

Una Propuesta de **Clasificación** de Carreteras Inteligentes



Fuente: PIARC

La Dirección General de Carreteras de Mitma (DGC), consciente de los requerimientos que los vehículos más o menos automatizados y la sociedad ejercerán sobre las carreteras, se decidió a impulsar en el seno de la Asociación Mundial de la Carretera, PIARC, un proyecto especial internacional para poder clasificar las carreteras. Se añadió el calificativo de inteligentes para significar así la estrecha relación entre los vehículos” inteligentes” y una vía que debe serlo también para poder establecer una genuina comunicación entre ellos. María del Carmen Picón, encargada de relaciones internacionales de Mitma, con el apoyo de Javier Herrero, director general de la DGC y a la sazón primer delegado español ante PIARC, consiguieron involucrar a la propia Asociación y a otros países como Bélgica, Canadá-Quebec y Estados Unidos en ese proyecto para su financiación. Se sentaron las bases para el concurso, y se hizo una convocatoria internacional. Simultáneamente se constituyó un comité de supervisión liderado por un representante español de la DGC, del que formaban parte además representantes de PIARC, Francia, Canadá, Italia, Reino Unido y España. Hay que señalar el interés que suscitó en España, pues en ese comité también había cualificados miembros de la Dirección General de Tráfico, de la Secretaría General de Infraestructuras de Mitma y de la empresa ETRA. Al concurso se presentaron siete propuestas, de las que tres eran españolas, lo que

denota el enorme interés que nuestro país tiene en estar posicionado en un lugar preferente cara al futuro. Aunque todas las propuestas presentaron una calidad excelente, fue la de la Universitat Politècnica de València (UPV) la que obtuvo mejor puntuación.

En el artículo se presenta el trabajo de una forma muy racional y con bases muy sólidas que se apoyan en las tecnologías ya disponibles y en otras que con mucha probabilidad podrán utilizarse en el futuro. De esa forma se contribuye a despejar, en gran medida, muchas de las incertidumbres actuales. Tanto es así, que sin duda servirá a muchas administraciones u operadores de carreteras a posicionarse ante esas dudas que ya hoy plantea el futuro. Además, se ha tenido muy en cuenta su posible utilización por todo tipo de administraciones de carreteras, teniendo siempre muy presentes a los países denominados de medios y bajos ingresos.

El proyecto fue realizado por un equipo de la UPV: Alfredo García, F. Javier Camacho-Torregrosa, David Llopis-Castelló, Jose F. Monserrat, con el seguimiento del equipo de supervisión mencionado. El soporte de Charo Cornejo, directora técnica de la DGC, ha sido crucial para la culminación del proyecto que puede encontrarse en <https://www.piarc.org/en/order-library/36443-en-Smart%20Roads%20Classification>

- Texto: Óscar Gutiérrez-Bolívar,
DGC, Mitma
Alfredo García,
Catedrático de Ingeniería de Carreteras, UPV

Introducción

Nos encontramos en el inicio de un nuevo sistema de transporte por carretera en el que la infraestructura física seguirá siendo el soporte necesario, pero perdiendo relevancia, y son los nuevos vehículos automatizados y conectados (CAV) los que van a ofrecer progresivamente unas prestaciones muy avanzadas. Para lograrlo, no solo se precisa un despliegue de infraestructura digital y de instalaciones para facilitar la conectividad entre los vehículos y con la infraestructura, sino que van a hacer falta ciertas adaptaciones y mejoras de la parte física, incluyendo su completa digitalización, para que se puedan aprovechar al máximo las ventajas operativas de los nuevos vehículos, sobre todo de seguridad. Además, aparece la necesidad de desarrollar instalaciones que permitan la recarga eléctrica de los nuevos vehículos. Finalmente, los usuarios vulnerables pasarán a desempeñar un papel importante para facilitar su movilidad y, sobre todo, su seguridad.

Se gestionará mucha información relacionada con el estado de las carreteras, la operación, el mantenimiento, etc. Es necesario recoger, procesar y compartir esta información con el resto de los agentes del sistema. Los proveedores de gestión de la información tendrán un papel muy importante, como servicios públicos y privados, incluso competitivos.

Todo este nuevo sistema se debería denominar carreteras inteligentes, para que quede clara la función imprescindible de la carretera, como infraestructura física y digital, que permita unos servicios avanzados para un transporte y movilidad que sea cooperativa, conectada, automatizada y sostenible.

Ante este nuevo sistema de carreteras inteligentes, aparecen muchos retos de investigación y tecnológicos, pero también de organización para su planificación, desarrollo y gestión. La Dirección General de Carreteras de Mitma (DGC) consideró estratégico promover un estudio para evaluar la necesidad de un sistema de clasificación de estas carreteras inteligentes y, para ello, a través de su director general, como Primer delegado de PIARC en España, elevó una propuesta a la Asociación Mundial de Carreteras para que este fuera el objeto de un nuevo Proyecto Especial, donde se podría contar con el patrocinio desde España.

Una vez aprobada la propuesta, PIARC sacó a concurso internacional el desarrollo de la misma y resultó adjudicatario un equipo de trabajo de la Universitat Politècnica de València (UPV), conformado por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC), con el apoyo de un catedrático de telecomunicaciones, experto internacional en conectividad, especialmente en 5G.

En el desarrollo del Proyecto Especial hubo un seguimiento continuo de un equipo de supervisión internacional, liderado por Óscar Gutiérrez-Bolívar, en el que participaron también otros técnicos españoles de Mitma, de la DGT y de la empresa ETRA.

Necesidad de una clasificación de Carreteras Inteligentes

En la última década, los sistemas de clasificación de carreteras han evolucionado desde la movilidad y la accesibilidad, como únicos referentes, a la consideración de los diferentes tipos de usuarios de la carretera, los diversos contextos y la funcionalidad. Con el inicio de

la circulación de los vehículos automatizados y conectados (CAV) y sus necesidades y capacidades, el fenómeno cambia hacia un sistema de carreteras inteligentes que exige la definición de nuevos criterios para clasificar nuestras carreteras.

Las capacidades de estos nuevos vehículos han sido sistematizadas por la Sociedad de Ingenieros de Automoción (SAE, 2021) a través de un sistema de clasificación que agrupa estas capacidades en seis niveles. En la actualidad, el índice de penetración en el mercado de los vehículos de nivel 2 de la SAE va en aumento, y están apareciendo los primeros vehículos de nivel 3. Según el Informe sobre vehículo autónomo y conectado de ANFAC (2022), el 62 % de la oferta de turismos se corresponde con un nivel de autonomía SAE 2 y un 23 % de turismos están equipados y disponibles para un nivel SAE 3, aunque todavía no se les permite hacerlo en España.

En este contexto, surgen tres grandes retos para el despliegue de los CAVs:

- Los problemas de seguridad debidos a la desconexión repentina del sistema de conducción automatizada (Figura 1). Un conductor probablemente desactivaría el sistema de automatización de la conducción en carreteras sinuosas, con muchas desconexiones que impiden una automatización fluida. En cambio, las autopistas pueden presentar una experiencia automatizada muy buena, pero una desconexión repentina puede tener graves consecuencias en un conductor distraído, al abandonar el carril de circulación mientras se demora en tomar el control.
- Dada la variedad de sistemas de automatización de la conducción, una determinada carac-



Figura 1. Representación esquemática en un cuadro digital de coche de la conexión (izquierda) y la desconexión (derecha) de un sistema de conducción automatizada. (Fuente: propia).



Figura 2: Simulación gráfica de mensaje sobre uso de la automatización (Fuente: VSI Labs).

terística de la carretera puede provocar una desconexión en algunos vehículos y no en otros. Por lo tanto, las carreteras no pueden clasificarse directamente según un único parámetro que represente la capacidad de acogida para la automatización.

- Falta información para los conductores sobre la automatización, es decir, los conductores están a veces mal informados sobre las capacidades de sus propios vehículos en el momento de la adquisición y no disponen de información específica a lo largo de sus recorridos sobre

las zonas o tramos que no admiten el uso de la automatización (Figura 2).

Estas barreras no impedirían la automatización, pero sí ralentizarían su implantación. Los clientes pueden ser reacios a adquirir y, sobre todo, utilizar estas tecnologías si no ven ventajas relevantes, y más aún si perciben que puede haber problemas de seguridad.

Además del desarrollo de los vehículos automatizados, también se está impulsando el uso de la conectividad y el intercambio de información para mejorar aún más el funcionamiento y la seguridad

del tráfico. La conectividad podría mejorar la automatización –cuando esté disponible– y la operación del tráfico, especialmente en las carreteras de gran volumen. Por lo tanto, la conducción automatizada y conectada va de la mano de diferentes objetivos políticos que varios países llevan años persiguiendo, la mayoría de ellos relacionados con la seguridad y la reducción de los accidentes mortales.

Teniendo en cuenta la variedad de carreteras, según su configuración y el estado de la infraestructura física, y las capacidades de conectividad que se aproximan,

algunos proyectos de investigación recientes han señalado la necesidad de explorar una Clasificación de Carreteras Inteligentes (CCI) que ayude a los usuarios y a los CAV a saber qué esperar de los diferentes tramos de la red [AASHTO, 2020; INFRAMIX, 2019]. Esta información debería abarcar desde segmentos de carretera que no admiten la automatización, hasta segmentos de carretera que podrán incluso tomar el control de miles de vehículos a la vez para optimizar la seguridad y el funcionamiento de forma cooperativa.

Por tanto, una CCI debe cumplir una serie de **objetivos**. El más importante es la **seguridad**. Una CCI debería aumentar los niveles de seguridad de la carretera, ya sea presentando una geometría, una señalización y unas condiciones del pavimento que eviten la mayor parte de las desconexiones, o compartiendo información detallada con los usuarios y los vehículos conectados.

Otros objetivos importantes son: un **lenguaje común** para facilitar la comunicación entre todas las partes interesadas; **sencillo**, para garantizar la comprensión por parte de los usuarios, tanto de los conductores como de los vehículos automatizados, a fin de generar **confianza en el usuario**; y **dinámico**, para reducir el nivel de carretera inteligente asignado cuando se produzcan variaciones repentinas en los factores ambientales y operativos.

Oportunidades y Retos

En el desarrollo del Proyecto, se lanzó un cuestionario para recabar las opiniones e ideas de los diferentes agentes involucrados de todo el mundo, resultando de forma destacada las siguientes oportunidades y retos:

Los **beneficios y oportunidades más importantes de una CCI** son:

- **Planificación eficiente de las inversiones en infraestructuras físicas y digitales.** Los niveles de carreteras inteligentes (NCI) deben basarse en la información física y digital de las carreteras. De este modo, las administraciones (AC) y operadores (OC) de carreteras podrían comparar sus redes de carreteras con los criterios propuestos para cada nivel y así identificar las inversiones más rentables para el despliegue de los CAV. Varios investigadores han señalado que la infraestructura vial debería adaptarse a las capacidades reales de los CAV existentes, lo que daría lugar a un despliegue más rápido y seguro de los CAV. Una CCI podría evitar inversiones innecesarias planificando adecuadamente su asignación.
- **Identificación de las limitaciones de los CAVs.** Los fabricantes de vehículos (OEMs) están mejorando continuamente los sistemas de automatización de la conducción, pero sus esfuerzos van en muchas direcciones diferentes. Una CCI ayudaría a los OEMs a dirigir sus esfuerzos en función de los umbrales asociados a cada NCI.
- **Indicaciones claras y sencillas para los usuarios.** Una CCI presentaría mensajes claros a los usuarios, explicando lo que pueden esperar de cada tramo de carretera en relación con la automatización y la conectividad, y facilitando el uso seguro de los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS).

Los **retos y barreras más destacables de una CCI** son los siguientes:

- **Falta de coordinación entre las partes interesadas.** Son muchas las partes interesadas que están

implicadas en el proceso (AC, OC, OEM, usuarios, etc.) y deben llegar a diferentes acuerdos a medida que los CAVs –especialmente los niveles más altos de SAE– se introducen en el mercado.

- **Incertidumbre.** Todavía hay demasiadas incertidumbres en varios aspectos, como la evolución de las tecnologías de automatización o qué información debe proporcionarse a los usuarios y cómo.
- **Heterogeneidad entre países.** Las nuevas guías y normas relacionadas con la carretera deberían incluir los requisitos establecidos por la CCI, pero la adaptación a los nuevos requisitos debe realizarse gradualmente teniendo en cuenta las normativas nacionales/regionales anteriores. Compartir experiencias y mejores prácticas puede ayudar a minimizar el diferente nivel de adopción entre administraciones y países.
- **Costes.** Se espera que se despliegue una amplia infraestructura digital. Independientemente de cómo se lleve a cabo, implicará costes significativos que aún están por determinar y estudiar su repercusión en los agentes implicados, así como la distribución de estos.

Viabilidad

Tras determinar que una CCI sería necesaria y útil para una incorporación más rápida y segura de los CAVs y para orientar mejor las inversiones en las carreteras, a continuación, se presentan los niveles de carretera inteligente propuestos. Previamente, se describen las distintas partes interesadas en el nuevo sistema y los posibles escenarios futuros que se pueden dar.

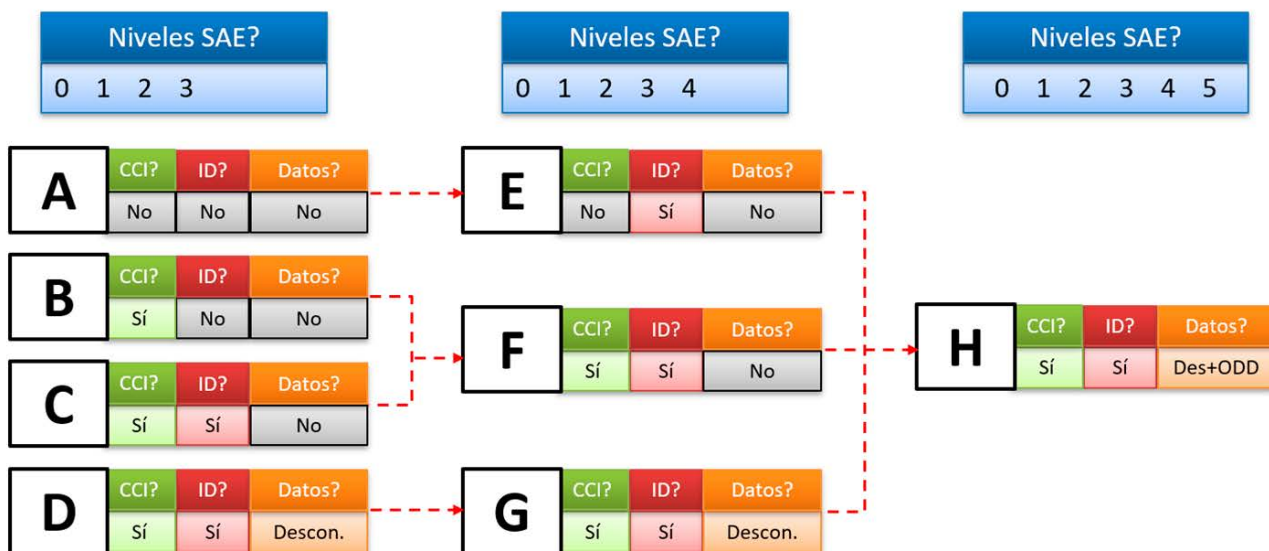


Figura 3: Interacción entre los distintos escenarios.

Partes Interesadas Involucradas

Los principales actores que intervienen en la gestión de las carreteras inteligentes con tráfico mixto, en el que coexisten vehículos convencionales y CAVs, son:

- **Administraciones de Carreteras (AC).** Son las propietarias de la infraestructura vial y suelen encargarse de la planificación e inversión de nuevos desarrollos viarios, aunque en la mayoría de sus carreteras llevan a cabo la gestión de las mismas.
- **Operadores de Carreteras (OC).** Supervisan la gestión del tráfico y la seguridad, asegurando unas condiciones adecuadas para los usuarios, encargándose de su mantenimiento.
- **Industria de Automoción (OEM).** Tanto los fabricantes de automóviles como sus proveedores (TIER1) se esfuerzan por extender las capacidades de los CAV.
- **Operadores de Telefonía Móvil (MNO).** Estos actores son los proveedores de la conectividad celular inalámbrica.
- **Usuarios.** Son los agentes más importantes, ya que van a inte-

ractuar a lo largo de las infraestructuras de carreteras con ellas y sus vehículos.

- **Proveedores de Gestión de la Información (IMP).** Recogerán, procesarán y compartirán la información relacionada con la carretera una vez que la infraestructura digital esté disponible y los vehículos conectados sean una realidad.

Escenarios

La elevada incertidumbre asociada al despliegue progresivo de este fenómeno puede agruparse en cuatro factores diferentes:

- **Aplicación de la CCI (sí/no).** Este factor indica si existe un sistema de Clasificación de Carreteras Inteligentes y, en su caso, si se aplica.
- **Niveles SAE en el mercado (niveles 0 a 5).** Este factor indica con qué niveles SAE operan los vehículos en la red de carreteras.
- **Infraestructura digital (ID) (sí/no).** Este factor se refiere a si existe una infraestructura digital y está disponible en toda o parte de la red de carreteras.

- **Existencia de datos sobre desconexiones y Dominios de Diseño Operativo (ODD, Operational Design Domain)** [BSI, 2020] (no/solo desconexiones/desconexiones y ODD). Esta información sería útil para que las ACs y los OCs sepan qué partes de las infraestructuras deben recibir atención en cuanto a la capacidad de acogida de la automatización.

A partir de la combinación de estos factores, se definieron un total de ocho escenarios (Figura 3).

- El **escenario A** representa un futuro muy cercano a la situación actual. Existen vehículos hasta nivel SAE 3, no existe una CCI, no se dispone de una infraestructura digital y los datos de desconexión no están disponibles públicamente. Los vehículos de nivel SAE 2 presentan desconexiones, mientras que los de nivel 3 presentan solicitudes de toma de control con un margen de tiempo incierto. Los conductores no tendrían información alguna sobre dónde activar o desactivar sus sistemas de automatización.

- El **escenario B** añade una CCI al escenario A que debería centrarse en recomendar a los conductores dónde activar o desactivar sus sistemas de automatización de la conducción. Dada la variedad de CAVs, estas indicaciones deberían establecerse de forma prudente, es decir, indicando claramente los segmentos de carretera que podrían ser recorridos de forma automatizada por muy pocos vehículos (**nivel rojo**), o por la mayoría de los vehículos (**nivel naranja**).
- El **escenario C** añade una infraestructura digital al escenario B. Esto no significa que todos los segmentos de carretera deban presentar soporte de conectividad, sino que algunos segmentos de carretera pueden tenerlo. Los segmentos via-rios que sí la tengan habilitada podrían compartir información valiosa con los vehículos de nivel SAE 3, que podrían utilizarla para prever mejor las desconexiones e incluso evitar algunas de ellas. Por tanto, una CCI debe presentar un nivel específico para los segmentos de carretera con esta característica y que físicamente pueden soportar la automatización (**nivel amarillo**).
- El **escenario D** es muy similar al escenario C, pero con información pública sobre las desconexiones proporcionada por los OEMs. Las administraciones de carreteras se beneficiarían de estos datos de desconexión en tiempo real, detectando rápidamente las zonas con un aumento repentino de desconexiones.
- El **escenario E** es la evolución natural del escenario A. En este caso, los vehículos de nivel SAE 4 son ya una realidad y se dispone de una infraestructura digital, pero no existe una CCI.

La información digital proporcionada a los vehículos les ayudaría a prever y evitar algunas desconexiones. Los vehículos de nivel SAE 2 y 3 no conectados seguirían presentando las mismas limitaciones que en el escenario A. Por su parte, los vehículos de nivel SAE 4 podrían no beneficiarse plenamente de sus capacidades, ya que podrían no saber cuándo están saliendo de zonas compatibles con su ODD.

- El **escenario F** es la evolución natural de los escenarios B y C. En comparación con el escenario E, añade la existencia de una CCI. La existencia de una CCI es especialmente importante en el caso de los vehículos de nivel SAE 4, ya que no pueden presentar desconexiones dentro de sus zonas compatibles con la ODD. Por lo tanto, los segmentos de carretera con muy buenas propiedades físicas y características de conectividad podrían ser etiquetados con un nuevo cuarto NCI (**nivel verde**). Este nivel indica que un conductor de un vehículo de nivel SAE 4 puede ceder totalmente el control al vehículo, mientras que los conductores de niveles SAE inferiores experimentarían muy pocas desconexiones. Los anteriores niveles de carretera inteligente coexistirían en otras zonas con peores propiedades físicas. Para mejorar el rendimiento del tráfico cuando los vehículos de nivel SAE 4 se generalicen, se sugiere un nuevo quinto nivel de carretera inteligente (**nivel azul**) que admita la conducción cooperativa, para indicar qué infraestructuras viales son exclusivas para los CAVs.
- El **escenario G** es similar al escenario F, añadiendo datos de desconexión en tiempo real.

Al igual que el escenario D, esta información no requiere nuevos NCIs, pero añade la posibilidad de una gestión en tiempo real por parte de las ACs y los OCs.

- El **escenario H** es un escenario a largo plazo, en el que los vehículos de nivel SAE 5 también estarían disponibles. Los vehículos de nivel SAE 4 seguirían siendo una mayoría, y podrían existir niveles inferiores, pero no serían comunes. La información digital está disponible en casi toda la red de carreteras. Se considera necesario una CCI para determinar dónde la circulación está solo restringida a CAVs (es decir, **nivel azul**). Los NCIs más bajos pueden no ser necesarios en entornos rurales, dados los extensos ODD previstos.

Propuesta de Clasificación (CCI)

Teniendo en cuenta los escenarios anteriores, se propuso una CCI basada en cinco niveles:

- **Segmentos de Carretera Humana (HU)**. Estos tramos de carretera no admiten la automatización.
- **Segmentos de Carretera Asistida (AS)**. Estos tramos de carretera presentan un apoyo parcial a la automatización, con un número notablemente menor de desconexiones que en los tramos de carretera HU.
- **Segmentos de Carretera Automatizada (AT)**. Estos segmentos de carretera presentan características físicas similares a los segmentos de carretera AS, pero también presentan capacidades de conectividad que podrían ayudar a los vehículos conectados a prevenir y evitar desconexiones, alertando al conductor con antelación suficiente.
- **Segmentos de Carretera Totalmente Automatizada (FA)**. Estos

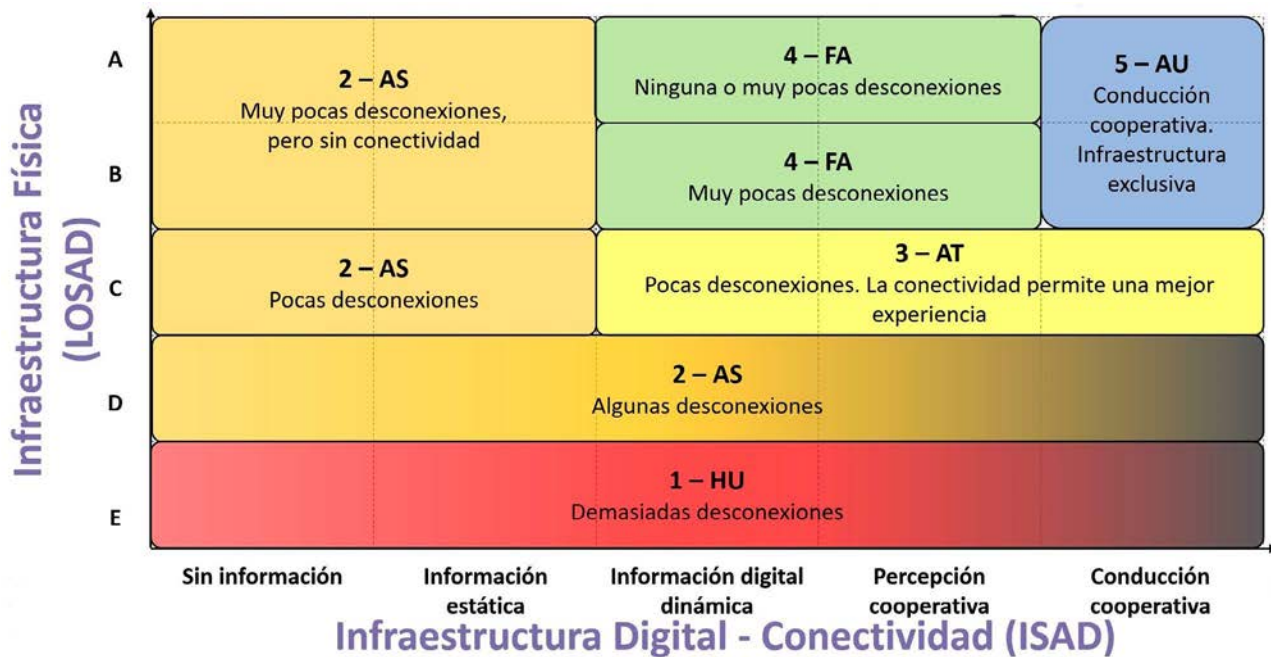


Figura 4: Determinación del NCI en función del LOSAD e ISAD.

segmentos de carretera presentan una compatibilidad total con los vehículos de nivel SAE 4 y una buena capacidad de conectividad.

- **Segmentos de Carretera Autónoma (AU).** Estos segmentos de carretera presentan una compatibilidad total con los vehículos de nivel SAE 4 y una capacidad de conectividad excepcional. Su uso está restringido a vehículos de nivel SAE 4 y 5, pudiendo ser carriles dedicados.

Las administraciones de carreteras deben establecer qué propiedades y umbrales deben considerarse para cada NCI. Para ello, se han propuesto dos indicadores: Nivel de Servicio para la Conducción Automatizada (*Level of Service for Automated Driving*, LOSAD) y Soporte de la Infraestructura para la Conducción Automatizada (*Infrastructure Support for Automated Driving*, ISAD). El primero representa cuán preparado está un segmento de carretera para soportar la automatización desde el punto de vista

de la infraestructura física, mientras que el segundo se centra en el soporte de la conectividad teniendo en cuenta la infraestructura digital. Así, la CCI podría determinarse combinándolos como se muestra en la figura 4.

Como se observa en la figura, no tendría sentido un despliegue de infraestructura digital avanzada que permita una percepción o conducción cooperativa en tramos correspondientes a segmentos de carretera humana o asistida. Luego, antes de acometer el desarrollo de infraestructura digital extensiva, habría que acondicionar la infraestructura física para que su capacidad de acogida de la automatización sea alta, es decir, se presenten pocas o muy pocas desconexiones.

Recomendaciones para la Implementación de una CCI

La viabilidad de un sistema de Clasificación de Carreteras Inteligentes se debatió mediante un cuestionario online internacional

y el desarrollo de dos *webinars*, uno de ellos solo en España. A continuación, se recogen las aportaciones más importantes sobre las propuestas de despliegue del sistema para las diferentes partes interesadas.

Administraciones y Operadores de Carreteras

Las ACs y los OCs deberían definir una señalización física (o de mensaje variable) clara para identificar los segmentos de carretera **HU** y **AS** (de manera informativa, no obligatoria). La señalización de los segmentos de carretera **HU** debería ser prioritaria, indicando a los conductores cuándo se desaconseja claramente la conducción automatizada. Un segundo paso podría ser identificar los segmentos de carretera **AS**, es decir, qué segmentos de carretera presentan características físicas que permiten la automatización en la mayoría de los vehículos de nivel SAE 2 existentes. Una vez que se disponga de la infraestructura di-

gital, podrían identificarse también los segmentos de carretera AT.

Estas medidas deberían ir acompañadas de campañas de información y educación a los conductores y otros usuarios. Además, el desarrollo de pruebas piloto se considera un factor clave, ya que pueden utilizarse para comprobar las capacidades de los CAV en condiciones reales.

Industria de Automoción

Una cuestión clave que hay que abordar es cómo implicar a la industria del automóvil en el desarrollo y la aplicación de la CCI, ya que su colaboración en el Proyecto Especial fue claramente escasa.

Operadores de Telefonía Móvil (MNOs)

Estas partes interesadas deberían participar en la aplicación de

una CCI mediante pruebas piloto centradas en las carreteras principales.

Usuarios

Los usuarios deben estar informados sobre las capacidades de sus vehículos, recibir información clara y sencilla sobre los NCIs y poder conocer las propiedades inteligentes de los tramos de carretera que vayan recorriendo, para así ganar en credibilidad y seguridad.

Proveedores de Gestión de la Información

Estos agentes recopilarán, procesarán y compartirán la información con todas las demás partes interesadas. La comunicación con las ACs y los OCs debe ser muy directa, dado el intercambio masivo necesario de datos para una red de carreteras. ■

Referencias

AASHTO (2020). *Connected Roadway Classification System*. NCHRP Project 20-24, Task 112, National Cooperative Highway Research Program, 2020. Disponible en: <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/nchrp/docs/20-24112CRCSDDevelopmentPreliminaryFinalContractorsReport.pdf>

ANFAC (2022). *Informe sobre vehículo autónomo y conectado*. 1ª Edición. Disponible en: <https://anfacs.com/wp-content/uploads/2022/06/Informe-sobre-Vehiculo-Autonomo-y-Conectado-2022.pdf>

BSI (2020). *PAS 1883:2020, Operational Design Domain (ODD) taxonomy for an automated driving system (ADS) – Specification*. British Standards Institution. Disponible en: <https://www.bsi-group.com/globalassets/localfiles/en-gb/cav/pas1883.pdf>

INFRAMIX (2019). *Road INFRAstructure ready for MIXed vehicle traffic flows: D.5.4 Infrastructure Classification Scheme*. Disponible en: <https://www.inframix.eu/>

SAE (2021). *J3016_202104: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles*. SAE International, US.

