



Colegio Oficial
Ingenieros de
Telecomunicación

Asociación Española
Ingenieros de
Telecomunicación



DOSSIER COIT/AEIT (junio 2021)

El vehículo conectado y autónomo

El desarrollo de este tipo de vehículos va más allá de un mero cambio de tecnología. En realidad, se trata de un cambio de paradigma con implicaciones ambientales, sociales, culturales y económicas. La generalización de la conducción plenamente automatizada todavía tardará unas décadas, pero los debates actuales sobre la cuestión acabarán determinando su futura evolución e impacto.

Un vehículo plenamente autónomo es aquel que es capaz de percibir su entorno y circular sin la intervención humana. No es necesario que un pasajero tome el control del vehículo en ningún momento y puede ejecutar las mismas acciones que un conductor experimentado.

Para hacerlo posible el vehículo tiene que estar conectado con el entorno a través de las comunicaciones inalámbricas del mismo modo que un conductor humano lo está a través de sus sentidos.

En esta definición una palabra clave es *plenamente*. Esto es debido a que la autonomía del vehículo no es algo fijo e invariable sino una escala creciente que parte de una situación en la cual el factor humano es dominante y tiene la ayuda de algunos elementos automatizados y va evolucionando hasta una situación de automatización total. Es lo que se denomina [los niveles de la conducción autónoma](#).

Toda definición de vehículo conectado y autónomo que no tenga en cuenta la cuestión de los niveles será necesariamente imprecisa.

De la ficción a la realidad

La visión sobre este tipo de vehículos ha estado presente ya en la cultura popular en el siglo XX. En 1958 Walt Disney dio forma, por primera vez, a un vehículo totalmente autónomo en el documental [Magic Highway USA](#) que mostraba cómo evolucionaría la conducción en el siglo XXI. Aunque se trataba de un ejercicio de prospectiva con visión artística, lo cierto es que las primeras pruebas científicas empezaron en los años 50.

Pero no fue hasta los años 70 y especialmente los 80 y 90, cuando se construyeron prototipos operativos en consonancia con el crecimiento de la capacidad de computación. El peso de la investigación militar fue muy importante en esas décadas.

En el siglo XXI, y muy especialmente entre 2015 y 2020, el vehículo conectado y autónomo ha arrancado de manera definitiva con un gran incremento de tests de conducción en las carreteras de EE. UU y la aprobación de distintas iniciativas de investigación por parte de la Unión Europea, entre ellas una hoja de ruta denominada [STRIA](#).

La iniciativa privada, [con la compañía Waymo como pionera y algunas otras](#), ha sido decisiva para ir perfeccionando todos los elementos tecnológicos involucrados en este tipo de vehículo que hoy ya está en el catálogo de distintas marcas comerciales.

La situación actual es que el vehículo conectado y plenamente autónomo ya existe. Además, tanto la conectividad como distintos dispositivos automáticos de apoyo a la conducción están incorporados en distinto grado en los vehículos comerciales.

Sin embargo, un escenario donde todos los vehículos sean plenamente autónomos tendrá que esperar todavía unas décadas. La razón es que, aparte de las cuestiones estrictamente tecnológicas, no estamos ante un cambio evolutivo en este terreno sino ante un cambio disruptivo.

Este cambio tiene implicaciones más allá de la conducción, en la esfera económica, social, cultural, legal y urbanística. En las próximas líneas trazaremos algunas pinceladas sobre estos aspectos.

Tecnología básica y conectividad

El fundamento que hace posible la conducción autónoma tiene tres partes: la percepción del entorno, la toma de decisiones y la ejecución de las acciones. Se trata de un esquema clásico de la navegación robótica y para ello existen tres módulos funcionales: el módulo de percepción, el módulo de decisión-planificación de ruta y el módulo de ejecución/control.

El primer módulo incorpora sensores para conocer los elementos fijos o estáticos del entorno (carriles, árboles, semáforos, paneles, etc) y sensores para detectar los elementos dinámicos (el conjunto de acciones que realizan o pueden realizar el resto de vehículos o peatones). Y no se trata en este último caso solo de detectar, sino de prever sus posibles movimientos. En definitiva, nada distinto de lo que hacen los conductores humanos con sus sentidos y su intuición.

Este módulo de percepción debe captar todos estos elementos en relación a la posición y velocidad del vehículo en el que está instalado. Para hacerlo lo mejor posible puede integrar cámaras de video, dispositivos [LiDAR](#), radares, sensores de ultrasonidos, sistemas de posicionamiento. El concepto que agrupa toda la comunicación del vehículo con el exterior es conocido como [Vehicle to Everything \(V2X\)](#).

Para que la percepción del entorno sea lo mejor posible estos dispositivos deben integrar algoritmos de fusión de datos. Aquí interviene la inteligencia artificial y en concreto la rama de *machine learning*.

El módulo de decisiones y de planificación se dedica a fijar cómo llegará el vehículo de un punto 'A' a un punto 'B' con mapas e información en tiempo real del tráfico como instrumentos principales. Este es un primer nivel de decisión. Existe también un segundo nivel que es el de las maniobras que se tienen que realizar en cada momento según va variando el entorno inmediato.

Finalmente, el módulo de control es el que ejecuta las acciones *decididas* por el módulo anterior, y lo hace actuando sobre los dispositivos que generan los movimientos adecuados.

Las [redes 5G permitirán dotar de la conectividad adecuada](#) a estas necesidades de comunicación por su baja latencia y su capacidad de transmisión. Adicionalmente, la computación cuántica puede llegar a ser [muy relevantes para el desarrollo del vehículo autónomo y conectado](#) debido a su elevadísima capacidad de proceso de datos.

Cambios físicos en el entorno: infraestructuras, ciudades, carreteras

Es fácil deducir que un cambio tan radical como el que supone la autonomía plena de los vehículos deberá tener consecuencias profundas en el entorno físico.

La consultora McKinsey & Company [ha analizado en detalle estas consecuencias en un informe](#). Una de las primeras repercusiones es que el nivel de mantenimiento de las infraestructuras de circulación deberá mejorar ya que de lo contrario esto podría causar problemas en la percepción del entorno. Este punto es clave, tal como indica [este artículo](#) aparecido en la Harvard Business Review.

Sin embargo, se pueden vislumbrar cambios de mayor calado, que están en relación con la alteración profunda del paradigma de movilidad actual. El informe de McKinsey & Company apunta, en este sentido, que el concepto de la movilidad continua y compartida borra las fronteras entre transporte público y privado y puede situar al automóvil como un elemento más en un ecosistema de movilidad donde todos los elementos se mueven como un engranaje.

En este escenario, espacios como los parkings, los intercambiadores de modos de transporte, las estaciones de carga e incluso las calles tendrán que ser profundamente repensados.

Un ejemplo sería la tradicional división entre acera y calzada. Con un parque compuesto únicamente por vehículos autónomos y conectados, las zonas compartidas entre peatón y coche adquieren una nueva dimensión ya que este último puede adaptarse

automáticamente al entorno, y ello pone en cuestión el sentido de los elementos protectores o separadores.

Como se señala [en este artículo de Automotive World](#) publicado en 2020, los vehículos autónomos deberán estar listos para las ciudades, pero las ciudades también deberán transformarse para acoger a los vehículos autónomos.

El cambio en los centros urbanos debido a esta evolución de los vehículos son actualmente el foco de interés de muchos expertos, ya que se trata de espacios altamente complejos con un gran número de variables. No obstante, hay que señalar que las modificaciones del entorno deberán llegar también a las carreteras [tal como detalla este artículo publicado en el blog de Ferrovia](#).

Ventajas e inconvenientes

Según [datos de la Organización Mundial de la Salud](#) cada año mueren 1,3 millones de personas en accidentes de tráfico que son también la primera causa de muerte en la franja de edad que va de los 5 a los 29 años. En cuanto a heridos la cifra oscila entre 20 y 50 millones muchos de ellos con resultado de discapacidad.

La causa principal de estas cifras es el error humano (término reduccionista ya que cabría introducir matices como la temeridad, los problemas de salud, o la merma de las capacidades por las drogas y el alcohol). Desde este punto de vista la primera y más clara ventaja de la conducción conectada y plenamente autónoma es la práctica eliminación del error humano en su más amplia acepción.

Otra ventaja es la universalización del uso de los vehículos, ahora limitado a las personas que saben conducir. Personas sin esta capacidad, o personas con diversos grados de dificultad para ejercerla, como discapacitados, ancianos, enfermos podrán ir en coche sin necesidad de conductor.

Por otra parte, al mejorar la eficiencia de la circulación, los vehículos conectados podrán eliminar o reducir los atascos. Asimismo, los usuarios, liberados de la obligación de conducir, dispondrán de un tiempo valioso para realizar otras tareas en ruta. Desaparecerá también la dificultad de la búsqueda de aparcamiento.

Algunos estudios también han señalado la existencia de inconvenientes. Así, por ejemplo, la conducción conectada y plenamente autónoma [no podrá eliminar por completo los accidentes](#) por la sencilla razón que los acontecimientos imprevistos no pueden desaparecer. Otra fuente de accidentes que se ha apuntado es la convivencia entre vehículos autónomos y no autónomos. Este escenario híbrido, que es el más previsible para los próximos años, mantiene muy viva la presencia de lo imprevisto.

Tampoco hay que descartar los errores de computación, así como la posibilidad de ciberataques [como señala este paper publicado en 2019 sobre la cuestión](#) que describe esta vulnerabilidad como una “amenaza a los grandes beneficios socioeconómicos que prometen los vehículos conectados y autónomos”.

Otras cuestiones que planean sobre el escenario de conducción plenamente automatizada están relacionadas con aspectos tan diversos como las inclemencias del tiempo y los fenómenos climáticos extremos, la hipotética desaparición de la capacidad de conducción manual, o las dudas sobre hasta qué punto el sistema electrónico más sofisticado podrá emular la intuición humana en determinadas circunstancias.

Vehículos autónomos y medio ambiente

El 21% de todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en la Unión Europea provienen de los vehículos. ¿Puede la generalización de la conducción automática plena disminuir este porcentaje? Ciertamente el nuevo paradigma aportará un grado de eficiencia y racionalización en la movilidad hasta ahora desconocidos. Un ejemplo concreto en este sentido sería el tiempo que pasan muchos conductores buscando aparcamiento.

Otro aspecto en el que se pueden entrever mejoras es en el transporte por carretera, que en la Unión Europea mueve el 75% de todas las mercaderías, y que [el sector ya está contemplando](#).

Sin embargo, el impacto final sobre el medio ambiente de este cambio no es una cuestión zanjada. El grado de emisiones de GEI de un vehículo proviene del tipo de fuerza motriz que utiliza. Aún con una mayor eficiencia en el uso, si los automóviles siguen dependiendo de combustible fósiles su impacto ambiental difícilmente disminuirá.

Un [estudio de la Universidad de Michigan](#) ha sugerido que las ventajas de los vehículos autónomos probablemente inducirán a los propietarios de vehículos a conducir más, y ese kilometraje adicional podría compensar parcial o completamente los posibles beneficios de ahorro de energía que la automatización pueda proporcionar. Este efecto negativo podría contrarrestarse si el uso tradicional de los vehículos se abandonara en favor de sistemas de *carsharing* y *carpooling* con una optimización máxima de los desplazamientos.

La revista [Energy Policy](#) especializada en los aspectos económicos, sociales y políticos de la energía publicó en 2019 [un paper sobre la cuestión de si los vehículos autónomos podrían reducir las emisiones de GEI](#). Una de las conclusiones es que a medio plazo el impacto en la reducción no será demasiado significativo, si bien en un escenario más lejano, con mayor penetración de estos vehículos en el mercado, sí que se podría conseguir una reducción importante. La fuente de energía de los vehículos es el elemento que introduce mayor incertidumbre al respecto.

En resumen, el impacto ambiental de los vehículos plenamente autónomos y conectados no está vinculado únicamente a su propia condición sino a otras muchas variables, quizás la más importante sea la transición energética y el abandono definitivo de los combustibles fósiles.

Impactos sociales, económicos y legales

La valoración de este tipo de impactos es, en el actual estadio de desarrollo del vehículo autónomo y conectado, altamente especulativa. A pesar de ello, es posible entrever algunos posibles efectos. Así, no es difícil imaginar que las profesiones basadas en la conducción pueden verse amenazadas, así como el negocio de los seguros y de reparación de automóviles.

Algunas opiniones, como la del experto en automoción de Mc Kinsey, Andreas Tschiesner, señalan que [la creación de nuevos empleos superará la pérdida](#) en el nuevo escenario.

La industria del automóvil podría experimentar la irrupción en su propio ámbito de otras compañías con un *know how* tecnológico más específico para el nuevo tipo de vehículos. Si el automóvil pierde su condición de símbolo de libertad y estatus personal para pasar a ser un mero instrumento de desplazamiento ¿sabrá la industria tradicional responder a este cambio? ¿qué ocurrirá con el marketing y las ventas?

Otra cuestión es hasta qué punto la intervención humana desaparecerá en relación a los vehículos. Un tema no menor es si, en el contexto de la plena automatización, fuera necesario en determinadas ocasiones recuperar el control manual. Teniendo en cuenta que esta habilidad se perfecciona con el hábito, ¿cuál sería el nivel de capacidad del conductor? [Este aspecto ha sido planteado por Bryan Reimer](#), investigador del Center for Transportation and Logistics del Massachusetts Institute of Technology.

También despiertan dudas los aspectos legales relacionados con la privacidad. Está claro que un vehículo capaz de recoger una gran cantidad de datos sobre el exterior también lo hará *hacia el interior* y en particular sobre sus usuarios.

Por otra parte, el movimiento del vehículo será registrado al mínimo detalle en todo momento de modo que cualquier lugar al que se haya dirigido podrá ser conocido. Los asuntos de privacidad que aparecen son numerosos, como apunta [este artículo publicado en Cyberdefense magazine](#).

Y no menos importante es la cuestión de la [responsabilidad ante un accidente con víctimas](#) que implique un vehículo autónomo. Esta cuestión deberá dilucidarse en cada caso con cuatro posibles opciones sobre la mesa: negligencia humana (responsable el conductor) mal funcionamiento del vehículo habiendo sido utilizado correctamente (responsable el

fabricante) mal diseño del vehículo (el fabricante) pruebas de un vehículo autónomo en un escenario determinado sin valorar los riesgos (la autoridad pública).

Grupo de Trabajo Vehículo Conectado y Autónomo del COIT

Una de las claves del éxito de este sector disruptivo del vehículo conectado/autónomo reside en una conectividad que garantice la disponibilidad, fiabilidad, eficacia y eficiencia de las comunicaciones.

Con ello se puede conseguir una seguridad máxima, requisito básico para que las autoridades públicas y los ciudadanos no alberguen dudas sobre la transición al vehículo conectado y, en último término, al vehículo autónomo. En cualquier tipo de propuesta o solución del vehículo conectado, las comunicaciones inalámbricas deben ejercer un rol central, y ahí es donde los ingenieros de telecomunicación tienen la misión aportar su capacitación y experiencia.

La creación de un grupo de trabajo específico, centrado en los aspectos de comunicaciones, ciberseguridad y privacidad en el amplio sector del vehículo conectado y autónomo, corresponde a esta misión.

Este Grupo de Trabajo del COIT puede convertirse en un referente en este ámbito emergente desde diversos puntos de vista: posicionamiento público del ingeniero de telecomunicación como actor clave; fomento de la investigación académica y de la formación especializada; impulso de iniciativas en el ámbito del emprendimiento y la innovación externa en el tejido industrial español; aportación de conocimiento en asuntos de carácter técnico y derivados (comunicaciones, seguridad de la información, protección de datos, privacidad).

Si necesitas ampliar esta información o recoger declaraciones de algún portavoz del COIT/AEIT, ponte en contacto con nosotros.

comunicaciones@coit.es



Colegio Oficial
Ingenieros de
Telecomunicación

Asociación Española
Ingenieros de
Telecomunicación