

CUESTIONARIO SOBRE IMPLICACIONES REGLAMENTARIAS PARA EL DESPLIEGUE DE LA MOVILIDAD AUTÓNOMA, CONECTADA Y COMPARTIDA

El presente documento de síntesis recoge las opiniones de 40 expertos del sector de automoción, transporte y los vehículos sobre las implicaciones reglamentarias y organizativas que surgen como aspectos clave en el despliegue de la movilidad autónomos, conectada y compartida. Estas opiniones han sido recabadas entre los meses de mayo y junio de 2024. Las cuestiones planteadas se han centrado en los siguientes aspectos que complementan el documento de “Conclusiones principales de primera reunión del think tank sobre movilidad autónoma, conectada y compartida (30 mayo 2023)”:

1. En vehículos con altos niveles de automatización (3 o, preferentemente, 4), ¿ves viable descargar al conductor de toda responsabilidad mientras el sistema autónomo esté operativo? En esas situaciones, ¿debe el conductor ser capaz de tomar el control o debe el sistema validar si la acción que pretende hacer el conductor es segura?
2. ¿Cómo estimas que debe definirse la maniobra de riesgo mínimo (maniobra que minimice la situación de peligro) de un vehículo autónomo ante un fallo o una salida del dominio de diseño operativo? ¿Es suficiente con una parada controlada?
3. Teniendo en cuenta que los vehículos de alto nivel de automatización deben tomar decisiones en escenarios diversos y cambiantes, ¿qué tipo de pruebas es razonable realizar para comprobar la seguridad del sistema antes de su comercialización / circulación?
4. En caso de disponer de la opción de teleguiado o supervisión remota, ¿qué aspectos habría que tener en cuenta para regular su uso y garantizar su seguridad?
5. ¿Se requerirán modificaciones en la infraestructura para garantizar comportamientos seguros de los vehículos autónomos en caso de fallo?
6. ¿Qué medidas políticas / reglamentarias serían necesarias para adecuar las infraestructuras al vehículo autónomo? (si procede)
7. ¿Qué medidas políticas / reglamentarias serían necesarias para el despliegue de servicios de conectividad para vehículos? (si procede)
8. ¿Qué modificaciones reglamentarias podrían incentivar el uso del vehículo compartido?

Se ha tratado de tener una visión lo más amplia posible por lo que se han recabado opiniones de los siguientes ámbitos:

- Fabricantes de vehículos (turismos y vehículos industriales)
- Fabricantes de componentes
- Empresas constructoras de infraestructuras
- Empresas integradoras de tecnología
- Empresas aseguradoras
- Empresas de transporte
- Empresas de servicios
- Centros tecnológicos y Universidades

Colaboran:

- Ingenieros vinculados al sector
- Asociaciones empresariales del sector
- Administraciones Públicas

En este documento se recalcan aquellas opiniones que han sido sistemáticamente más citadas, si bien también se incluyen apreciaciones que, aunque citadas en menor medida, se considera que aportan una visión a tener en cuenta dada su relevancia para alguno de actores involucrados.

Este trabajo se ha realizado en el marco de la Cátedra Universidad-Empresa de Transición Energética de la Fundación Repsol con la Universidad Politécnica de Madrid. Adicionalmente, se ha contado con la colaboración de la Asociación Española de Profesionales de Automoción (ASEPA) y el Foro de Ingeniería del Transporte (FIT).

Felipe Jiménez Alonso
Catedrático de Universidad
Universidad Politécnica de Madrid

Colaboran:

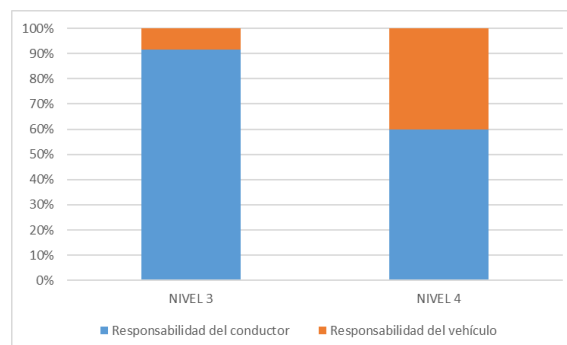
1.- En vehículos con altos niveles de automatización (3 o, preferentemente, 4), ¿ves viable descargar al conductor de toda responsabilidad mientras el sistema autónomo esté operativo? En esas situaciones, ¿debe el conductor ser capaz de tomar el control o debe el sistema validar si la acción que pretende hacer el conductor es segura?

La definición de responsabilidades (en caso de accidente) resulta fundamental no solo a nivel normativo y legal, sino también a nivel técnico y de consideraciones de uso. De igual forma, se estima que puede condicionar los avances tecnológicos que puedan introducirse en los vehículos y los plazos de esa introducción.

Desde un punto de vista teórico, la clasificación de niveles de automatización establece que, en el caso de vehículos autónomos de nivel 4, la responsabilidad podría recaer de forma íntegra en el vehículo siempre que se encuentre dentro de las condiciones y escenarios de funcionamiento autónomo. En caso de nivel 2, es el conductor el que mantiene la responsabilidad (y la opción de poder tomar el control en cualquier momento en contra de lo establecido por el sistema), mientras que la frontera es más difusa en el caso del nivel 3.

Responsabilidad

Al contrario de las apreciaciones teóricas anteriores, de las respuestas al cuestionario se observa que un mayor porcentaje estima que la responsabilidad la debe mantener el conductor, al menos parcialmente, en los dos niveles, 3 y 4, a pesar de las capacidades del vehículo en el nivel más alto. Es decir, aún en el caso de vehículos nivel 4, el conductor debería mantener la responsabilidad, siendo esta opción aún más citada para el caso de vehículos nivel 3. Otro grupo sí contempla que se pueda delegar la responsabilidad en el vehículo en el caso del nivel 4 siempre que esté dentro del dominio operativo, y solo marginalmente se contempla en el nivel 3.



Por último, cabe recalcar que, para reducir la responsabilidad del conductor, quedan incógnitas relativas al funcionamiento robusto y se podría alcanzar este estado de robustez en escenarios con la totalidad de vehículos autónomos y conectados.

Control del vehículo

El control del vehículo se encuentra directamente vinculado con las apreciaciones anteriores de responsabilidad en caso de accidente. Por ello, se considera mayoritariamente que el conductor debe mantener el control o la posibilidad de tener ese control y que sus decisiones deben prevalecer sobre las del vehículo, al igual que sucede

Colaboran:

en los vehículos nivel 2 en los que las acciones de conductor llevan a la desconexión del modo autónomo. En cualquier caso, el conductor sería el responsable de supervisar el sistema.

En ese marco, el sistema sí podría realizar algunas tareas:

- supervisar que el conductor está en condiciones aptas de tomar el control
- avisar de circunstancias que se detecten para que el conductor disponga de más información para decidir

Por otra parte, en cuanto a las maniobras de fallback ante fallo del sistema o salida del ODD, se plantea que debe llevarlo a cabo el conductor en el nivel 3 mientras que sería el vehículo en el caso del nivel 4.

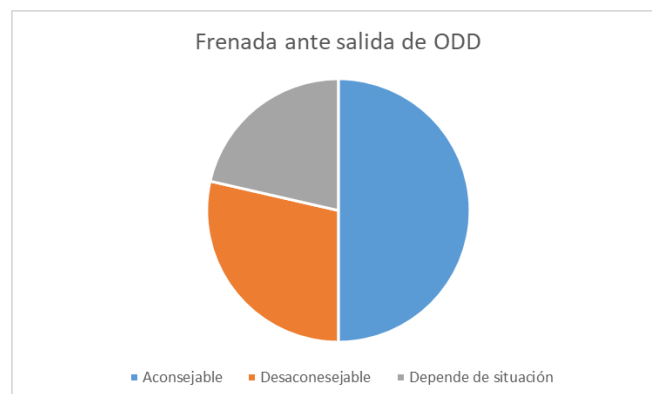
2.- ¿Cómo estimas que debe definirse la maniobra de riesgo mínimo (maniobra que minimice la situación de peligro) de un vehículo autónomo ante un fallo o una salida del dominio de diseño operativo? ¿Es suficiente con una parada controlada?

La maniobra de riesgo mínimo se debe desencadenar cuando el vehículo autónomo no pueda gestionar una determinada situación, se excedan sus capacidades de toma de decisiones o se salga del ODD. El sistema debe evaluar el entorno en tiempo real para seleccionar la maniobra más segura y adecuada para cada situación.

Este tipo de maniobras debe tener en cuenta la seguridad de los ocupantes y la seguridad de otros usuarios de la vía, siendo un aspecto relevante la señalización de la maniobra y del estado (de emergencia) del vehículo sobre su situación (uso de luces de emergencia y, si es posible, mensajes V2X). Por otra parte, como estas maniobras se deben desencadenar ante un fallo o una salida del ODD, una alternativa que intrínsecamente reduce riesgos es llegar a una degradación gradual del funcionamiento en lugar de llegar a una situación donde el sistema autónomo no pueda continuar y deba recurrirse a soluciones de emergencia.

La maniobra más intuitiva para reducir el riesgo es la detención del vehículo (pudiendo variar la intensidad de la frenada), si bien pueden existir escenarios en los que no sea la más apropiada y se puedan prever otras alternativas, lo que pueda requerir adaptaciones, por ejemplo, en la infraestructura. Con carácter general, se considera que puede haber escenarios donde sea complicado llegar al riesgo mínimo y no se pueden equiparar escenarios de vías de alta capacidad con posibilidad de acceder al arcén con vías urbanas, escenarios con tráfico ligero o tráfico denso, o en función de las condiciones climatológicas.

Por regla general, entre las respuestas se contempla mayoritariamente que la frenada controlada es la solución que más se podría emplear, aunque también existen opiniones en las que se desaconseja con carácter general o en ciertas situaciones.

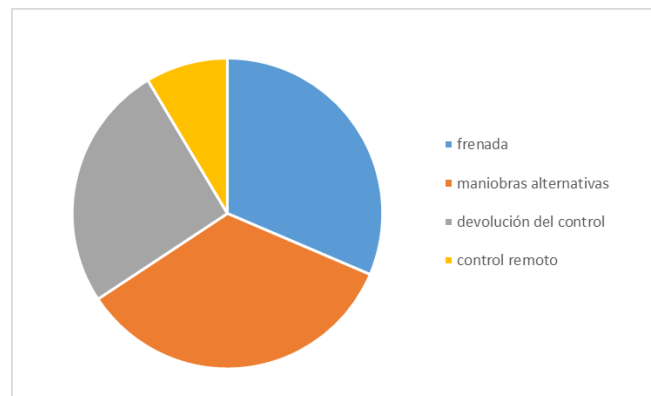


Como actuaciones alternativas ante salida de ODD o fallo del sistema autónomo se contemplan las siguientes actuaciones:

- frenada intentando evitar paradas en medio de la carretera o en lugares de baja visibilidad y buscando áreas de descanso, bahías de emergencia o un arcén amplio

- (incorporando la correspondiente señalización y con posibles cambios en la infraestructura para permitir esa maniobra fuera de la ruta principal de circulación)
- maniobras alternativas dependientes de la zona y el escenario, tanto de búsqueda de trayectoria como de reducción de velocidad (adaptativa, considerando el tráfico y las condiciones de la carretera), donde el vehículo deba intentar llegar a un lugar seguro
 - devolución del control al conductor con antelación
 - control remoto para guiar al vehículo hasta un lugar seguro o superar la zona que el vehículo no puede gestionar

En el caso de maniobras alternativas a la frenada, se indica que deberían estar estandarizadas para tener un comportamiento homogéneo entre los diferentes vehículos.



Tras una maniobra de riesgo mínimo, puede suceder que el vehículo sea capaz de reanudar la marcha (con o sin validación por parte del operador) al ser un fallo temporal. Esta solución implicaría diagnósticos automáticos y reinicios de sistemas. En situaciones donde la reanudación automática no sea posible, el sistema debe solicitar asistencia remota, permitiendo que un operador humano evalúe la situación y proporcione instrucciones o control adicional.

En resumen, la maniobra de riesgo mínimo debe tratarse de forma conjunta con la conciencia situacional del vehículo de forma que pueda discriminarse la más adecuada en cada caso, con maniobras de seguridad graduales, señalización por diversas vías y opciones para reanudar la marcha o solicitar asistencia.

3.- Teniendo en cuenta que los vehículos de alto nivel de automatización deben tomar decisiones en escenarios diversos y cambiantes, ¿qué tipo de pruebas es razonable realizar para comprobar la seguridad del sistema antes de su comercialización / circulación?

Resulta clara la necesidad de regular el marco normativo tanto para la homologación de vehículos como para la circulación de los vehículos autónomos, aunque se observa que pueden quedar retos técnicos que pueden tener implicaciones sobre la reglamentación posteriormente. Además, el funcionamiento del vehículo autónomo debe ser independiente del país en el que circule y la legislación debería ser única en Europa.

En la actualidad, la normativa de homologación trata de verificar que los vehículos que se comercializan son suficientemente seguros para lo que se han establecido ensayos concretos sobre los diferentes sistemas. Sin embargo, la mayor parte de estos ensayos tienen una base mecánica. En el caso de los vehículos autónomos, más allá de las actuaciones sobre los mandos de conducción que pueden asimilar pruebas semejantes a las actuales, se identifican las fases de percepción y toma de decisiones que son muy dependientes del escenario concreto. Si bien las características que se exijan a los sensores pueden definirse, los algoritmos que gestionen los datos capturados, así como su empleo en la toma de decisiones solo podría valorarse sobre escenarios y ante la respuesta final del sistema, comprobando que los algoritmos son capaces de generalizar de forma adecuada ante escenarios no explícitamente contemplados en su diseño.

Se puede identificar la siguiente diferenciación:

- Seguridad Funcional (FuSa) entendida como la ausencia de riesgos inaceptables debido a fallos en los sistemas eléctricos y electrónicos dentro de un vehículo. La norma ISO 26262 proporciona un marco para la gestión de estos riesgos durante todo el ciclo de vida del vehículo.
- Seguridad de la Funcionalidad Pretendida (SOTIF) que aborda los riesgos que surgen no de fallos del sistema, sino de límites en el diseño y las funciones del sistema que pueden llevar a situaciones peligrosas. La norma ISO/PAS 21448 proporciona directrices para la evaluación de estos riesgos. Se debe crear una base de datos de escenarios críticos y pruebas en simulaciones y entornos reales para evaluar la respuesta del sistema.

En las respuestas al cuestionario, se considera que se requiere un alto número de pruebas para cubrir el máximo número de escenarios. Como opciones a esos ensayos, se plantean:

- Pruebas en pista (como primera alternativa más citada), incluyendo situaciones comunes de circulación, interacción con otros usuarios o la valoración ante escenarios de emergencia (que imiten entornos urbanos, vías convencionales y vías de alta capacidad).
- Recogida de datos y ensayos en tráfico abierto bajo diferentes condiciones y escenarios, persiguiendo la mayor distancia recorrida para acumular posibles situaciones de fallo. Esto incluye:
 - o Pilotos controlados bajo condiciones controladas y supervisadas, registrando datos sobre las prestaciones del sistema en situaciones reales, orientados a identificar y corregir problemas que no se detectan en simulaciones o pistas de prueba.

- Monitorización continua de los vehículos durante las pruebas en carretera para evaluar el rendimiento en tiempo real y ajustar los algoritmos según sea necesario.
- Funcionamiento del sistema autónomo en modo de monitorización pasivo (sin control del vehículo) mientras un conductor humano está al mando, lo que permite comparar las decisiones del sistema con las del conductor humano en tiempo real y ajustar los algoritmos.
- Simulaciones o gemelos digitales, incluyendo entornos virtuales complejos, interacciones con otros usuarios humanos o escenarios altamente improbables y que no podrían ser verificados por otras vías. Esto permite evaluar las prestaciones del sistema en situaciones que serían peligrosas o impracticables de replicar en el mundo real. En este ámbito se incluyen:
 - Simulación de escenarios complejos con simuladores avanzados para recrear una variedad de escenarios de tráfico, condiciones climáticas y situaciones de emergencia.
 - Pruebas de Hardware-in-the-Loop (HIL) y Software-in-the-Loop (SIL) para evaluar la interacción entre los componentes físicos y el software del vehículo en un entorno controlado.
 - Generación de datos sintéticos para crear grandes volúmenes de datos sintéticos para entrenar y probar los algoritmos de Inteligencia Artificial del sistema, asegurando que sean robustos frente a una amplia gama de escenarios.
- Combinación de los 3 enfoques

En cuanto a las pruebas en pista o simulación, se plantea la posibilidad de que estén estandarizadas, en línea con los actuales ensayos de homologación, a pesar del sesgo que este hecho pueda tener sobre los algoritmos de toma de decisiones el cual se minimizaría si el catálogo de pruebas fuese suficientemente amplio.

También se considera la verificación del comportamiento ante situaciones de funcionamiento del sistema concretas pero críticas, como es la simulación de fallos para evaluar cómo el vehículo maneja fallos parciales o totales y activa las maniobras de riesgo mínimo, y pruebas de redundancia. También se deben estudiar situaciones extremas o de estrés.

Teniendo en cuenta el papel relevante del software embarcado en estos vehículos, resulta crítica la evaluación del cumplimiento de los exigentes marcos de calidad y estándares que garantizan que el SW ha sido desarrollado conforme a lo esperado desde el punto de vista de la seguridad (safety y security).

Como herramientas de trabajo para la identificación de problemas y riesgos, se plantean las siguientes:

- Hazard Assessment and Risk Analysis (HARA): Identificando posibles escenarios de fallos, análisis de las consecuencias de estos fallos y clasificación de los riesgos en función de su severidad, exposición y controlabilidad.

- Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): Evaluando cada componente del sistema para identificar posibles modos de fallo, sus efectos en el sistema general y la implementación de medidas de mitigación.
- Fault Tree Analysis (FTA): Creando un diagrama de árbol que visualiza las relaciones entre los fallos del sistema y sus causas raíz, ayudando a identificar puntos críticos y áreas de mejora.

Aunque no sea un aspecto específico para verificar la seguridad del sistema autónomo, los fabricantes pueden tener interés en la experiencia de usuario, incluyendo pruebas de usabilidad (para verificar que las interfaces de usuario son intuitivas y fáciles de usar) y experiencia del pasajero (para asegurar que el viaje es cómodo y que el vehículo proporciona información clara y precisa a los ocupantes sobre su estado y decisiones). Este análisis debe desembocar en una mayor aceptación por parte de los usuarios lo que fomentará una mayor penetración en el mercado.

Otro aspecto a tener en cuenta relacionado con los usuarios es la necesidad de tener formación sobre cómo interactuar con los vehículos autónomos, especialmente, peor no de forma exclusiva, en situaciones de emergencia. La señalización de los vehículos funcionando en modo autónomo se valora como una alternativa para integrarse en el tráfico de forma segura (aunque también puede tener aspectos negativos), al igual que la cooperación con otros vehículos en maniobras complejas.

Por otra parte, cabe indicare los principales roles y aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el proceso de validación de los sistemas a través de:

- generación, selección automática y optimización de escenarios de prueba.
- análisis predictivo de datos para identificar patrones y prevenir fallos.
- validación y verificación de algoritmos bajo diferentes condiciones y que las decisiones son consistentes y seguras.
- mejora continua y aprendizaje Automático basándose en datos nuevos y experiencias operativas que permite que los vehículos autónomos se adapten y mejoren su rendimiento.

En resumen, se considera mayoritariamente que el enfoque debe ser integral, a pesar de las dificultades que ello pueda conllevar bajo el modelo actual de homologación, el cual puede sufrir variaciones relevantes para contemplan el caso de los vehículos autónomos. Esto es así ya que la amplia casuística hace que enfoques individuales como ensayos normalizados en pista o las pruebas de conducción (usadas ampliamente en el sector para validar muchos sistemas), no parezcan viables por motivos que incluyen la imposibilidad de cubrir los innumerables casos y situaciones a los que se podría enfrentar un vehículo, los costes y el tiempo asociado a los mismos. Es preciso realizar un análisis de cobertura de escenarios que nos permita asegurarnos de que las pruebas cubren una amplia gama de escenarios de conducción, lo que puede lograrse mediante el uso de técnicas como la generación automática de escenarios y la variabilidad de parámetros de prueba.

4.- En caso de disponer de la opción de teleguiado o supervisión remota, ¿qué aspectos habría que tener en cuenta para regular su uso y garantizar su seguridad?

En este punto, se distingue como casos diferentes con implicaciones diferentes el teleguiado y la supervisión remota del vehículo.

En el cuestionario, el aspecto identificado como clave con diferencia respecto a otros aspectos para el correcto funcionamiento es la fiabilidad, la velocidad de transmisión de datos, el ancho de banda, la robustez y la latencia del sistema de comunicaciones, de forma que se garantice una conectividad sin interrupciones. Todo ello para disponer de la información en tiempo real sin retrasos y garantizar respuestas rápidas a las acciones del supervisor remoto.

Vinculado con las comunicaciones, los problemas de ciberseguridad también son identificados como relevantes. De esta forma, se plantean soluciones de cifrado de datos, sistemas robustos de autenticación y disponer de sistemas para la detección de intrusiones o la introducción de datos falsos o erróneos.

Puesto que se asume la dificultad de alcanzar altos niveles de fiabilidad en cualquier entorno, se establece que se pueden producir fallos en el sistema de telecontrol por lo que se deberían tener sistemas redundantes contemplados dentro de los protocolos de fallback del vehículo (el cual debe detectar automáticamente la pérdida de calidad en el proceso de teleguiado), o bien que exista un conductor en el vehículo capacitado para tomar el control. También se contempla disponer de múltiples canales de comunicación para asegurar la conexión continua en caso de fallo de una red (redundancia de comunicaciones). De esta forma, se considera que se debe abordar un análisis de riesgos para identificar posibles puntos de fallo (diferenciados de la conducción autónoma) y establecer planes de mitigación. En dichas situaciones de riesgo, pero no exclusivamente en ellas, se cita la conveniencia de una comunicación operador-usuarios del vehículo.

En la misma línea, dada la complejidad del comportamiento fiable en cualquier escenario, la teleoperación debería restringir a ciertos escenarios concretos y no ser una solución válida para cualquier caso. De igual forma, la certificación del sistema puede estar supeditada a ciertas condiciones del entorno.

En cuanto al operador remoto, se plantean dos aspectos fundamentales. Por un lado, el propio diseño del puesto de teleoperación en cuanto a la información que se proporciona y cómo se hace para que sea suficiente y efectiva. En este sentido, se considera que podría ser apropiada una estandarización de estos puestos de operador con interfaces intuitivos. Por otra parte, se indica la necesidad de una capacitación específica por parte de los teleoperadores, con su consiguiente certificación, con el fin de que conozcan las capacidades y limitaciones del sistema, no siendo suficiente la capacitación para la conducción manual del vehículo.

En cuanto a la monitorización remota (de vehículos autónomos), con posibilidad de tomar el control, se plantea el problema de la escalabilidad para asegurar que los centros de

control remoto puedan manejar múltiples vehículos simultáneamente sin comprometer la seguridad.

De esta forma, se estima que, al igual que un vehículo autónomo, el teleguiado necesita una regulación para asegurar su eficacia y seguridad. Esta regulación debe aplicarse tanto al sistema como a su uso, delimitando las responsabilidades con la particularidad de que, a diferencia del vehículo autónomo, en el teleguiado se contemplan 3 actores: operador, sistema de teleoperación y sistema en el vehículo, a los que se podría añadir el usuario en el vehículo.

Colaboran:

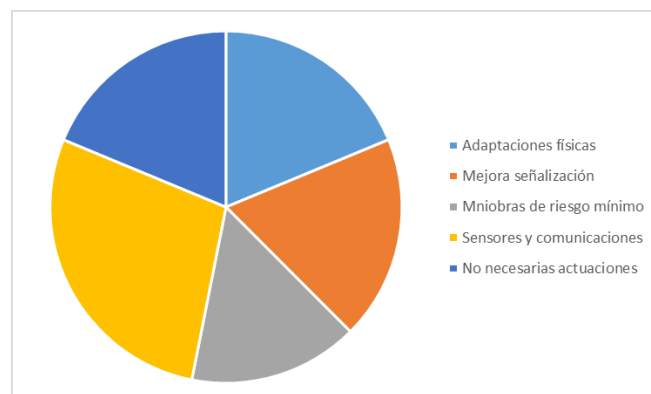
5.- ¿Se requerirán modificaciones en la infraestructura para garantizar comportamientos seguros de los vehículos autónomos en caso de fallo?

Parece claro que las características de la infraestructura pueden favorecer o dificultar el funcionamiento de los vehículos autónomos, desde los niveles más básicos (en los que se producen desconexiones del modo autónomo ante secciones de carretera con alguna singularidad) hasta los más altos. Por ello, se plantea la adecuación de éstas para favorecer un comportamiento más robusto, con menos desconexiones y ampliando el ámbito de funcionamiento. De igual forma, la comunicación de datos desde el exterior se percibe como una ayuda clara para los niveles más altos de automatización. Así, debe considerarse la interacción del vehículo con la infraestructura, lo que conlleva la necesidad de planificación de actuaciones sobre la infraestructura, tanto desde el punto de vista físico como de datos, lo que implica una cooperación entre los actores vinculados al vehículos y la infraestructura o su gestión.

Las actuaciones se pueden centrar en varios aspectos:

- Infraestructura física:
 - o adaptaciones físicas sobre la infraestructura actual (geométricas en su mayor parte) y planes de mantenimiento
 - o mejora y homogeneización de la señalización actual
 - o adaptaciones para las maniobras de riesgo mínimo
- Infraestructura digital compuesta por:
 - o mapas digitales
 - o sensores (para proporcionar información adicional a los vehículos autónomos sobre el entorno y el tráfico)
 - o sistemas de comunicaciones para intercambio de información con los vehículos (bajo la premisa de que los altos niveles de automatización se pueden lograr sobre vehículos conectados)

Algunas opiniones mantienen la no necesidad de actuaciones específicas salvo en casos puntuales, y que el vehículo autónomo debe ser capaz de manejar los escenarios de igual forma que los conductores humanos se enfrentan a ellos.



Actuaciones físicas sobre la infraestructura

Las modificaciones físicas abarcan desde el trazado, la eliminación de puntos conflictivos para la conducción automatizada hasta la mejora del estado del pavimento (por ejemplo, evitando los problemas derivados de baches, parches, etc.).

El uso de infraestructuras segregadas para diferenciar los niveles de automatización (principalmente los más altos de los vehículos de conducción manual) es una alternativa que se puede estimar, aunque se plantean barreras económicas y de capacidad de la infraestructura, así como la alta complejidad técnica de segregación total del tráfico.

Mejora en la señalización

Es un hecho la falta de homogeneidad en la señalización entre países, así como la introducción de señales no estandarizadas o la presencia de señales deterioradas. Por ello, debe garantizarse señales de tráfico que sean fácilmente reconocibles por los sistemas de visión de los vehículos autónomos, incluyendo reflectores y materiales que mejoren la visibilidad en diversas condiciones climáticas. En este sentido, debe tenerse en cuenta que la visión artificial, en el momento actual, puede tener mayores dificultades de interpretación de las señales que un conductor humano. En cuanto a la señalización horizontal, es necesario que las líneas de carril y otras marcas viales sean claras y bien mantenidas para facilitar el reconocimiento y la navegación por parte de los vehículos autónomos. De igual forma, los vehículos deben estar dotados de algoritmos robustos que puedan tomar decisiones correctas aún con moderadas pérdidas de esta información.

Zonas para maniobras de riesgo mínimo

Por otra parte, existen diversas propuestas para establecer zonas para maniobras de riesgo mínimo. De esta forma, se deben designar áreas específicas para estas maniobras de emergencia a lo largo de las carreteras, donde los vehículos autónomos puedan detenerse de manera segura en caso de fallo. Para lograr su efectividad, debe garantizarse su accesibilidad y los usuarios deben ser conscientes de su utilidad (al ser un elemento nuevo sobre los diseños de infraestructuras actuales).

Mapas digitales

La infraestructura digital precisa, en primer lugar, de mapas detallados de alta definición y actualizados en tiempo real, siendo necesario el trabajo de desarrollo y mantenimiento de los mismos. Estos mapas deben actualizarse constantemente para reflejar los cambios en la infraestructura y proporcionar información precisa sobre la ubicación y las condiciones del tráfico. Todo ello permitirá una mejora en la navegación y localización precisa de los vehículos autónomos, promoviendo una operación más segura y eficiente incluso en entornos complejos.

Sensores en la infraestructura

Además, se requiere la instalación de sensores en la infraestructura vial, aunque también puede generalizarse a señales (fijas o variables) virtuales (que se añadan a las físicas o como medida de redundancia sobre las ya existentes), incluyendo semáforos inteligentes.

Sistemas de comunicaciones

En relación con los sistemas de comunicación, se requiere implementar redes para proporcionar conectividad de alta velocidad y baja latencia, para la comunicación en

tiempo real entre vehículos y la infraestructura, así como sistemas redundantes en caso de fallos.

Centros de gestión de tráfico

Desde un punto de vista más global, las actuaciones se pueden extender a los centros de gestión de tráfico, con el fin de integrar los vehículos autónomos con los Centros de Gestión de Tráfico para mejorar la coordinación y respuesta ante incidentes y usar datos en tiempo real para optimizar el flujo de tráfico y minimizar los riesgos asociados con fallos de vehículos autónomos.

Adicionalmente, todas las actuaciones anteriores deben estar sujetas a un proceso continuo de actualización y mejora mediante un plan de evaluaciones periódicas. Estas modificaciones pasan por la colaboración entre gobiernos, reguladores, fabricantes de vehículos, y proveedores de tecnología para un despliegue efectivo y coordinado ya que son muchos y muy diversos los actores implicados.

6.- ¿Qué medidas políticas / reglamentarias serían necesarias para adecuar las infraestructuras al vehículo autónomo? (si procede)

Las medidas para la preparación de la infraestructura para la conducción automatizada conllevan un considerable coste económico, principalmente las relacionadas con modificaciones físicas por lo que se deben evaluar soluciones alternativas. Por ello, resulta crucial un marco regulador a nivel nacional que establezca las directrices y estándares para la implementación de infraestructuras para vehículos autónomos, así como desarrollar programas de inversión a largo plazo para la modernización de la infraestructura vial, con un enfoque en la compatibilidad con vehículos autónomos, donde se pueda buscar la cooperación público-privada y la colaboración entre gobiernos locales, estatales y nacionales para asegurar una implementación coherente y eficiente de las infraestructuras necesarias. De igual forma, estas altas inversiones pueden requerir reformar el sistema impositivo (por ejemplo, con el pago por el uso de la infraestructura, con una tasa finalista u otras medidas requeridas para ello).

Como aspecto clave se considera la estandarización y la normalización para favorecer la comprensión por parte de los vehículos autónomos. Esta normalización se extiende a la señalización horizontal y vertical, a protocolos de comunicación para garantizar la interoperabilidad, a las propiedades geométricas, etc. Para ello, se deben definir especificaciones para la señalización, marcas viales y zonas de parada de emergencia que sean compatibles con los sistemas autónomos.

En este sentido, puede resultar de utilidad la certificación y clasificación de las características de la infraestructura en base a la definición por parte de expertos. El conocimiento del estado de la infraestructura y su clasificación para la circulación de vehículos autónomos debe aportar un valor añadido para discriminar las capacidades efectivas (no teóricas) de un vehículo ante ese escenario. En este sentido, hay ya varias iniciativas de clasificación de las infraestructuras. De esta forma, ciertas áreas estarán más preparadas para los despliegues iniciales de los vehículos autónomos de niveles más altos. Esto puede conducir a designar áreas específicas donde los vehículos autónomos puedan operar inicialmente o en una fase piloto, como zonas urbanas de baja velocidad, corredores de alta tecnología o rutas dedicadas.

Finalmente, se indica la pertinencia de organizaciones de supervisión y coordinación para gestionar la implementación de políticas y regulaciones coherentes, el seguimiento de indicadores de desempeño, así como la actualización de la clasificación de las zonas.

7.- ¿Qué medidas políticas / reglamentarias serían necesarias para el despliegue de servicios de conectividad para vehículos? (si procede)

Los tres aspectos fundamentales relacionados con los sistemas de comunicaciones que se destacan para promover un despliegue más generalizado del vehículo conectado son, de mayor a menor:

- la mejora de las capacidades de las redes de conectividad (baja latencia y alta velocidad) y su adaptación a las necesidades del transporte y el acceso universal a esa conectividad. Esto pasa por un esfuerzo en establecer una infraestructura de apoyo que incluya estaciones base, antenas y puntos de acceso en carreteras y áreas urbanas que den soporte a estos servicios.
- la estandarización de las comunicaciones, tanto a nivel de fabricantes para favorecer el intercambio de información como de territorios (fundamentalmente, para resolver los problemas trasfronterizos, aunque no de forma exclusiva si se consideran vías de diferente titularidad). Así, es preciso definir estándares que aseguren la interoperabilidad entre diferentes fabricantes y proveedores de servicios, lo que incluye protocolos de comunicación y formatos de datos.
- las medidas para garantizar la ciberseguridad, tanto para evitar intrusiones en los sistemas como para evitar la introducción de información errónea o falsa, así como la privacidad de la información (estableciendo regulaciones para proteger los datos personales y la privacidad de los usuarios de vehículos conectados con normas sobre el almacenamiento, procesamiento, acceso y compartición de datos).

Las medidas anteriores recaen sobre los Estados y las empresas de comunicaciones, las cuales se podrían ver beneficiadas por incentivos fiscales, por ejemplo, dada la asimetría que se plantea en volúmenes de negocio entre zonas geográficas. También se citan actuaciones sobre los fabricantes que pueden venir promovidas por regulaciones estatales como es la obligatoriedad de incorporar sistemas de conectividad en los vehículos o seguir ciertos protocolos abiertos. Este punto implica la definición de especificaciones técnicas detalladas para la instalación y operación de dispositivos de comunicación en vehículos, así como la definición concreta de servicios y modelos de negocio a todos los niveles.

En ese marco, aunque no de forma tan evidente como en el vehículo autónomo, resulta necesario definir un marco legal de uso de tecnologías de conectividad vehicular y de responsabilidades ante un funcionamiento incorrecto.

En cualquier caso, dado el gran avance tecnológico en estos campos, se estima crucial la actualización de normativas de manera regular para reflejar los avances tecnológicos y las nuevas necesidades del mercado.

Sin duda, en un ámbito en un campo en evolución, resulta crítico el establecer indicadores de desempeño para monitorear la efectividad y seguridad de los servicios de conectividad vehicular y realizar evaluaciones periódicas de su impacto en la seguridad vial y el tráfico. Esta información puede encaminar acciones futuras, trabajos de I+D+i, colaboración público-privada y el despliegue de servicios cada vez más complejos.

8.- ¿Qué modificaciones reglamentarias podrían incentivar el uso del vehículo compartido?

Las iniciativas de movilidad compartida no logran despegar en muchos ámbitos en los que, en teoría, sí podrían tener un gran potencial. Se identifica así una barrera clara a la evolución hacia este tipo de movilidad por lo que se puede sugerir que sean necesarias una serie de modificaciones reglamentarias que aborden aspectos económicos, sociales, ambientales y de infraestructura.

La opción que se destaca más son las bonificaciones por su uso, tanto fiscales (deducciones fiscales, créditos a empresas o particulares, reducción de impuestos, subvenciones a empresas que implementen programas de vehículos compartidos, bonificaciones a usuarios frecuentes, incentivos a empresas que desplieguen estos servicios, etc.) como facilidades de aparcamiento (precios más bajos o áreas específicamente reservadas), peajes, acceso a ciertas zonas urbanas, etc. Con ello se puede conseguir reducir los costes asociados al uso del vehículo compartido, haciéndolo más atractivo para los usuarios y promoviendo el acceso de las empresas a esta solución de movilidad.

La educación (tanto a usuarios particulares como dentro de las empresas) con el fin de promover cambios de comportamiento, la regulación de los seguros con el fin de que el usuario disponga de una mayor seguridad, la gestión ágil de licencias y permisos para los operadores de vehículos compartidos con los adecuados medios de supervisión, y la combinación con otros modos de transporte para cubrir todas las alternativas de movilidad, son otros factores identificados que podrían fomentar el uso de la movilidad compartida. Sin embargo, se estima que estas otras medidas pueden conllevar un mayor tiempo para proporcionar efectos significativos ya que pasan por cambios sociales de intenciones de uso.

En otra línea, se apunta la idea de penalizaciones o limitaciones al uso del vehículo privado (por ejemplo, sobre los impuestos al vehículo privado con baja ocupación o limitar acceso a ciertas zonas protegidas o limitar las plazas de aparcamiento disponible a vehículos privados) que desemboquen en presentar la movilidad compartida como una opción claramente más satisfactoria en detrimento del vehículo particular. De igual forma, las limitaciones a la circulación de vehículos contaminantes en ciertas zonas, con los perjuicios que ello puede conllevar a los usuarios particulares, puede incentivar el uso de vehículos más ecológicos de flotas de vehículos compartidos eléctricos para reducir la huella de carbono, si bien otras soluciones de movilidad compartida quedarían fuera de este esquema.

Más allá de las soluciones actuales, se indica el interés de fomentar proyectos piloto en colaboración con el sector privado para probar nuevas tecnologías y modelos de negocio en la movilidad compartida, lo que puede pasar por adaptaciones normativas que den cabida a la experimentación y la innovación. Desde el punto de vista tecnológico, se plantean actuaciones en las siguientes líneas:

- Promover el desarrollo y la implementación de vehículos autónomos en flotas compartidas, ya que pueden mejorar la eficiencia y reducir los costos operativos.

- Desarrollar y utilizar sistemas avanzados de gestión de flotas que optimicen la asignación de vehículos, rutas y tiempos de espera.
- Fomentar la creación de plataformas interoperables que permitan a los usuarios acceder a múltiples servicios de movilidad compartida desde una única aplicación.
- Utilizar big data y análisis predictivo para mejorar la planificación y gestión de los servicios de vehículos compartidos, adaptándose a la demanda en tiempo real.

Por otra parte, este tipo de movilidad compartida puede conllevar impactos sobre el empleo. Por ello, se debe trabajar en la línea de promover la creación de empleos en la industria de la movilidad compartida, incluyendo puestos en tecnología, operaciones y mantenimiento, así como asegurar una transición para otros sectores afectados negativamente.

Otras opiniones abogan por no incentivar de forma específica la movilidad compartida, sino que su demanda debe regularse en función de los beneficios ofertados comparativamente con otras alternativas, considerando prioritario el potenciar antes y en mayor medida el transporte público como solución más sostenible y sobre la que se deben articular el resto de medidas, siendo la movilidad compartida otra opción adicional. En este sentido, se apunta la complementariedad entre transporte público y movilidad compartida (en el sentido de Mobility-as-a-Service) por lo que se deben prever medios para una mejor conexión, facilitando la movilidad multimodal. Esta mejor conexión pasa por aspectos de muy diferente índole como infraestructuras dedicadas para ese intercambio modal (lo que involucra un desarrollo urbano con este fin), cobertura amplia y alta capilaridad para garantizar un acceso universal, o sistemas de pago unificados (que puedan prever bonificaciones para usuarios frecuentes o condiciones especiales para ciertos colectivos). En este sentido, puede ser necesario articular protocolos para la toma de decisiones compartidas entre los diferentes estamentos públicos y privados involucrados.