a nivel

de red son una gran oportunidad para invertir en las redes de carreteras existentes, ya que son una herramienta para identificar necesidades de inversión en adaptación y pueden ser una forma de conseguir financiación europea y servicios de asistencia técnica, disponibles para adaptación al cambio climático. Así mismo, estas evaluaciones pueden ayudar a abordar otras necesidades prioritarias (seguridad vial, ITS, infraestructura para combustibles alternativos, etc.).

D^a Laura Crespo, jefa del área de Calidad del Aire y Cambio Climático del Centro de Estudios de Técnicas Aplicadas (CETA-CEDEX), presentó la “Metodología para evaluación de riesgos por cambio climático en carreteras (ATC)”, que fue desarrollada también durante el ciclo 2020-2023 por el grupo de trabajo transversal sobre cambio climático de la ATC, creado precisamente en 2020 para comenzar a abordar los retos del cambio climático en carreteras dentro de la asociación. La metodología está estructurada en una serie de fases (análisis de impactos, vulnerabilidad, riesgo y resiliencia, incluyendo dentro de esta última etapa la propuesta de medidas de adaptación) y es coherente con otros marcos metodológicos, como el IPCC, PIARC y las recomendaciones europeas al respecto. Este documento de trabajo proporciona una serie de tablas y criterios para objetivar determinadas evaluaciones, como por ejemplo el análisis de la sensibilidad de los activos o la severidad de los impactos. En todo caso, se ha de tener en cuenta que la metodología debe ser aplicada siempre teniendo en cuenta el criterio experto del evaluador, y que se debe llevar a cabo un proceso de refinamiento y calibrado para mejorar la propia metodología. La metodología ayudará a la toma de decisiones mejor



Arcos y D^a Mónica Laurea Alonso, jefa de servicio de la Diputación de Valencia.

Durante la mesa redonda el público expresó su interés en la temática haciendo múltiples preguntas, tanto relativas a la forma en la que se consideran los distintos impactos (fuentes de datos, incertidumbres asociadas), las posibles oportunidades para financiar la adaptación, consideraciones relativas a las amenazas en los túneles, etc. Todo ello permitió que hubiera por parte de las ponentes una gran participación y se pusieron muchas ideas interesantes sobre la mesa, destacando como mensajes el hecho de que las experiencias más recientes ponen de manifiesto la importancia de estar preparados y el enfoque de la adaptación al cambio climático ya es una realidad para muchas administraciones.

Tras el descanso, D^a Laura Parra, vicepresidenta del C14 y directora del Centro de Estudios del Transporte (CET-CEDEX), abrió la segunda sesión de la jornada, LA AFECCION DEL CAMBIO CLIMÁTICO A LOS ACTIVOS DE CARRETERAS, dedicada al análisis detallado de los activos viarios principales estudiados en la metodología de adaptación al cambio climático.

En primer lugar, participó D. José Nofuentes, de Lantania, quien explicó la "Sensibilidad de los túneles frente al cambio climático". Los túneles son activos a considerar por los posibles impactos que pueden sufrir derivados del cambio climático; principalmente, en lo que respecta a la zona de emboquilles, ya que esa zona está expuesta a una serie de amenazas geotécnicas que deben ser analizadas detalladamente. En cambio, el interior del Túnel está poco expuesto a los efectos del CC. Como conclusión comentó que se pueden tomar

informada desde el punto de vista de la adaptación al cambio climático, seleccionando las mejores opciones de adaptación para cada caso particular.

D^a Yolanda Alcaraz, jefa del Área de Explotación de la Dirección General de Carreteras de la Comunidad de Madrid expuso la "Experiencia de la Comunidad de Madrid en la gestión de impactos climáticos en carreteras", particularizando para el caso de la nevada Filomena y la DANA de los días 3 y 4 de septiembre de 2023, que provocó en la Comunidad de Madrid 100 km de carreteras cortadas y el colapso completo de tres puentes en Aldea del Fresno. Esta experiencia está haciendo que la Comunidad de Madrid sea consciente de que hay que cambiar la forma de conservar las carreteras hacia un nuevo modelo que tenga en cuenta la necesidad de adaptación de la red, ya que algunas de las estructuras que colapsaron durante la DANA de septiembre estaban en buen estado de conservación, pero eran vulnerables a las acciones climáticas. D^a Yolanda Alcaraz explicó que la Comunidad de Madrid ya ha comenzado a particulari-

zar la metodología propuesta para la ATC para el caso de estudio de los puentes de Aldea del Fresno. El objetivo de aplicar la metodología es añadir en el sistema de gestión nuevos indicadores basados en este diagnóstico (exposición, sensibilidad, vulnerabilidad y criticidad), que ayuden a identificar dónde están los problemas asociados al cambio climático, para proponer y priorizar las medidas de adaptación.

Por último, D^a Ana Arcos, del MITMS, presentó las "Experiencias de la DGC. Plan de Adaptación de la Red de Carreteras del Estado al Cambio Climático". Este plan se basa en la metodología particularizada a las circunstancias de la RCE, ya que se ha de tener en cuenta la extensión de la red y la gran cantidad de activos que se deben analizar. En ese sentido, puso de manifiesto algunas dificultades que se están encontrando para recopilar toda la información que hace falta para llevar a cabo un buen diagnóstico de la situación.

A continuación, se abrió una mesa redonda en la que participaron D^a Elisabet Vila, D^a Yolanda Alcaraz, D^a Laura Crespo, D^a Ana



distintas medidas para disminuir la sensibilidad en los emboquilles, en todas las fases del ciclo de vida del túnel, si bien es mejor actuar pronto (fase de diseño y construcción) que tarde (mantenimiento y rehabilitación) ya que los costes van aumentando. Dada la heterogeneidad de los túneles, puede ser necesaria una evaluación multicriterio. Finalmente, incidió en el hecho de la importancia de incorporar criterios

de cambio climático en la gestión de los túneles y crear bases de datos de sensibilidad frente al CC de nuestros túneles.

D. Emilio Criado, del MITMS, compartió una serie de reflexiones relativas a las "Afecciones del cambio climático sobre las Obras de Drenaje Transversal". En cuanto a los principales impactos, se refirió a los que afectan a la durabilidad de

las ODTs (degradación acelerada y socavación a la entrada y salida de la ODT) y los que afectan a la capacidad de servicio (capacidad hidráulica insuficiente). Al respecto, explicó la dificultad de determinar la exposición de los activos, atendiendo a las variables de diseño de las ODTs. En cuanto al estudio de la sensibilidad de los activos, comentó que las matrices de sensibilidad se deberán particularizar para las distintas tipologías y se deberán ponderar los factores de sensibilidad. D. Emilio Criado comentó también que se deberá calibrar la metodología, se deberá profundizar el tratamiento de datos anómalos y se deberá contar con nuevos datos de diseño, tales como los relativos a la torrencialidad, para afrontar las nuevas condiciones climáticas. Por último, destacó también la necesidad de implementar metodologías de estudios coste beneficio para la selección de medidas de adaptación.

D. Felipe Collazos, de la DCE del MITMS en Cantabria, presentó el "Análisis de la resiliencia de las obras de tierra en Cantabria". Durante su intervención, expuso las actuaciones recientes llevadas a cabo para aumentar la resiliencia de las obras de tierra en Cantabria y explicó los distintos impactos que pueden afectar tanto a los desmontes como a los terraplenes, poniendo ejemplos de afecciones sufridas en la RCE en Cantabria. Así mismo, mostró ejemplos de medidas de adaptación exitosas que se han implementado y que están contribuyendo a una buena adaptación de la red.

D. David López y D^a Marta Per tierra, ambos socios directores de la empresa Ines Ingenieros, enfocaron su presentación en la "Gestión resiliente de puentes a través de la incorporación del efecto del cambio climático". Tras repasar los

principales impactos que puede sufrir una estructura y las variables climáticas desencadenantes de estos impactos, explicaron la aplicación de la metodología al caso de los puentes de Aldea del Fresno, de la Comunidad de Madrid. El resultado del análisis de vulnerabilidad frente al cambio climático llevado a cabo en los dos puentes que se vieron afectados en la DANA de septiembre de 2023 pone de manifiesto que los puentes, si bien tenían un buen estado de conservación, presentaban ciertas sensibilidades no detectadas en las inspecciones habituales de las estructuras. Este caso práctico constituye un ejemplo que pone de manifiesto la importancia de integrar estas evaluaciones en los sistemas de gestión de estructuras y toma de decisiones, para hacer frente de la mejor forma posible a la nueva realidad climática a la que nos enfrentamos.

La última ponencia del bloque, a cargo de D^a Mónica Alonso, de la Diputación de Valencia, se centró en los “Impactos potenciales del cambio climático sobre los firmes”, mostrando algunos ejemplos recientes vinculados a daños en pavimentos bituminosos, debidos principalmente a tensiones térmicas. En cuanto a las conclusiones, D^a Mónica Alonso destacó la importancia del diseño y la conservación para un buen comportamiento frente a los incrementos asociados al cambio climático de las variables térmicas y de disponer de inventarios que identifiquen las características del activo firme relevantes en cuanto a su comportamiento frente a cambio climático. Se trataría, entre otras cosas, de ver la oportunidad de impulsar estrategias de mantenimiento preventivo frente al correctivo. Finalmente, puso de manifiesto la necesidad de repensar la normativa técnica ante nue-

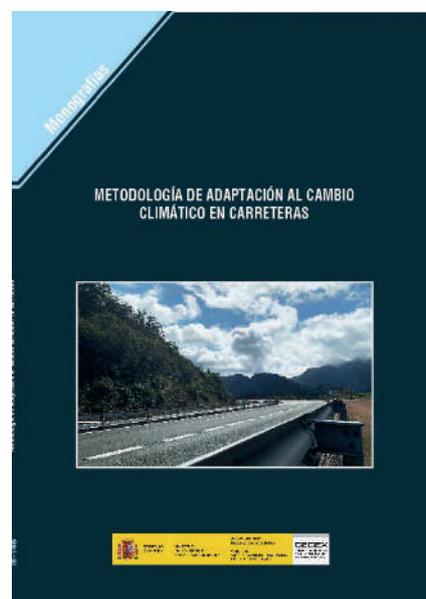
vos comportamientos prestaciones y durabilidad de los pavimentos asfálticos en nuevos escenarios climáticos futuros como, por ejemplo, los criterios para la selección del tipo de ligante bituminoso y la relación filler/betún para prevenir el riesgo de aparición de roderas o la revisión de los mapas de zonas pluviométricas.

A continuación, D. David García, de Tecnalía, nuevo coordinador del Grupo de Trabajo sobre cambio climático y resiliencia en el ciclo 2024-2027 presentó los retos que, de forma preliminar, se ha fijado el GT para el próximo ciclo: profundizar en los impactos climáticos que se producen sobre las redes de transporte, identificar protocolos y formas de gobernanza frente al cambio climático, incluyendo el concepto de resiliencia organizacional (cómo se organizan las administraciones para ser más resilientes), identificar posibles aspectos a tener en cuenta en la normativa, dar pautas para la realización de estudios ACB de medidas de adaptación, impulsar la identificación y explicación de casos de estudio vinculados a resiliencia... e invitó a los asistentes a la jornada a compartir, a través de una encuesta online, sus posibles preocupaciones relativas a temas a abordar por el GT. No cabe duda de que son muchos los retos, por lo que se irán precisando durante los primeros meses de trabajo del GT.

Finalmente, D^a Laura Parra clausuró la jornada, destacando la buena acogida y el interés mostrado por los asistentes, así como las excelentes intervenciones de los distintos ponentes. Destacó, así mismo, que durante la jornada se ha puesto de manifiesto que hay mucho interés en la adaptación al cambio climático y que ya hay conciencia de la importancia de incorporar las consideraciones climáti-

cas en el diseño y gestión de las carreteras.

Por último, se expresó el deseo de los organizadores de la jornada de que el trabajo presentado, así como las experiencias compartidas por los ponentes sean de ayuda en el proceso de estudio de los impactos, identificación de los elementos más vulnerables en nuestras carreteras, evaluación de los niveles de riesgo y propuesta de medidas de adaptación. Se trata, en resumen, de orientar a las diferentes administraciones y agentes afectados en la toma de decisiones, sobre cuándo, cómo y para qué se debe realizar una respuesta adaptativa. ❖



Jornada Técnica

Rehabilitación de obras de drenaje



Madrid, 7 de mayo de 2024

El pasado 7 de mayo de 2024 tuvo lugar en el Colegio de Caminos Canales y Puertos de Madrid una jornada sobre “Rehabilitación de Obras de Drenaje” como broche final al trabajo que ha realizado el grupo de trabajo del Comité de Puentes de la ATC.

El grupo de trabajo ha estado coordinado por Arturo Barroso Ramos ICCP y han colaborado activamente Alberto Picardo Ingeniero Industrial, Jose Antonio González Meijide ICCP, Rafael Lahera Molanes Ingeniero de Minas, Noemí Corral Moraleda ICCP, Juan Antonio Revenga Ingeniero químico, Fernando Sousa Ingeniero Civil, Ibai Mariscal Ingeniero Industrial, Iñaki Jaime Azpiazu ICCP y Kerman Vázquez Fernández ICCP.

El germen del grupo de trabajo fue un primer artículo publicado en el N°179 de abril-junio 2019 Rutas, “Rehabilitación de Obras de Drenaje Transversal (ODT), Clasificación de las ODT, sus patologías, sistemas de rehabilitación y métodos de diseño” en el que se esbozaban muchos temas que el grupo de trabajo ha desgranado con profesionalidad.

Dado que actualmente se están desarrollando muchos proyectos de rehabilitación de obras de drenaje transversal a través de Ministerio de fomento y de Administraciones Autonómicas la jornada ha despertado un alto interés con la asistencia de más de 160 participantes entre los que se encontraban ingenierías, constructo-

ras, empresas de conservación de carreteras y diferentes profesionales del sector,

La jornada comenzó con una sesión de inauguración en la que participaron Miguel Ángel Carrillo, Presidente del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Álvaro Navareño, Presidente de la ATC, y Emilio Criado, Presidente del Comité de Puentes. Durante esta presentación, se subrayó la importancia de las obras de drenaje, a las que generalmente se les presta menos atención que a otros elementos como los puentes o los firmes, aunque son esenciales para el correcto funcionamiento de las carreteras. Asimismo, se destacó el valor de este tipo de

documentos, que son de gran ayuda para resolver la falta de normativa en ciertos aspectos de los trabajos de rehabilitación. Finalmente se agradeció a todos los miembros del grupo de trabajo el esfuerzo realizado en la redacción de la monografía y la organización de la jornada.

La primera sesión del día moderada por Álvaro Navareño, se centró en abordar las anomalías, defectos, degradaciones y trastornos en las Obras de Drenaje Transversal (ODT). Desde un punto de vista generalista, expertos como Arturo Barroso Ramos y Juan Antonio Revenga, comenzaron exponiendo una breve clasificación de las obras de drenaje transversal, necesaria para adentrarse en la temática de la jornada, así como las diferentes problemáticas que pueden surgir en este tipo de obras. A continuación, Fernando Sousa ofreció su visión sobre la auscultación, diagnóstico y modos de intervención, desde el punto de vista de un gestor de carreteras mientras que Rafael Lahera Molanes habló esquemáticamente sobre las diferentes técnicas de rehabilitación disponibles.

En la siguiente ponencia Jose Antonio González Meijide profundizó en el comportamiento mecánico de las

estructuras analizando los criterios de modelización desde el enfoque de las fases de relleno, interfaces, modelo constructivo del terreno y modelización del refuerzo mientras que Alberto Picardo Pérez nos aportó los diferentes métodos de cálculo para el diseño de sistemas de rehabilitación con revestimientos flexibles, los campos de aplicación, la caracterización de la conducción huésped a rehabilitar y el diseño del revestimiento.

Tras este primer bloque de ponencias durante el café se pudieron intercambiar experiencias, problemáticas y situaciones entre todos los profesionales del sector que asistieron a la jornada.

La reanudación de la jornada, moderada por Arturo Barroso Ramos, y con perfil eminentemente más práctico que el primer bloque de ponencias, continuó con una sesión dedicada a la elección y experiencias de rehabilitación de obras. Noemí Corral Moraleda compartió su conocimiento sobre la elección de técnicas de rehabilitación, en la que nos hizo reflexionar a todos sobre las técnicas que existen y cuales elegir en función de diversos parámetros mediante un exhaustivo análisis.

Miguel Ángel Delgado Núñez, presentó experiencias de rehabilitación de tubos de acero corrugado en la carretera M-501 de Madrid donde se encuentran reparando actualmente varios tubos de acero corrugado (ARMCO) que se vieron gravemente dañados por la DANA que acechó a la Comunidad de Madrid en septiembre de 2023 y que sin lugar a duda terminó de dañar estos tubos que se encontraban en el final de su vida útil, tras 50 años. Finalmente, Francisco José González Ramos compartió la experiencia de rehabilitación de obras de drenaje transversal analizando el efecto arco sobre los tubos enterrados, mostrando buenas prácticas de rehabilitación de obras

de drenaje transversal y poniendo el foco en las bóvedas prefabricadas triarticuladas de cuya tipología no se había comentado nada hasta el momento.

Al finalizar las presentaciones tuvo lugar un animado coloquio en el que los asistentes y ponentes pudieron debatir sobre los aspectos más significativos presentado

Después de este segundo bloque de ponencias se llevó a cabo una mesa redonda sobre la gestión de las obras de drenaje transversal, moderada por Emilio Criado. En esta mesa participaron Yolanda Alcaraz de la Comunidad de Madrid, Cristina Gil de la Generalitat de Cataluña, Roberto Ines de la Demarcación de Castilla y León Oriental y Fernando Peñalva de la SEITT.

La mesa comenzó reflexionando sobre el tradicional menosprecio que han sufrido las obras de drenaje y la necesidad de revertir esa situación, hecho que ya se va produciendo poco a poco. A continuación, se debatió sobre los principales problemas que los gestores de infraestructuras se encuentran en la conservación de estos elementos, destacando entre otros los problemas de durabilidad de los tubos de acero corrugado, una problemática que se están encontrando todas las administraciones. También se debatió sobre las nuevas afecciones generadas por el cambio climático, así como las medidas de adaptación que será necesario llevar a cabo. Finalmente se comentó la necesidad de desarrollar e incorporar nuevas tecnologías para la inspección y mantenimiento de obras de drenaje de pequeños diámetros

La jornada concluyó con una sesión de clausura en la que se destacaron los principales puntos discutidos a lo largo del día y se agradeció a los participantes su contribución al evento. ❖



PRÓXIMOS EVENTOS ATC

La Asociación Técnica de Carreteras tiene previsto los siguientes eventos:

- **Innovaciones en señalización** Madrid, 18 de septiembre 2024
- **Jornada Patrimonio histórico en las carreteras** Madrid, 10 de octubre 2024
- **Análisis de inversión en proyectos** Madrid, 24 de octubre 2024
- **Jornada Carretera y Nieve** Ezcaray, del 5 al 7 de noviembre 2024

¿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

Composición de la Junta Directiva de la ATC

PRESIDENTE:	- D. <i>Álvaro Navareño Rojo</i>
CO-PRESIDENTES DE HONOR:	- D. <i>Juan Pedro Fernández Palomino</i> - D. <i>Pere Navarro Olivella</i>
VICEPRESIDENTES:	- D.ª <i>Paula Pérez López</i> - D. <i>Jorge Enrique Lucas Herranz</i> - D. <i>Pedro Gómez González</i>
TESORERO:	- D. <i>Pablo Sáez Villar</i>
SECRETARIA:	- D.ª <i>Mª del Carmen Picón Cabrera</i>
DIRECTOR:	- D. <i>Alberto Bardesi Orúe-Echevarría</i>



VOCALES:

- Designados por el Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana:
 - D.ª *Patricia Sanz Lázaro*
 - D. *Antonio Muruais Rodríguez*
 - D. *Álvaro Navareño Rojo*
 - D.ª *Paula Pérez López*
- En representación de los órganos de dirección relacionados con el tráfico:
 - D.ª *Ana Isabel Blanco Bergareche*
 - D.ª *Sonia Díaz de Corcuera Ruiz de Oña*
- En representación de los órganos de dirección de las Comunidades Autónomas:
 - D. *Felipe Cobo Sánchez*
 - D. *Ramón Colom Gorgues*
 - 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.ª *Ana de Diego Villalón*
 - D.ª *Laura Parra Ruiz*
- En representación de los departamentos universitarios de las escuelas técnicas:
 - D. *Rodrigo Miró Recasens*
 - D. *Manuel Romana García*
- Representantes de las sociedades concesionarias de carreteras:
 - D. *Antonio Belmonte Sánchez*
 - D. *Bruno de la Fuente Bitaine*
- Representantes de las empresas de consultoría:
 - D. *Alfonso Alba Ripoll*
 - D. *José Luis Mangas Panero*
- Representantes de las empresas fabricantes de materiales básicos y compuestos de carreteras:
 - D. *Cesar Bartolomé Muñoz*
 - D. *Jaime Huerta Gómez de Merodio*
 - D. *Álvaro Díaz Díez de Baldeón*
 - D. *Juan José Potti Cuervo*
- Representantes de las empresas constructoras de carreteras:
 - D. *Camilo José Alcalá Sánchez*
 - D. *Jorge Enrique Lucas Herranz*
- Representante de las empresas de conservación de carreteras:
 - D. *Pablo Sáez Villar*
- Representante de los laboratorios acreditados
 -
- Representantes de los Socios Individuales de la Asociación:
 - D. *Alfredo García García*
 - D.ª *Anna París Madrona*
 - D. *Rafael Ángel Pérez Arenas*
 - D. *Enrique Soler Salcedo*
- Entre los Socios de Honor:
 - D. *Francisco Javier Criado Ballesteros*
 - D. *Pedro Gómez González*
 - D.ª *Mª del Carmen Picón Cabrera*
- Presidente saliente:
 - D.ª *M.ª del Rosario Cornejo Arribas*

Comités Técnicos de la ATC

COMITÉ DE VIALIDAD INVERNAL

- Presidente	D. <i>Luis Azcue Rodríguez</i>
- Secretaria	D.ª <i>Lola García Arévalo</i>

COMITÉ DE FINANCIACIÓN

- Presidente	D. <i>José Manuel Blanco Segarra</i>
- Secretario	D. <i>Adolfo Güell Cancela</i>

PLANIFICACIÓN, DISEÑO Y TRÁFICO

- Presidente	D. <i>Fernando Pedraza Majarrez</i>
- Secretario	D. <i>Javier Sáinz de los Terreros Goñi</i>

TÚNELES DE CARRETERAS

- Presidente	D. <i>Rafael López Guarga</i>
- Vicepresidente	D. <i>Ignacio del Rey Llorente</i>
- Secretario	D. <i>Rafael Sánchez Tostón</i>

CONSERVACIÓN Y GESTIÓN

- Presidenta	D.ª <i>Paula Pérez López</i>
- Secretario	D. <i>Pablo Sáez Villar</i>

FIRMES DE CARRETERAS

- Presidenta	D.ª <i>Valverde Jiménez Ajo</i>
- Secretario	D. <i>Ricardo Bardasano González</i>

PUENTES DE CARRETERAS

- Presidente	D. <i>Emilio Criado Morán</i>
- Secretario	D. <i>Gonzalo Arias Hofman</i>

GEOTECNIA VIAL

- Presidente	D. <i>Manuel Romana García</i>
- Secretario	D. <i>Patricia Amo Sanz</i>

SEGURIDAD VIAL

- Presidente	D. <i>Roberto Llamas Rubio</i>
- Secretaria	D.ª <i>Ana Arranz Cuenca</i>

CARRETERAS SOSTENIBLES Y RESILIENTES

- Presidente	D. <i>Antonio Muruais Rodríguez</i>
- Vicepresidenta	D.ª <i>Laura Crespo García</i>
- Secretario	

CARRETERAS DE BAJA INTENSIDAD DE TRÁFICO

- Presidente	Vacante
- Secretaria	D.ª <i>María del Mar Colas Victoria</i>

DOTACIONES VIALES

- Presidente	D. <i>Álvaro Navareño Rojo</i>
- Secretario	D. <i>Adolfo Hoyos-Limón Cortés</i>

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 Senior
 - Socios Júnior
- **Socios Colectivos**
- **Socios Individuales**

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

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

2013 - D. RAFAEL LÓPEZ GUARGA
 2013 - D. ÁLVARO NAVAREÑO ROJO
 2013 - D.ª MERCEDES AVIÑÓ 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 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, AFASEMTRA
- 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 TRAFFICOM TRANSPORTATION S.A.U.
- LANTANIA, S.A.U.
- LGAI TECHNOLOGICAL CENTER, S.A.
- LRA INFRASTRUCTURES CONSULTING, S.L.
- MARTIIN 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. (TYPASA)
- TECNIVIAL, 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
- VIRTÓN, 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.



Revista RUTAS / Revista RUTAS



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

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



SÚMATE AL PROYECTO ONGAWA

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

Tfno.: (+34) 91 590 01 90
info@ongawa.org
www.ongawa.org

Antes:

**Ingeniería
Sin Fronteras**
Asociación para el Desarrollo

ONGAWA
INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO HUMANO

ONGAWA es una asociación declarada de Utilidad Pública. Las cuentas de ONGAWA son auditadas anualmente por BDO Auditoría. ONGAWA cumple todos los Principios de Transparencia y Buenas Prácticas de la Fundación Lealtad. ONGAWA recibió, en 2005, la certificación ante la AECID como ONGD Calificada en el sector Tecnología.



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.