

VALORACIÓN DE EXPERIENCIAS DEL PROYECTO PILOTO  
ESPAÑOL DE LA PLATAFORMA EUROPEA C-ROADS

# Conectividad

# vehículo

# infraestructura:

# proyecto C-ROADS



**C-ROADS**  
SPAIN

■ *Texto: Ignacio González Rodríguez,  
Técnico Superior de la Dirección Técnica  
de la Dirección General de Carreteras del  
Ministerio de Transportes, Movilidad y  
Agenda Urbana.*



El macroproyecto C-Roads se ha desarrollado en España a través de cinco proyectos piloto donde se ha experimentado con el despliegue de Sistemas Inteligentes de Transporte Cooperativos (C-ITS). El proyecto concluyó el pasado 30 de junio de 2021, dejando resultados y conclusiones relevantes. La utilización de C-ITS, ha demostrado obtener, en general, una mejora en la seguridad vial, eficiencia del tráfico, medio ambiente y ha tenido una buena aceptación por los usuarios. Ha quedado de manifiesto la gran versatilidad que poseen estos sistemas y la Dirección General de Carreteras podrá aprovechar la experiencia acumulada por C-Roads Spain.



Situación geográfica de los cinco proyectos piloto españoles.

**Como introducción** a la plataforma europea C-Roads, debemos destacar que ésta surge en 2016 como una iniciativa de diferentes Estados Miembros y operadores de carreteras para lograr el despliegue armonizado de Sistemas Inteligentes de Transporte Cooperativos (C-ITS). Básicamente, los ITS cooperativos 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).

Inicialmente, se implementaron una serie de casos de uso denominados “Day 1” como, por ejemplo, la advertencia de obras en la carretera o el aviso por condiciones climatológicas adversas. Más adelante, se comenzaron a implementar los servicios “Day 1,5”, como la información de las estaciones de repostaje y de carga para vehículos de combustible alternativo o la gestión e información de aparcamientos *On Street*.

El proyecto español denominado C-Roads Spain, se divide en cinco proyectos piloto coordinados entre la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior, con la participación de autoridades públicas, universidades y diversos actores del sector privado. Los proyectos son los siguientes:

**DGT 3.0:** con una extensión aproximada de 12,270 km, que implementa servicios “Day 1” y “Day 1,5” a través de una plataforma IoT que utiliza tecnologías de comunicación celulares (3G y 4G / LTE).

**SISCOGA Extended:** actualmente el corredor cuenta con más de 200 Km formados por tramos de las autovías/autopistas: AP-9, A-55, A52, A-6 y A-8 y carreteras nacionales: N-550 y N-552 (zona Porriño) con más de 150 RSUs con tecnología TS-G5 instaladas.

**Madrid:** ubicado a lo largo de la vía “Calle 30” en Madrid, con aproximadamente 32 km. Los

---

**Los Sistemas Inteligentes de Transporte Cooperativos permiten intercambiar información entre vehículo e infraestructura y entre los propios vehículos.**

---



Kick-Off Meeting C-Roads Spain (4 de diciembre de 2017).

servicios C-ITS se implementan utilizando tecnologías de comunicación híbrida.

**Cantábrico:** dividido en tres sub-pilotos situados en la zona norte de España, utilizando tecnologías de comunicación híbrida. Podemos encontrar los sub-pilotos de Galicia, Asturias y Vizcaya.

**Mediterráneo:** implementado a lo largo de diferentes secciones de carretera seleccionadas de Cataluña y Andalucía utilizando tecnología híbrida.

Entre los objetivos generales de C-Roads Spain, podemos encontrar la mejora de la seguridad vial, la sostenibilidad de las infraestructuras o el confort del usuario. Sin embargo, se tienen diversos objetivos específicos como garantizar la interoperabilidad y continuidad de los

servicios C-ITS entre Estados miembros de la U.E., estudiar la complementariedad de comunicaciones híbridas (G5 y comunicaciones celulares) o analizar la convergencia de tecnologías relacionadas con el vehículo conectado y automatizado.

El proyecto español, finalizó el pasado 30 de junio de 2021 y cada uno de los proyectos piloto ha tenido que evaluar una serie de áreas de impacto, entre las que podemos encontrar la aceptación del usuario, evaluación funcional, seguridad vial, eficiencia del tráfico, afección al medio ambiente y la evaluación técnica. Se llevaron a cabo test previos a la implantación de los C-ITS y posteriores a su implantación. Debemos tener en cuenta que los test estuvieron, en gran medida, influenciados por las restricciones de movilidad debidas a la covid-19.

La metodología para la evaluación se ha basado en el "FESTA Handbook", el "E&A Plan" y la metodología particularizada española donde se definen indicadores clave de desempeño o KPIs por sus siglas en inglés, comunes a todos los pilotos. A continuación, se describen las principales conclusiones obtenidas para cada una de las áreas de impacto mencionadas:

### Aceptación del usuario

Para evaluar la aceptación del usuario es fundamental contar con una muestra heterogénea que incluya distintos géneros, edades, perfiles de conducción y niveles de conocimiento de los C-ITS. Se llevaron a cabo encuestas en dos fases: antes y después de la implementación de los sistemas C-ITS. En ellas, se preguntaba sobre la eficiencia (general, ambiental o con respecto a la seguridad vial y el



## Gran aceptación por parte del usuario, pero poca voluntad para pagar por el servicio.

tráfico), la usabilidad, utilidad, satisfacción y equidad percibidas por el usuario.

En líneas generales, la mayoría de los usuarios considera que su conducta ha sido influenciada por los servicios C-ITS, y que gracias a ellos han mejorado la calidad del viaje en su conjunto. La usabilidad percibida tiene, por lo general, altas puntuaciones. El usuario medio, querría disponer de estos servicios de manera permanente en su vehículo ya que considera que con su utilización se tomarían mejores y más rápidas decisiones, mejorando así la seguridad vial y requiriendo poco esfuerzo mental para ello. Adicionalmente, la mayor parte de los usuarios considera que además se reducirían los tiempos de viaje y las congestiones.

Todos los indicadores muestran valoraciones positivas para los distintos servicios, destacando el "Signal Phase Timing Information" que es el mejor valorado por los usuarios. Este servicio está centrado en los entornos urbanos, informa a los usuarios de la fase en la que se encuentra el siguiente semáforo y del tiempo restante para que se produzca el cambio de fase. Queda demostrado que reduce las

aceleraciones y deceleraciones bruscas, propiciando una conducción más suave y eficiente.

Otros servicios bien valorados por los usuarios son el "Emergency Brake Light" o el "Road Works Warning" que avisan al usuario cuando se produce una frenada brusca o la existencia de obras en la carretera. Lo que permite tener un mejor control de las situaciones, reduciendo riesgos para los usuarios y los operarios que se encuentren en la carretera.

Como contrapartida, debemos señalar que la mayoría de los usuarios no estarían dispuestos a pagar por los servicios C-ITS. A este respecto, se propone aumentar la difusión de los beneficios que resultan de utilizar estos servicios y replantear el modelo de negocio para incluir su financiación.

### Evaluación funcional

Consiste en observar el funcionamiento de los distintos elementos que forman el sistema, a lo largo de los ensayos realizados. A continuación, se muestran tres ejemplos de evaluación funcional para ilustrar la variabilidad de la misma.

En el servicio "Traffic Jam Ahead" que alerta a los usuarios de posibles retenciones en la carretera, el intervalo de tiempo máximo en el que se generan las alertas es de un minuto, desde que se publica en el proveedor oficial.

Para implantar el servicio "Weather Conditions Warning", en el sub-piloto de Vizcaya, se instalaron OBUs meteorológicas en la flota de vehículos de conservación de carreteras, para

detectar eventos a tiempo real. Se detectaron múltiples alertas y se tuvieron que implementar procesos de fusión de datos para la unión de los eventos. Surgieron dificultades en los ensayos al aire libre frente a los realizados en laboratorio, debido a que ciertos eventos no siempre ocurren como es el caso de la niebla.

El "Vehicle Data Collection" o recopilación de datos de los vehículos, tiene un mantenimiento complejo debido a la inmensa cantidad de datos registrados por los vehículos en periodos inferiores a un segundo. Es por ello que surge la necesidad de establecer un mecanismo para detectar aquellas unidades no operativas. También es necesario obtener la ubicación con una precisión lo suficientemente alta para hacer coincidir la posición de los vehículos con las secciones de carretera predefinidas, así como un algoritmo útil para identificar la velocidad media de los vehículos en cada tramo de carretera y la consiguiente estimación de las condiciones del tráfico.

### Seguridad vial

Queda claro que los servicios C-ITS son capaces de aumentar la seguridad vial, aunque debemos analizar las razones por las que se produce este fenómeno.

Como ejemplo, podemos referirnos a los resultados obtenidos en el proyecto piloto de Madrid, con respecto a los servicios "Emergency Brake Light" y el "Road Works Warning", los cuales confirman que pueden mejorar la seguridad vial a través de la reducción del número de frenazos y de las veces que un conductor excede el límite de ve-



locidad. En concreto, el servicio "Road Works Warning" consigue reducir la velocidad media con respecto al límite en un 10%, reduce el número de vehículos que exceden el límite de velocidad en un 17%, reduce frenazos en un 33%, disminuye los cambios de carril en un 38% y aumenta en 912 metros la distancia a la que los vehículos cambian de carril con respecto al punto donde se sitúan las obras.

También podemos observar resultados como los del proyecto piloto Mediterráneo, los cuales indican que el servicio "Weather Conditions Warning" disminuye la velocidad media de los vehículos en un 21% durante el evento. Lo mismo ocurre con el servicio "In Vehicle Signage", que muestra a los usuarios las señales de tráfico dentro del vehículo, el cual reduce un 5% la velocidad. Ambos reducen aceleraciones/ deceleraciones y hacen que se respete el límite de velocidad.

### **Eficiencia del tráfico**

Al igual que con la seguridad vial, debemos observar los resultados de los ensayos para comprender la afección de los C-ITS en la eficiencia del tráfico.

Los resultados obtenidos en el proyecto piloto de Cantabria, confirman la hipótesis de que el servicio "Emergency Brake Light" reduce el tiempo de viaje y el tiempo de reacción de los conductores al usar el pedal del freno.

Sin embargo, en el proyecto piloto de Madrid no se observan mejoras en la eficiencia del tráfico con el servicio "Road Works Warning", ya que este hace aumentar el tiempo de viaje en un 1% debido a que se reduce

---

## **Se estudió el funcionamiento de las comunicaciones celulares, G5 e híbridas para los distintos escenarios, demostrando la gran importancia de esta últimas.**

---

la velocidad media en un 4%. Aunque el servicio "Traffic Jam Ahead" muestra una pequeña mejora, el servicio "Stationary Vehicle" muestra un empeoramiento de la eficiencia del tráfico.

Debemos destacar la variabilidad de las situaciones, ya que, en el proyecto piloto Mediterráneo, se simularon ensayos con el servicio "Stationary Vehicle" y se obtuvieron resultados positivos en línea con los resultados obtenidos en los ensayos con tráfico real. Estos resultaban en un aumento máximo de la velocidad del 27%, resultando en una reducción de hasta el 65% del tiempo de viaje en el kilómetro previo al vehículo parado.

### **Afección al medio ambiente**

Tanto el servicio "Traffic Information and Smart Routing" o de información de tráfico y de rutas inteligentes, como el servicio "Multimodal Journey Planner" o planificador de viajes intermodales, fueron desarrollados para ofrecer alternativas de transporte público frente al vehículo privado. La reducción teórica máxima de emisiones contaminantes del autobús frente al vehículo privado es del 34%.

En el proyecto SISCOGA, se ha demostrado una reducción en el consumo de combustible de un 7% en los vehículos particulares

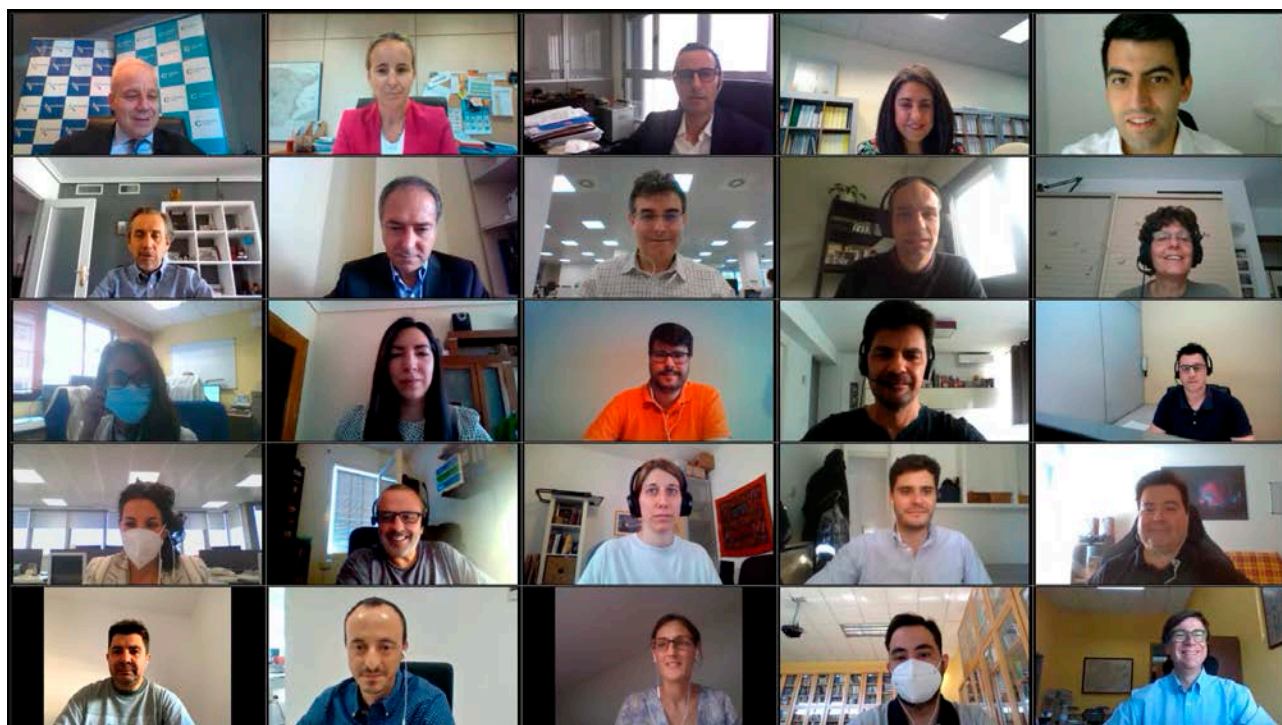
para el servicio "Signal Phase Timing Information".

En el proyecto Mediterráneo, se han podido comprobar una serie de impactos positivos en el servicio "Hazardous Location Notification" sobre "Weather Condition" pues al informar al usuario sobre las condiciones meteorológicas, la velocidad media se reduce en un 21% y el combustible consumido y las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen en un 25,8%. También se puede observar una reducción de emisiones contaminantes (19% de NO<sub>x</sub> y 43% de PM 2.5).

Sin embargo, en este mismo proyecto, se han observado resultados negativos sobre el medio ambiente, en lo que respecta al aumento de la emisión de gases contaminantes, en los servicios "Road Works Warning" y "Stationary Vehicle".

### **Evaluación técnica**

Debemos hacer especial mención a la evaluación técnica que lleva a cabo el piloto SISCOGA, donde se compara la eficiencia de los distintos tipos de comunicaciones. Las OBU's utilizadas en este proyecto, son las denominadas HMCU o "Hybrid Modular Communication Unit" desarrolladas por el CTAG (Centro Tecnológico de Automoción de Galicia), las cuales permiten múltiples interfaces de comunicación. En



Asamblea General C-Roads Spain (30 de junio de 2021).

C-Roads, se utilizaron comunicaciones G5 y celular, así como la hibridación entre las mismas.

La latencia del mensaje, es un parámetro clave para suministrar los avisos de C-ITS a tiempo. Para resumir, la latencia es el tiempo que tarda en transmitirse un paquete de datos dentro de la red. Es decir, es el tiempo exacto que pasa desde que el dispositivo hace una solicitud al servidor y el tiempo que se tarda en recibir una respuesta desde el mismo. Tras los ensayos, resulta que la tecnología G5 tiene un valor principal de latencia de 1,2 milisegundos, mientras que en las comunicaciones celulares es de 35,2 milisegundos.

Queda demostrado en los ensayos que, para los distintos eventos, se produce una reducción del 24% en el tiempo de reacción utilizando las comunicaciones G5 e híbridas, mientras que se reduce un 11% con las

## El proyecto piloto español es uno de los más completos y exitosos del proyecto europeo.

comunicaciones celulares. En lo que se refiere a la variación del ángulo del volante, la tecnología híbrida, consigue reducir las maniobras en un 39% frente a un 15% del G5 y un 28% de las comunicaciones celulares.

Según el CTAG, los operadores de carreteras pueden proporcionar datos similares a los que reciben los dispositivos de los usuarios finales a través de las comunicaciones híbridas.

Por todo ello, parece claro que las comunicaciones híbridas

son esenciales para mejorar el potencial de los servicios C-ITS, ofreciendo claros beneficios en la seguridad, la eficiencia del tráfico y la reducción de las emisiones relacionadas con el tráfico.

Una vez descrita la evaluación de las áreas de impacto, desde la Dirección General de Carreteras podemos sacar una serie de conclusiones.

El proyecto piloto español ha sido, con diferencia, uno de los más completos y exitosos dentro del proyecto europeo. Los ensayos han arrojado resultados muy satisfactorios en todos los ámbitos. La mayor parte de los usuarios percibe gran usabilidad de estos sistemas, consideran que mejoran la experiencia de viaje en su conjunto y querían disponer de ellos de manera permanente en sus vehículos, aunque no todos estarían dispuestos a pagar por ello.



Los servicios C-ITS, mejoran la seguridad vial a través de la reducción del número de frenazos, del número de veces en las que se excede el límite de velocidad y reduciendo el tiempo de reacción. Los distintos servicios, pueden llegar a reducir emisiones y evitar la consumición excesiva de combustible. También se demuestra que algunos de los servicios mejoran la eficiencia del tráfico, reduciendo el tiempo de viaje y los tiempos de reacción. Sin embargo, como hemos explicado a lo largo del artículo, no todos los servicios ofrecen resultados positivos en estos ámbitos.

Otra de las conclusiones relevantes a destacar, es la importancia de las comunicaciones híbridas. Queda demostrado que estas arrojan buenos resultados y pueden servir para hacer de los sistemas cooperativos una realidad a nivel europeo.

Se pone de manifiesto que los sistemas cooperativos son versátiles y pueden adaptarse tanto en un ámbito urbano como en el interurbano. La mayoría de casos de uso están dirigidos a las carreteras interurbanas, aunque uno de los mejor valorados es el "Signal Phase Timing Information" enfocado a las ciudades.

Para llevar a cabo la conducción autónoma, será necesario equipar los vehículos con sensores de alta precisión y mapas digitales de alta definición. El papel de los C-ITS será complementar la información recogida por los vehículos autónomos, con información que ofrezca la infraestructura. Esta asistencia, se producirá principalmente cuando existan cambios en la infraestructura física (obras en la carretera), o cuando varíen las condiciones del tráfico (accidentes o retenciones).

Para la Dirección General de Carreteras resulta muy interesante poder aprovechar los resultados del proyecto español y la experiencia adquirida, utilizando la tecnología ya existente en nuestras carreteras y desplegando aquella que sea necesaria en la Red de Carreteras del Estado. Las conclusiones de este proyecto, pueden ayudar al proceso de digitalización de la Red, mejorando la planificación, explotación y conservación de la misma. Además, puede ayudarnos a conseguir el objetivo de mejorar la calidad del servicio al usuario y conseguir los objetivos de eficiencia en la aplicación de fondos públicos, reducción de impacto ambiental y mejora de la seguridad vial. ■



*Camión en Villanueva, Córdoba.*

