

CONCLUSIONES PRINCIPALES DE PRIEMRA REUNIÓN DEL THINK TANK SOBRE MOVILIDAD AUTÓNOMA, CONECTADA Y COMPARTIDA

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales
Universidad Politécnica de Madrid
30 mayo 2023

¿Qué nivel de automatización es razonable alcanzar?

El nivel que se puede alcanzar es muy dependiente de los casos de uso (no es lo mismo robotaxis, autobuses en cocheras o camiones en pelotón).

El Nivel 2 ya está muy popularizado, el nivel 3 de asistente en atascos que ya lo incluyen algunas marcas, así como el nivel 4 en turismos en maniobras a baja velocidad como el aparcamiento. En el caso de vehículos industriales, el nivel 2 está ya muy desplegado y el nivel 2+ se está explorando su viabilidad para mercancías y viajeros.

En este punto, **cabe preguntarse si merece la pena el nivel 3 desde puntos de vista económico y de responsabilidad** (en el nivel 3, la responsabilidad compartida es complicada de definir). Hasta un nivel 2+, la responsabilidad es clara y las adaptaciones normativas y de concepción de la movilidad son mínimas.

Así, existe un **desajuste entre la automatización potencial** (dada por los avances tecnológicos que tiene un fabricante) **y automatización real** (limitada por el marco jurídico, que es muy estricto en Europa). Algunos países ya han hecho adaptaciones del código de circulación para introducir los vehículos autónomos, si bien los aspectos de homologación todavía son un problema para garantizar el correcto funcionamiento bajo cualquier circunstancia.

Los niveles más altos como el nivel 4 se consideran alcanzables en escenarios simples como algunas rutas en autopistas específicas, o soluciones muy concretas de última milla como los shuttle. Sin embargo, se considera muy difícil y para horizontes temporales mucho más largos, el avanzar en ODD complejos. De esta forma, los escenarios de dificultad creciente serán: recorridos de largas distancias, recorridos periurbanos y áreas urbanas. Es importante tener en cuenta la curva de aprendizaje de la tecnología y la adaptación de los usuarios a la misma.

El nivel alcanzable también es dependiente de la calidad de la infraestructura (lo que implica una serie de condicionantes sobre la misma como se verá más adelante). De esta forma, el vehículo debe entender el entorno, conocer dónde está y las características que lo rodean, y saber hasta dónde puede llegar en sus funciones autónomas.

¿Es necesaria la colaboración vehículo autónomo – vehículo conectado?

Existe bastante consenso en que **el vehículo conectado es imprescindible para altos niveles de automatización en entornos complejos**. Es decir, un nivel 2 no requiere conectividad, pero niveles altos en autovía o incluso niveles bajos en zonas urbanas sí la necesitan. De hecho, muchas experiencias que han llevado a ampliar ODD de vehículos autónomos reduciendo las desconexiones del sistema han sido a través de información proporcionada por comunicaciones.

Aunque las tecnologías de vehículo conectado y autónomo nacieron de forma separada, sus caminos deberían tender a unirse. Al fin y al cabo, se plantea el paralelismo con otros modos de transporte donde se establece la conectividad entre los vehículos y la infraestructura (por ejemplo, en los aeropuertos).

En este sentido, **hay que diferenciar los sistemas reactivos de los sistemas predictivos**, donde entran en juego el vehículo conectado y los mapas de alta definición para la toma de decisiones.

A pesar de lo anterior, **actualmente, los fabricantes no exigen nada de la infraestructura**, y parece que la tecnología propia ya identifica todo incluso sin mapa digital, ni adecuación de la vía. Se tiene asumido en el modelo actual que el vehículo debe ser capaz de reaccionar a partir de lo que perciba y, en caso de no ser capaz de gestionar la situación, se tienen asumidas las desconexiones, lo que va en contra de los niveles más altos de automatización. Es decir, **el vehículo no prescindirá de la información propia**. Si hay una incidencia, el usuario quiere que el vehículo la detecte y no esperar a que le den la información desde fuera. Cada fabricante plantea su solución y es compleja la interacción con la infraestructura.

En un horizonte temporal más próximo, se recalca que **el vehículo conectado no hace falta que sea autónomo**, por lo que se aboga por potenciar el vehículo conectado primero para mejores servicios a usuario. Este último pasa por el establecimiento de modelos de negocio realistas y viables.

¿Cuál es el impacto del vehículo autónomo y el vehículo conectado? ¿Cuáles son las principales incertidumbres y barreras identificadas?

En cuanto a la seguridad

Los aspectos de seguridad en vehículos autónomos es un tema crucial ya que **la sociedad no está preparada para aceptar accidentes causados por esta tecnología** (aunque sí acepte los accidentes que suceden en la conducción manual).

La introducción de estos sistemas conlleva una **dilución de responsabilidades** entre el conductor y el vehículo que deben aclararse, y, en segundo grado, entre el vehículo y la infraestructura si ésta juega un papel relevante en el funcionamiento (por ejemplo, ¿qué sucede si no se proporcionan los datos adecuados, en el momento preciso o no se ha reportado un cambio en la infraestructura, aspectos que conlleven un incidente o accidente?). Así, existe consenso legal en que la responsabilidad la mantiene el conductor hasta el nivel 2, existen incertidumbres en el tratamiento de la responsabilidad compartida en el nivel 3 y será el vehículo responsable en los niveles 4 y 5.

En cualquier caso, los usuarios de los vehículos pueden ver de forma positiva si se le exige de responsabilidades (lo que podría resultar razonable si toda la tarea de conducción la realiza el vehículo, no así si existen transiciones de control), aunque no está claro que todos los usuarios compartan dicha visión.

En cuanto a las **compañías de seguros**, se debe modificar la valoración de riesgos (lo que es complejo al no disponer de suficientes datos) y definir las responsabilidades. También pueden

modificarse los modelos de negocio de forma que no sea el usuario el que pague el seguro de forma directa, aunque su coste se repercutirá de una forma u otra por parte del fabricante o la administración.

A este respecto, **la legislación no está preparada** y debe ser adaptada. La administración debe apoyar y ser catalizador para el fomento de la introducción de las tecnologías de forma segura a partir del impulso proporcionado por las empresas

También se remarca el problema de la **ciberseguridad** en cuanto a sus implicaciones con la responsabilidad en caso de un mal funcionamiento por un ataque.

En cuanto a aspectos sociales

Es importante **establecer lo que las personas están dispuestas a usar** en cada momento, ya que evoluciones muy bruscas pueden no tener suficiente aceptación. De hecho, los usuarios no expertos valoran menos los beneficios de estas tecnologías que los expertos ya que no reciben suficiente información y no aprecian dichos beneficios de forma tan clara.

Se pueden encontrar ya iniciativas en las que se persigue la **adaptación de la toma de decisiones del vehículo autónomo a las reglas sociales**, incluso particularizadas por zonas, para incrementar la aceptación. Es decir, el usuario debe tener sensaciones semejantes en un vehículo autónomo a las que tendría en un taxi o un vehículo conducido por otra persona.

Los sistemas actualmente en el mercado presentan un comportamiento seguro y los usuarios lo pueden comprobar con el propio uso, con lo que **van ganando confianza**. Esto motiva a evoluciones paulatinas en el nivel de automatización.

En este sentido, hace falta trabajar en **comunicación** para que los usuarios vean que las tecnologías son seguras, actuaciones que no deben llevar costes muy altos. Se parte de la premisa de que, si no hay concienciación sobre los beneficios de los sistemas, no se usarán. Debe tenerse en cuenta que, con sistemas más sencillos como los ADAS actuales, la información transmitida es todavía muy pobre y mejorarla sería responsabilidad de autoescuelas y fabricantes al entregar los vehículos nuevos, por ejemplo. Estos **aspectos de formación** son aplicables tanto a conductores profesionales (a los que se les podría incidir en qué tareas adicionales podrían llevar a cabo de forma simultánea o como mejorar su eficiencia) como a los conductores en general.

Desde el punto de vista social, se pone de manifiesto la problemática que podría aparecer sobre los **puestos de trabajo de los conductores profesionales**. Sobre la premisa de que no se espera sacar a los conductores de los vehículos en un corto-medio plazo, este tipo de tecnologías redundarían en mejoras en las condiciones de trabajo, con reducción de estrés o flexibilización de los tiempos de viaje. De esta forma, se considera que los conductores profesionales no verían amenazados sus puestos de trabajo a corto plazo y podrían pasar a ser considerados “operadores de seguridad” para que los usuarios se sientan seguros, tanto en el caso del transporte público como de cualquier otro usuario de la vía. Además, cualquier incidencia menor que pudiese tener sobre la necesidad de conductores no vendría a paliar la carencia actual de estos profesionales en el mercado laboral. De hecho, estas tecnologías podrían hacer estos puestos de trabajo más

cómodos y atractivos. En un futuro más lejano, habría que considerar cómo reorientar las carreras profesionales de los conductores según su carga de trabajo se vaya reduciendo y los puestos en cabina hipotéticamente se eliminen.

En el lado del vehículo, ¿qué hace falta que se incorpore para el despliegue de vehículos conectados y como avanzar en niveles de automatización?

Ya existen experiencias en las que vehículos de nivel 4 de automatización funcionan bien. La percepción está muy avanzada (casi resuelta al 99.9%) pero **el problema está en la comprensión de la escena** (con la fusión de toda la información disponible). En la capa de percepción, los mapas digitales se emplean para aportar nueva información, si bien pueden surgir conflictos cuando lo percibido por los sensores no cuadra con lo contenido en los mapas.

La **toma de decisiones** se apoya en esa comprensión y debe ser explicable (debemos ser capaces de explicar la razón por la que el vehículo autónomo adopta una determinada acción).

Resulta fundamental intensificar el trabajo en **pruebas piloto** y contar con clientes preferentes como son los transportistas. Estas pruebas son útiles para obtener datos y, para llevarlas a cabo, se deben flexibilizar los trámites administrativos. La **propiedad y uso de estos datos** debería analizarse con el fin de establecer el marco de qué información puede transferirse y cual es propietaria del operador o el fabricante del vehículo. De igual forma, esta información debería homogeneizarse para un mejor uso.

Debe considerarse que los sistemas requieren una **curva de aprendizaje** por lo que no es inmediato el salto de nivel, sino que requerirá un período de adaptación. De igual forma, la adaptación y aceptación por parte de los usuarios, junto con el uso correcto, no es instantáneo.

La **interacción de vehículos autónomos con otros conducidos de forma manual** resulta un reto, y su convivencia será inevitable por la elevada edad media del parque móvil español.

Se ha detectado una **falta de coordinación** entre fabricantes de vehículos (entre ellos), y los responsables de las infraestructuras y con las administraciones competentes. Algunas pruebas son la no existencia de una voz común relativa a si adoptar tecnologías 5G o G5, por ejemplo. En este punto, sí es cierto que las administraciones tienden a apostar por el sistema de comunicaciones 5G, salvo infraestructuras específicas (ej. túneles, viaductos, accesos a ciudades, etc).

En la misma línea, la introducción de actores que no estaban presentes en el ámbito de la movilidad por carretera hace que colisionen diferentes modelos de negocio. Un ejemplo son los avances de las **empresas de telecomunicaciones** que no satisfacen las necesidades de los fabricantes de vehículos.

En el lado de la infraestructura, ¿qué hace falta que se incorpore para el despliegue de vehículos conectados y como avanzar en niveles de automatización? ¿Qué barreras y limitaciones se pueden identificar?

La infraestructura puede ofrecer mucho, pero su potencial aportación no es el mismo en los diferentes entornos: autopista vs. urbano, por ejemplo. Sin embargo, hay muchos titulares de infraestructuras y eso crea un problema claro de coordinación en las actuaciones.

Las actuaciones sobre la infraestructura se establecen en 2 niveles:

- Clasificación de las infraestructuras
- Adaptación de las infraestructuras
 - o Adaptaciones físicas
 - o Información

En cualquier caso, ante la realidad futura que en un horizonte temporal más o menos corto llegará, los **nuevos pliegos de las infraestructuras deberían recoger las especificaciones** para alcanzar un determinado nivel de automatización y, dada la convivencia de vehículos autónomos y convencionales, cualquier adecuación deberá beneficiar a conductor autónomo y humano.

Al igual que en el caso del vehículo, la **operación mixta de vehículos manuales y autónomos** es un reto para la infraestructura y cualquier medida que se adopte debe contemplar este escenario híbrido, tanto a nivel físico de zonas por las que puedan circular cada vehículo, a nivel de provisión de información por medios redundantes para que llegue a todos los usuarios si es de relevancia para todos, y medios de gestión del tráfico específicos para manejar la operación mixta.

Clasificación de las infraestructuras

Es preciso clasificar las infraestructuras para saber qué nivel de automatización permitirían ya que algunas no permitirían ni el nivel 2 sin desconexiones frecuentes. **La clasificación no es fácilmente achacable a vehículo o infraestructura**, sino que puede ser a la conjunción.

Esta clasificación conlleva un problema ya apuntado sobre la **responsabilidad**: ¿Qué ocurre si una clasificación indica que una infraestructura puede acoger un nivel 4 de automatización, pero se produce accidente? La Administración busca minimizar compromisos que puedan comprometer las responsabilidades en caso de accidentes más allá del escenario actual, mientras que los fabricantes quieren trasladar que la responsabilidad es del conductor.

Adaptación de las infraestructuras: Adaptaciones físicas. ¿Infraestructura dedicada o inteligente?

El vehículo autónomo puede tener un importante impacto sobre la infraestructura. La preparación de esta infraestructura sería un catalizador para probar y avanzar en estas tecnologías.

Es uso de **entornos controlados** permiten avanzar en las tecnologías del vehículo autónomo y conectado. Un carril reservado podría ser un entorno controlado que haga que el vehículo autónomo empiece a funcionar en entornos más complejos, pero es una solución de muy alta inversión. Por ello, hay que analizar el sentido económico de ciertas actuaciones. Una solución que se plantea es considerar la necesidad de modelos de negocio en los que, **para optar a un nivel 4 en la infraestructura, los usuarios deban pagar** (bien por características físicas adaptadas con carriles segregados o por la provisión de información específica).

Además de las cuestiones económicas, los **carriles reservados** plantean dudas como su incidencia en la **libertad de movimientos y la capilaridad**, factores fundamentales en el transporte por carretera. Sin embargo, este problema no es grave si se considera la opción de conducción mixta. Tampoco las recomendaciones que pueda proporcionar el vehículo conectado parecen suponer una limitación de la libertad de elección, aunque sí se puede plantear la duda en conjunción de la toma de decisiones del vehículo autónomo. Además, por las características de las infraestructuras actuales, puede que existan tramos que no requieran tal adaptación sino solo en tramos concretos de especial complejidad para la convivencia entre vehículos autónomos y los conducidos manualmente.

En el punto actual, la administración apuesta por **modificaciones puntuales de bajo coste** en la infraestructura física, ya que no se puede triplicar el coste de la infraestructura. Sin embargo, para infraestructuras nuevas, si puede plantearse una adaptación de los pliegos de condiciones técnicas.

Adaptación de las infraestructuras: Información

Desde el punto de vista de la información, se trabaja en tres niveles fundamentales: cartografía precisa, señalización y sensorización.

Se está trabajando intensamente en la **cartografía y modelo digital** de la carretera de alta definición, con actualización de todo tipo de subsistemas (señalización, balizamiento, etc) dentro de dichos mapas digitales. Un aspecto fundamental para la sostenibilidad de esta cartografía es el mantenimiento de la misma, lo que requiere la definición de **normas de informar a los proveedores de mapas en caso de modificaciones**. En los contratos de mantenimiento, se indica que ya se está incluyendo el reportar las modificaciones, pero hace falta un paso más de **estandarización**.

En cuanto a la señalización, más allá del mantenimiento y mejora de la física actual, la **señalización digital** daría mucha flexibilidad, ya que sería una capa muy dinámica, pero debe tenerse en cuenta la necesidad de convivencia con la conducción manual tradicional, y posiblemente no conectada.

En este punto de la señalización se observa un problema básico y claro de falta de intercomunicación entre los agentes del vehículo y de la infraestructura. No existe un **catálogo único de señales** entre países a pesar de los intentos de homogeneización. La solución por parte de los fabricantes ha sido, dado que no hay señales comunes, incluir bases de datos de mayor tamaño en los vehículos para incluir todas las señales.

Por último, añadir **sensores en la infraestructura** tiene un beneficio inmediato en la mejora de los tiempos de viaje y se vincula directamente a los servicios de vehículo conectado, sin necesidad de llegar a estados altos de vehículo autónomo, de momento. La idea fundamental es **extender el horizonte visual** que pasa por la colaboración vehículo-infraestructura.

Aspectos generales sobre el impulso de la nueva movilidad

De forma general, se indica que resulta esencial potenciar el binomio **Estandarización – liderazgo**. En este sentido, las empresas deben innovar y traccionar el sistema, si bien la administración debe aportar el marco adecuado para ese despliegue (un claro ejemplo es el caso de la obligatoriedad en la implantación de ADAS). Además, se aboga por una estandarización a nivel europeo. **Hace falta regulación para fijar las reglas del juego para todos los agentes**. De esta forma, se pueden definir modelos de negocio con mayor seguridad y las empresas pueden valorar el riesgo de su innovación. Esta **reglamentación debería ser uniforme** entre los países. Sin embargo, la administración puede ser reacia a la evolución si no aprecia las ventajas para el usuario final. Las administraciones nacionales e internacionales deben crear el **marco regulatorio** que promueva la innovación y digitalización a través de pruebas supervisadas de los nuevos sistemas-

También es importante recalcar que se trabaja en un horizonte de desarrollo de años, incluso más de una década, por lo que, aunque parezca que todo esté resuelto, es preciso un análisis de las **barreras** que están frenando el despliegue efectivo de las tecnologías. Se deben poner claras las necesidades en todos los planos (técnico, social, normativo, etc) para poder acometer el problema de forma global en un **foro común**. Por ello, se recalca la importancia de la **planificación de los avances** para conseguir desarrollos a largo plazo

Por último, con el fin de motivar la introducción de nuevas tecnologías a todos los niveles, se plantea si tendría sentido desde la administración incluir condiciones sobre automatización y conectividad en los **pliegos de condiciones** de concesiones de transporte o para la construcción de nuevas infraestructuras. Así, se plantearían corredores para pruebas que se llevarían a cabo con vehículos con una cierta supervisión y monitorización.

ANEXO

ASISTENTES THINK TANK “IMPACTOS, ACEPTACIÓN Y DESPLIEGUE DE SOLUCIONES DE MOVILIDAD AUTÓNOMA, CONECTADA Y COMPARTIDA”

Presencial:

- Felipe Jiménez UPM
- Jose Manuel Vassallo UPM
- Jose Eugenio Naranjo UPM
- Nuria Herrero UPM
- Mario Lomban 3M
- Julián Brouté ANFAC
- Fernando Illanes ANTEA
- Jaime Granell FERROVIAL
- Alberto Lozano FUNDACIÓN REPSOL
- Pablo Arjonilla IVECO
- Miguel Borregón SICE
- Raquel Hernan WIBLE

Online:

- Elena de la Peña AEC
- Jacobo Díaz AEC
- Ricardo Lobo ALEATICA
- Laura Rey ANTEA
- Sergio Barral CALLE 30
- Jose María Cancer CESVIMAP
- Miguel Carpio CINTRA
- Francisco Sánchez CTAG
- César Chacón EMT
- Julián del Olmo EMT
- David García FCC
- Jose Solaz IBV
- Jaime Sánchez IVECO
- Juan Marín KAPSCH
- Irene Díez MADRID CAPITAL MUNDIAL
- Alberto Merino MERCEDES TRUCKS
- Hector Corazinni TEKIA
- Dolores Cárdenas REPSOL
- Rafa Pitarch REPSOL
- Alejandro Puebla SICE
- Miguel Angel Sotelo UAH

ASISTENTES THINK TANK “EVOLUCIÓN EN LA INFRAESTRUCTURA PARA EL DESPLIEGUE DE MOVILIDAD AUTÓNOMO Y CONECTADA”

Presencial:

- Felipe Jiménez UPM
- Jose Eugenio Naranjo UPM
- Nuria Herrero UPM
- Mario Lomban 3M
- Julián Brouté ANFAC
- Fernando Illanes ANTEA
- Jaime Granell FERROVIAL
- José Víctor Esteban FUNDACIÓN CORELL
- Alberto Lozano FUNDACIÓN REPSOL
- Pablo Arjonilla IVECO
- Miguel Borregón SICE
- Raquel Hernan WIBLE

Online:

- Elena de la Peña AEC
- Jacobo Díaz AEC
- Ricardo Lobo ALEATICA
- Arancha García ANFAC
- Miguel Carpio CINTRA
- Francisco Sánchez CTAG
- César Chacón EMT
- Julián del Olmo EMT
- Susana Caveda FUNDACIÓN REPSOL
- Jose Solaz IBV
- Pedro Tomás MITMA
- Hector Corazinni TEKIA
- Dolores Cárdenas REPSOL
- Rafa Pitarch REPSOL
- Alejandro Puebla SICE