



IX CONGRESO

Internacional de Ordenación del Territorio

9th International Congress for SPATIAL PLANNING

“Planificación y gestión integrada como respuesta”



VICEPRESIDENCIA

CONSEJERÍA DE UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN,
MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA SOCIAL



Ingurumen, Lurralde Plangintza
eta Etxebizitza Saila
Departamento de Medio Ambiente,
Planificación Territorial y Vivienda

ACTAS DEL IX CIOT

Cantabria

13,14 y 15 de marzo de 2019

Facultad de Derecho y Ciencias Económicas
Universidad de Cantabria
Santander





IX CIOT

Nota del editor:

Las ponencias y/o comunicaciones recogidas en esta obra reflejan fielmente el contenido de los trabajos enviados por sus autores. Esta fidelidad se refiere tanto al desarrollo de los trabajos como a sus elementos complementarios.

Los autores son los únicos responsables de los contenidos de las ponencias y/o comunicaciones.

Edita:

Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio FUNDICOT

Diseño de la edición: **Raoul Servert**

Maquetación de los documentos: **Marvel Melero León**

I.S.S.N.: 2386-6993

Depósito legal: M-13750-2016



CONSEJERÍA DE UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN,
MEDIO AMBIENTE Y POLÍTICA SOCIAL



Asociación Interprofesional de Ordenación del Territorio



Ingurumen, Lurralde Planifikatza eta Etxebizitza Saila
Departamento de Medio Ambiente,
Planificación Territorial y Vivienda

ÁREA D. LOS RETOS DE LAS CIUDADES Y TERRITORIOS ANTE LAS NUEVAS ECONOMÍAS, LA DISRUPCIÓN TECNOLÓGICA Y LAS NUEVAS FORMAS DE MOVILIDAD

Territorios hacia la era autónoma

Esther González-González, Rubén Cordera**, Soledad Nogués****

**Dra. Ingeniera de Caminos, Canales y Puertos, Ayudante de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Universidad de Cantabria*

***Dr. Geógrafo, Investigador del Grupo de Investigación GEURBAN de la Universidad de Cantabria*

****Dra. Geógrafa, Profesora Titular de Urbanística y Ordenación del Territorio y Directora del Grupo de Investigación GEURBAN de la Universidad de Cantabria*

RESUMEN

En los últimos años se ha producido un gran avance en el desarrollo de los vehículos autónomos desde el mundo tecnológico y empresarial que está siendo, además, enormemente apoyado por los distintos gobiernos nacionales e instituciones internacionales. Este nuevo modo de transporte, cuya implantación se prevé en los próximos 20 años, está llamado a revolucionar no sólo la manera en la que viajamos sino la forma de entender la configuración de los territorios y las ciudades, como ya ocurriera previamente con cada nuevo modo de transporte (ferrocarril y coche). Sin embargo, a pesar de la clara apuesta legislativa y de promoción de los vehículos autónomos realizada por parte de las administraciones en el campo del transporte y la tecnología, no se ha visto hasta el momento ningún esfuerzo destinado a la adaptación de la normativa urbanística y de ordenación del territorio. Esta falta de adaptación a las potenciales consecuencias de la implantación del vehículo autónomo se ha debido en gran medida al desconocimiento e incertidumbre asociados al mismo. Este artículo trata de revisar los principales impactos positivos y negativos de los vehículos autónomos, con especial hincapié en aquellos con repercusión espacial, de modo que los expertos y decisores en materia de ordenación urbanística y territorial puedan empezar a tomar conciencia y planificar en consecuencia con suficiente antelación.

ABSTRACT

In recent years there have been great advances in the development of autonomous vehicles from the technological and business point of view, which have also been greatly supported by national governments and international institutions. This new mode of transport, whose final implementation is expected within the next 20 years, is called to revolutionize not only the way in which we

move but also the way in which we understand the organization of regions and cities, as previously happened with other new modes of transport (rail and car). However, despite the clear legislative commitment and promotion of the autonomous vehicles by the administrations, no clear effort has been seen to adapt the urban and spatial plans, mainly due to the lack of knowledge and uncertainty associated with this disruptive technology. This article tries to review and clarify the main positive and negative impacts of autonomous vehicles for experts and decision-makers in urban and spatial planning. This review will emphasize the impacts with spatial repercussion, so that the experts and decision-makers can start to plan our cities and territories to better accommodate automated mobility well in advance.

PALABRAS CLAVE

Vehículos autónomos, Ordenación del Territorio, Sostenibilidad

KEYWORDS

Autonomous vehicles, Spatial Planning, Sustainability

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han producido una serie de innovaciones tecnológicas y sociales que han abierto nuevas posibilidades en el sector del transporte. Estas innovaciones van a suponer un cambio disruptivo en la dinámica de los territorios y las ciudades, afectando no sólo a la movilidad sino también a la organización territorial en su conjunto (Sousa et al., 2018). El desarrollo de sistemas de localización global, software para la comunicación en tiempo real mediante smartphones, sensores relacionados con sistemas de dirección asistida y otros, han propiciado la aparición de nuevos agentes y formas de movilidad. Entre estas últimas se encuentran el uso del coche compartido o car-sharing (ej. Blablacar) y los vehículos a demanda o ride-sharing (ej. Uber o Lyft), así como el paso progresivo a una conducción cada vez más autónoma de los vehículos.

La irrupción de los vehículos autónomos (VA) va a generar una serie de implicaciones de gran envergadura. Los primeros análisis y simulaciones han destacado, de manera optimista, una serie de impactos positivos relacionados con la reducción del estrés en los conductores, una mayor productividad de la economía, un mejor uso del tiempo de viaje, un aumento de la accesibilidad, mejoras en la siniestralidad y reducción de la congestión, entre otros (Cavoli et al., 2017; Department for Transport, 2015). Frente a estas investigaciones, comienzan a surgir estudios que señalan también los riesgos que puede suponer la implantación de los VA. Autores como Papa y Ferreira (2018) han mencionado la posibilidad de que los VA sean sólo disfrutados por una minoría de los usuarios, de que el transporte público se vea seriamente perjudicado, así como la posibilidad de que se generen más desplazamientos y más largos, repercutiendo en la proliferación de formas urbanas menos sostenibles.

Los efectos urbanos y territoriales, que van más allá de los impactos directos sobre el tráfico o el sistema de transporte, pueden tener gran relevancia tal y

como señalan Milakis et al. (2017). Según estos autores además de los efectos de primer orden de los VA sobre el transporte, existen efectos de segundo e incluso de tercer orden que deben tenerse en cuenta, considerando además que pueden impactar de formas diversas según las peculiaridades de cada territorio.

En este contexto de incertidumbre, el mundo del transporte ya está introduciendo ciertas medidas y esfuerzos para adaptar y/o regular las consecuencias de la implantación de los VA. Esta adaptación no se está dando en la misma medida en el campo del urbanismo y la ordenación del territorio el cual, teniendo un horizonte temporal similar al de la implantación de los VA, podría jugar un papel muy relevante en el desarrollo práctico de esta nueva forma de movilidad. Esta ponencia trata de dar luz sobre las repercusiones de la implantación de los VA en los territorios y las ciudades, con el fin de ayudar a expertos y decisores a tomar las medidas oportunas para planificar adecuadamente la inminente llegada de los VA.

Para ello se realiza, en primer lugar, una revisión de la situación actual del desarrollo tecnológico de los VA tanto a nivel mundial como en España (apartado 2), con el objetivo de resaltar la urgencia de la planificación. Posteriormente, se repasan los posibles impactos que pueden tener los VA en las ciudades y territorios (apartado 3). Esta revisión se ha organizado en dos grandes bloques, dependiendo de si los impactos se dan de forma directa sobre el sistema de transporte (impactos de primer orden) o de forma más indirecta sobre la forma y estructura urbana (impactos de segundo orden) (Figura 1). En este apartado se realiza también un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades que sistematiza la evidencia acumulada hasta el momento sobre los posibles impactos que pueden generar los VA. Por último, en el apartado 4 se resumen las principales conclusiones obtenidas del estudio.

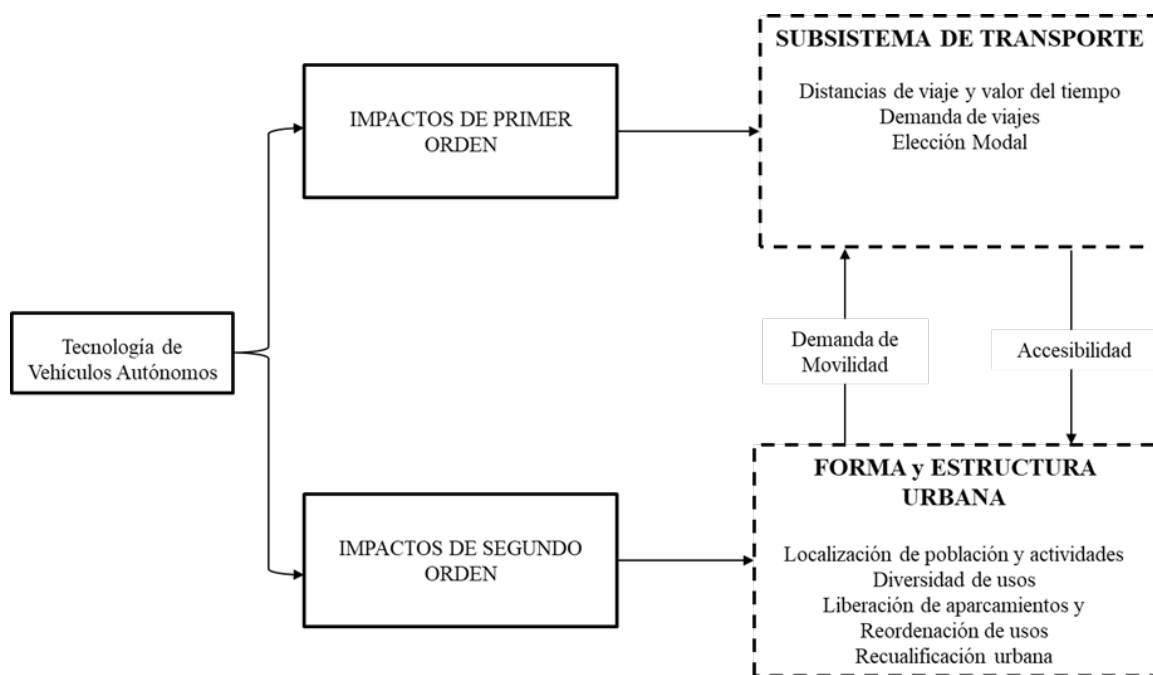


Figura 1. Posibles impactos de los Vehículos Autónomos en las ciudades y los territorios

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1 Definición y desarrollo tecnológico

La automatización de los vehículos es un proceso que se ha desarrollado de forma continua desde los años 80, principalmente por parte de las grandes empresas fabricantes de automóviles, aunque ha sido la última década la que ha visto la mayoría de los grandes avances tecnológicos en esta materia. Estas empresas han ido implantando sistemas de ayuda a la conducción (ADAS, según su acrónimo en inglés) con el objetivo de ofrecer un mayor valor a sus clientes, principalmente en los segmentos de gama media y alta. Estos sistemas tienen el objetivo de rebajar la atención y el estrés provocado por la conducción, a la vez que aumentan la seguridad ante accidentes. Entre los sistemas ADAS, actualmente operativos en muchos modelos de coche, se encuentran el control de crucero (cruise control), los sistemas de ayuda para el mantenimiento en el carril (lane assistance), los sistemas de ayuda al aparcamiento (park assistance), los sistemas para mitigar o evitar colisiones (collision mitigation or avoidance) y otros (Bengler et al., 2014). Algunos de ellos incluso se han transformado en obligatorios mediante regulación específica, como los sistemas electrónicos de control de la estabilidad del vehículo.

Todas estas tareas de conducción corresponden, de acuerdo a la clasificación establecida por la Sociedad de Ingenieros de la Automoción (SAE) (SAE On-Road Automated Vehicle Standards Committee, 2014) que ha sido aceptada globalmente (Cavoli et al., 2017; Litman, 2018), a un nivel de automatización catalogado como Nivel 1 o Nivel 2, en el que el control del vehículo permanece siempre en el conductor, por lo que los vehículos no se consideran realmente “autónomos”. El salto a la autonomía se produce justo en el siguiente nivel, el 3, y se prolonga hasta el nivel 5 de autonomía completa, cuando ya la mayor parte de las tareas de conducción dinámicas son realizadas por el vehículo y la intervención del conductor es esperada en mayor o menor medida en función del nivel en el que nos encontremos. En los últimos años, cada vez más empresas, institutos tecnológicos y universidades están probando prototipos de coches, minibuses o servicios lanzadera de nivel 3, e incluso de nivel 5, en entornos más o menos controlados. Este es el caso por ejemplo del WEpod desarrollado por las universidades holandesas de Wageningen y Delft, que se ha probado en Amsterdam, Eindhoven, Haarlem, Rotterdam o Wageningen (KPMG, 2018). Además de Holanda, otros países europeos como Suecia, Alemania, Reino Unido o Francia cuentan también con pruebas reales de estos vehículos en sus carreteras. Sin embargo, es Estados Unidos el país con mayor número de pruebas en desarrollo, un total de 23, y donde se han instalado el mayor número de compañías relacionadas con los VA, concretamente 163 (KPMG, 2018).

Tres empresas destacan en esta carrera tecnológica habiendo alcanzado una gran difusión en prensa: la compañía Waymo (perteneciente a Google), que cuenta con más de 5 millones de millas (8 millones de kilómetros) recorridos en carreteras de Estados Unidos (Waymo, 2018); Tesla Inc., ubicada en Silicon Valley, que es la compañía que ha realizado mayores avances en el desarrollo tecnológico, producción y comercialización de vehículos eléctricos con un nivel de automatización elevado; y Uber, también con cientos de miles de millas recorridos, compañía a la cual pertenece el vehículo que recientemente realizó el

considerado como primer atropello de vehículo autónomo en Tempe-Arizona (Roopinder, 2018).

En el caso de Tesla, los desarrollos tecnológicos han ido paralelos a las estrategias de comercialización. Desde la configuración de los vehículos conocida como Hardware 1, producida a partir de septiembre de 2014, ya se incluían dispositivos como cámara frontal, radar trasero y sensores acústicos, lo que permitía a los vehículos llegar a un nivel de automatización entre los niveles de la SAE 2 y 3. Posteriormente la configuración Hardware 2, incluida en todos los vehículos de Tesla a partir de octubre de 2016, incorpora un nuevo procesador gráfico, 8 cámaras alrededor del vehículo, 12 sensores de ultrasonidos y un nuevo sistema de radar. Esto ha permitido a la compañía afirmar que sus vehículos se encuentran adaptados a nivel de hardware para un nivel de automatización SAE 5 (Tatarek et al., 2017).

2.2 Situación en España y Cantabria

España, tras ser el primer país europeo en realizar una prueba de conducción autónoma en 2015 con un vehículo Citroën desde Vigo hasta Madrid, ha visto ralentizado el desarrollo tecnológico de los VA, quedando relegada bastante por detrás del resto de grandes países europeos. Es por ello que, en noviembre de 2017, el Gobierno de España presentó una propuesta No de Ley en el Congreso de los Diputados para promover los cambios necesarios en materia legislativa, o lo que es lo mismo, reducir las barreras legales existentes con el fin de promover el desarrollo de los VA en España (Congreso, 2017). El objetivo principal de la proposición es lograr favorecer o ayudar a la industria española para que se posiciona como industria clave en la fabricación de componentes de los VA a nivel mundial. No hay que olvidar que España continúa siendo el segundo país productor de automóviles en Europa y que esta industria es clave en su tejido industrial, aportando cerca del 10% del PIB nacional (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, 2017).

Al mismo tiempo, el Ministerio de Fomento presentó el nuevo Plan de Innovación para el Transporte y las Infraestructuras 2018-2020 con un presupuesto global de 50 millones de euros. Este plan contempla dentro de sus actuaciones estratégicas la adaptación y elaboración de las bases competenciales y normativas para la implementación de vehículos autónomos y eléctricos, con un presupuesto de 1,3 millones de euros, el desarrollo del marco legal relativo a los VA, con un presupuesto de 400.000 euros y la elaboración del Libro Blanco de la Ética del VA con un presupuesto de 800.000 euros (Ministerio de Fomento, 2018).

También recientemente, el Gobierno español se ha involucrado en el proyecto europeo C-Roads, invirtiendo para ello 9 millones de euros y obteniendo otros 9 por parte de la Unión Europea. Este proyecto consiste en la instalación de sensores en las autopistas que miden la velocidad, distancia recorrida y ocupación de carril, que podrán servir de base para la implantación de los VA. En concreto, se consideran en este proyecto el corredor Cantábrico A8/E-70 desde Galicia a País Vasco y la AP-7 mediterránea. También se incorpora un proyecto piloto de gestión de aparcamientos en Madrid calle 30, el proyecto DGT 3.0 a implantar en todo el territorio nacional y el proyecto SISCOGA Extended en 130

km de vías interurbanas y en 30km de vías urbanas (DGT, 2017). La Dirección General de Tráfico ha elaborado además un marco para la realización de pruebas con VA en vías abiertas en todo el territorio nacional, lo que situó la regulación española como una de las primeras en adaptarse a este tipo de test (DGT, 2015). Este avance se debió en parte a la ventaja de España en relación a su no adhesión a la convención de Viena de 1968, en la que se indica expresamente que todo vehículo a motor debe tener un conductor, presentando por tanto menos limitaciones que otros países de la Unión Europea a la hora de poder probar y, posteriormente, comercializar los VA.

Cantabria, por su parte, también ha iniciado su camino hacia la implantación de los VA. En 2017 el Gobierno regional firmó un convenio con la empresa Auvsí España, ligada a la Universidad de León, para convertirse en región de prueba de cuatro circuitos experimentales para transporte autónomo en base a su sistema patentado NERTRA (El Diario de León, 2017; Gobierno de Cantabria, 2017). Estos circuitos son: de carácter urbano, aún por definir; rural, localizado en la Vega de Pas; marítimo en la Bahía de Santander; y aéreo en el Aeropuerto Seve Ballesteros-Parayas.

A pesar de estas actuaciones, España se encuentra en el puesto 15 de 20 en el ranking de países preparados para la implantación del vehículo autónomo, según un estudio reciente de KPMG (2018) basado en cuatro criterios. La mayor puntuación corresponde precisamente al criterio de desarrollo legislativo e impulso del gobierno, obteniendo la posición 14. En el apartado de desarrollo tecnológico e innovación se señala la escasísima representación de empresas tecnológicas o patentes de origen español ligadas a este ámbito. Igualmente, el apartado de infraestructuras destaca la reducida oferta de puestos de carga eléctrica para vehículos y la cobertura solo media de la red 4G del país. Por último, España presenta su puntuación más baja en la aceptación de los ciudadanos a este nuevo tipo de transporte, relacionado especialmente con la ausencia de pruebas de circulación reales de VA. Aunque, como hemos visto, las últimas medidas tomadas por el Gobierno están encaminadas a solventar esta situación.

3. IMPLICACIONES DE LA IMPLANTACIÓN DE LOS VEHÍCULOS AUTÓNOMOS

3.1 Impactos sobre el transporte

El desarrollo de la conducción automatizada podría tener consecuencias tanto positivas como negativas, que los planificadores deben conocer para encauzar las políticas de ordenación urbana y territorial.

Los impactos más directos de la generalización de los VA se producirán sin duda sobre el sistema de transporte de las ciudades y los territorios. Dado que los VA pueden ayudar a disminuir el estrés y la atención requerida en la conducción, podrían suponer una reducción significativa en el valor del tiempo de viaje percibido por los usuarios, es decir, en el coste producido por cada minuto adicional de tiempo de viaje. Esto a su vez podría generar desplazamientos más largos, algo negativo desde el punto de vista de la sostenibilidad, ya que mayores

longitudes de viaje implican mayores emisiones contaminantes y mayor gasto energético. Fagnant y Kockelman (2014, 2015) han estimado, mediante un modelo matemático de simulación, que las longitudes de viaje de los usuarios podían incrementarse hasta en un 11% debido a la reducción del valor del tiempo de viaje. Childress et al. (2015) realizaron una estimación similar y señalaron que este efecto se producirá en cualquier caso, a no ser que los costes por kilómetro se incrementen también mediante el impulso de políticas específicas como la tarificación vial.

Otro problema en discusión sobre las consecuencias de los VA en la movilidad es cuál será su impacto real en la capacidad de las vías y, por lo tanto, en los niveles de congestión. A nivel teórico, los VA podrán utilizar las vías actuales de forma más eficiente, gracias a que los vehículos estarán conectados y podrán compartir información en tiempo real sobre su velocidad, aceleración y realización de maniobras. Además, los VA también podrían compartir información con la infraestructura. Ambas capacidades estarían disponibles mediante las tecnologías conocidas como Vehicle-to-Vehicle (V2V) y Vehicle-to-Infrastructure (V2I) (Dey et al., 2016). Las simulaciones realizadas hasta ahora avalan el hecho de que las infraestructuras podrían aumentar su capacidad incluso con crecimientos moderados de la tasa de penetración de VA con control de crucero cooperativo (Shladover et al., 2012). Estos desarrollos requerirán, sin embargo, fuertes inversiones por parte de las administraciones para adecuar progresivamente las carreteras.

El impacto que los VA pueden tener sobre otros modos de transporte y especialmente sobre el transporte público es actualmente difícil de determinar. Los VA podrían ser una competencia muy fuerte para el transporte público dado su mayor confort, servicio puerta a puerta y potencial disponibilidad para todos los tipos de usuarios, incluidas las personas con discapacidad o con movilidad reducida. Sin embargo, la introducción de la conducción automática en el transporte público (ya presente en el modo ferroviario) también podría reducir muy significativamente sus costes y por lo tanto abaratar las tarifas. Algunos autores, como Krueger et al. (2016), han señalado que la relación entre los VA y el transporte público no debe verse tanto como de competencia sino de complementariedad y como una oportunidad para resolver el denominado problema de la última milla. Bajo este esquema, los VA podrían dedicarse sobre todo a la demanda más escasa y dispersa presente en los tramos iniciales y finales de viaje, mientras que el transporte público se encargaría de desplazar una gran cantidad de viajeros de forma eficiente en los corredores principales. Además, los VA también tienen la potencialidad de actuar como un modo de transporte público en caso de que los usuarios estén dispuestos a su uso compartido. Fagnant y Kockelman (2014, 2015) han estimado que un solo VA operando como un taxi colectivo podría sustituir hasta once vehículos convencionales con las mejoras en términos de congestión y contaminación que esto supondría.

En cuanto al impacto que los VA pueden tener en los modos de transporte no motorizados, como la bicicleta y el modo a pie, existe el riesgo de que la planificación urbana y del transporte se centre excesivamente en dar cabida a esta nueva forma de movilidad relegando al resto. Sin embargo, los modos no motorizados, dada su mayor sostenibilidad económica, social y ambiental,

deberían seguir siendo la base de las políticas de movilidad sostenible aun cuando los VA se encuentren plenamente operativos.

3.2 Impactos sobre la estructura de usos de suelo y la forma de expansión urbana

Entre el sistema de transporte y el sistema urbano/territorial existe una fuerte interrelación. Mientras que los usos del suelo y las actividades que se realizan en ellos producen y atraen viajes realizados por diversos motivos, el sistema de transporte proporciona una accesibilidad diferencial a los distintos lugares (Cordera et al., 2017). Esto quiere decir que los cambios en el sistema de transporte pueden implicar cambios en la accesibilidad de los lugares y, por lo tanto, cambios en la magnitud y dirección de la expansión urbana. De hecho, el desarrollo urbano ha ido históricamente muy ligado a la capacidad de los distintos modos de transporte, de tal forma que las ciudades han podido crecer en extensión a medida que el transporte público y privado han permitido el desplazamiento de un mayor número de personas a mayores distancias (Divall y Bond, 2017).

La mejora de la accesibilidad a lugares más alejados podría ocasionar, dada la menor impedancia de alcanzarlos al rebajarse el valor del tiempo dentro del vehículo, procesos de dispersión urbana. Childress et al. (2015) realizaron diversas simulaciones mediante un modelo de actividades, mostrando que la disminución del valor del tiempo y los incrementos en la capacidad de las vías conducían a un incremento de la accesibilidad en todas las áreas y especialmente en aquellas con un carácter más rural. Según estas simulaciones, estos cambios en la accesibilidad podrían implicar un aumento de hasta un 20% en el total de la distancia recorrida por los vehículos, lo que sin duda es indicativo de que la dispersión urbana podría incrementarse de forma considerable. De hecho, Zakharenko (2016) estima que la superficie urbana se podría expandir hasta un 7% hacia la periferia.

El impacto más importante en los usos del suelo que se puede derivar de los VA es el relacionado con el cambio en los espacios destinados al aparcamiento. Es presumible una reducción de la demanda de estacionamiento, que libere importantes espacios, gracias a su autonomía para aparcar alejados de los centros de destino o para continuar con otros servicios. Este hecho es especialmente relevante si se tiene en cuenta que los vehículos permanecen estacionados en torno al 80% del tiempo (Marsden, 2006), por lo que la eficiencia social de este uso del suelo es muy baja. Dupuis et al. (2015) estiman que el aparcamiento en las ciudades podría reducirse al menos en un 50% gracias a la implantación de los VA. Otros autores apuntan a que la demanda de parking podría reducirse entre un 67% y un 90% en función de la proporción de mercado que presenten los VA (Milakis et al., 2017). Además, los VA también presentarían una mayor eficiencia en el uso del espacio de aparcamiento, dado que no se requerirían zonas adicionales para permitir abrir y cerrar puertas, rampas peatonales, etc. Algunos autores han estimado un incremento de la eficiencia en el espacio consumido por los aparcamientos destinados a VA de hasta el 60% (Alessandrini et al., 2015, Begg, 2014; Heinrichs, 2016).

El efecto combinado de los incrementos de la accesibilidad de las áreas periféricas y la posible desaparición de espacios de parking en áreas centrales podría generar dinámicas contrapuestas. Zakharenko (2016), mediante la aplicación de un modelo de economía urbana con ciudad monocéntrica, estudió si el efecto del aumento de la densidad presumiblemente generado por la sustitución de los espacios de aparcamiento por nuevas edificaciones podría compensar los posibles aumentos en la dispersión de la población y las actividades en la periferia facilitada por la mayor accesibilidad. Los resultados aportados por el modelo predijeron la creación fuera del centro urbano de un área donde se realizaría la mayor parte de los estacionamientos. Por lo tanto, los centros urbanos, especialmente en las ciudades americanas donde hay importantes espacios dedicados al estacionamiento, podrían densificarse. Sin embargo, el efecto de dispersión urbana también sería notable, y quizás algo superior, por lo que la dinámica general sería más tendente al incremento de la dispersión urbana que al aumento de la densidad.

La liberalización de aparcamientos, tanto en las bolsas de suelo de uso exclusivo como en la plataforma viaria, va a tener además una notable repercusión en la sostenibilidad y el medio ambiente urbano. Estos nuevos espacios ofrecen la oportunidad de realizar operaciones de recualificación urbana, centradas en la mejora y diversificación de las dotaciones, mediante el desarrollo de nuevos espacios verdes y equipamientos colectivos, y la ejecución de itinerarios que permitan configurar una red de movilidad alternativa, continua y segura para los modos de transporte activo, lo que repercutiría positivamente en la salud pública. De hecho, existe amplia evidencia de la correlación positiva existente entre las distancias, tiempos de uso y tasas de posesión de coche y el peso de los usuarios (Bell et al., 2002; McCormack y Virk, 2014). La promoción de la movilidad activa es especialmente relevante en los últimos tramos de acceso al destino, con el fin de contrarrestar la posibilidad ofrecida por los VA de realizar viajes puerta a puerta.

3.3 Análisis DAFO

Los posibles efectos que tendrían los VA, tanto directamente sobre el sistema de transporte como indirectamente sobre la forma y estructura urbana, pueden sistematizarse mediante un análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades (Análisis DAFO) (Hill y Westbrook, 1997) (Tabla 1).

| Debilidades | Amenazas |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> - La regulación y la planificación específica para los VA están todavía poco desarrolladas - Excesiva dependencia del vehículo privado - Las infraestructuras e instalaciones de transporte no están preparadas para la llegada de vehículos eléctricos y autónomos, por lo que se requiere una considerable inversión - Dinámica de desarrollo disperso hacia zonas cada vez más periféricas - Ocupación excesiva de las infraestructuras de transporte y aparcamiento en el espacio urbano | <ul style="list-style-type: none"> - La planificación urbana y de transporte futura podría centrarse en exceso en las necesidades de los VA en detrimento de otros modos de transporte más sostenibles - La mayor comodidad de viaje y mayores velocidades puede generar aumento de las longitudes de viaje - Incremento de la dispersión urbana debido al aumento de las longitudes de viaje - Mayor disponibilidad del transporte a demanda puede causar un aumento de la competencia para el transporte público - Aumento de la competencia para los modos no motorizados, lo que repercute en la salud pública |
| Fortalezas | Oportunidades |
| <ul style="list-style-type: none"> - Existe una creciente concienciación de que el transporte y los sistemas urbanos deben enfocarse hacia modos más sostenibles (movilidad alternativa, ciudad compacta y mixta...) - Cambio de paradigma basado en la movilidad compartida y por tanto una reducción en el número de vehículos privados - Reducción del valor del tiempo de viaje de los usuarios debido a una conducción menos estresante y con mayor confort - La automatización de la conducción permite dedicar el tiempo a otras actividades y aumentar la accesibilidad de grupos vulnerables - La automatización de la conducción mejora la eficiencia del sistema de transporte y reduce accidentes - El aparcamiento automatizado requiere menos espacio y puede liberar zonas en el centro | <ul style="list-style-type: none"> - Regeneración y recualificación de zonas urbanas centrales mediante el aumento de las dotaciones y diversificación de actividades, gracias a la reducción de demanda de aparcamiento - Re-densificación y disminución de la dispersión urbana en las zonas periféricas - Sistemas de movilidad complementaria entre los VA y el transporte público - Mayores oportunidades ligadas a la movilidad compartida - Reducción de la congestión en una situación de demanda estable - Mejora de la eficiencia y la productividad |

Tabla 1. Análisis de Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades de los Vehículos Autónomos

El análisis DAFO de la información recopilada sobre los posibles efectos asociados a los VA revela las importantes oportunidades y amenazas que este tipo de vehículos pueden generar en las ciudades y los territorios, pero también la existencia de fortalezas y debilidades que deben ser tenidas en cuenta de cara al futuro. Las relaciones que pueden darse dentro del propio sistema de transporte y con otros elementos del sistema urbano o territorial son complejas, por lo que las previsiones sobre las repercusiones de los VA tienen aún un alto grado de incertidumbre. Esta incertidumbre es aún más acusada si se tiene en cuenta que la tecnología se encuentra en un proceso de desarrollo que actualmente, de manera global, no va a más allá del nivel 3 definido por la SAE.

4. CONCLUSIONES

En la presente ponencia se ha revisado el estado del desarrollo tecnológico de los VA tanto a nivel internacional como en España. Se han considerado además las posibles consecuencias que se pueden derivar de la implantación de estos vehículos, tanto de forma directa en el sistema de transporte como más indirectamente en las ciudades y territorios.

Dado que la tecnología de conducción autónoma todavía se encuentra en un estadio intermedio de su desarrollo potencial, la incertidumbre sobre sus efectos es elevada. Se requiere por tanto que a medida que se produzcan nuevos desarrollos tecnológicos se realicen previsiones actualizadas sobre sus efectos potenciales, con el objetivo de prevenir los más negativos. Hasta ahora los métodos de previsión utilizados se han centrado en la obtención de datos mediante encuestas y aplicación de modelos de simulación. Los modelos utilizados han sido principalmente modelos de transporte fuera de las técnicas tradicionales de modelización de viajes. Los métodos más cualitativos como la realización de grupos focales o las entrevistas en profundidad han sido en general menos empleados. En el futuro parece recomendable que se apliquen también modelos de interacción entre el transporte y los usos del suelo (modelos LUTI), que permitan simular cuáles podrían ser los efectos de los VA en los patrones de localización de usos, la forma urbana y el transporte de forma simultánea.

El análisis DAFO realizado ha revelado la importancia de comenzar a dar pasos en la planificación y regulación progresiva de los VA a medida que este conjunto de tecnologías incremente sus capacidades. Dado que los efectos de los VA en las ciudades y los territorios son en gran medida inciertos y que, por consiguiente, su implantación plantea importantes amenazas para la sostenibilidad futura, es recomendable que tanto los técnicos como los decisores y la ciudadanía en general sean conscientes de estos problemas potenciales. Aun así, del análisis realizado también puede concluirse que existen fortalezas y oportunidades muy importantes que pueden derivarse de la implantación de los VA, siempre y cuando se haga de forma acorde a los principios de sostenibilidad y en coordinación con el resto de modos más sostenibles, como el transporte a pie, en bicicleta y colectivo. En relación con los procesos de expansión urbana, quizás la mayor amenaza tiene que ver con que se incentive aún más la dispersión de actividades y población en el territorio lo que, como es bien sabido, implica importantes problemas relacionados con el excesivo consumo del suelo, la dependencia del

coche como modo preponderante de movilidad y los mayores gastos en infraestructuras y en servicios públicos necesarios para abastecer a la población.

Aunque recientemente se ha producido un gran interés y desarrollo en la investigación sobre los impactos de los VA, en el futuro se necesitarán nuevas aproximaciones. Esto es especialmente cierto en el campo de las repercusiones de los VA sobre la forma y estructura urbana donde la evidencia disponible es todavía escasa.

BIBLIOGRAFÍA

ALESSANDRINI, A., CAMPAGNA, A., DELLE SITE, P., FILIPPI, F., PERSIAN L. (2015): "Automated Vehicles and the Rethinking of Mobility and Cities". *Transportation Research Procedia*, 5, pp.145-160.

<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2015.01.002>

BEGG, D. (2014): *A 2050 vision for London: what are the implications of driverless transport?* Disponible en: http://www.transporttimes.co.uk/Admin/uploads/64165-Transport-Times_A-2050-Vision-for-London_AW-WEB-READY.pdf

BELL, A.C., GE, K., POPKIN, B.M. (2002): "The road to obesity or the path to prevention: motorized transportation and obesity in China". *Obesity research*, 10, pp.277-283.

BENGLER, K., DIETMAYER, K., FARBER, B., MAURER, M., STILLER, C., WINNER, H. (2014): "Three Decades of Driver Assistance Systems: Review and Future Perspectives". *IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine*, 6, pp. 6-22.

CAVOLI, C., PHILLIPS, B., COHEN, T., JONES, P. (2017): *Social and behavioural questions associated with Automated Vehicles. A Literature Review*, London: Department for Transport.

CHILDRESS, S., NICHOLS, B., CHARLTON, B., COE, S. (2015): "Using an activity-based model to explore the potential impacts of automated vehicles". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2493, pp. 99-106.

CONGRESO (2017): *Texto de la Proposición no de Ley del Grupo Parlamentario Popular en el Congreso, sobre el impulso y desarrollo del vehículo autónomo (núm. expte. 162/000451), aprobado por el Pleno del Congreso de los Diputados en su sesión del día 10 de octubre de 2017*. Congreso de los Diputados, Gobierno de España. Disponible en : <http://www.congreso.es/docu/tramit/LegXII/162.451.pdf>

CORDERA, R., IBEAS, Á., DELL'OLIO, L., ALONSO, B. (2017): *Land Use–Transport Interaction Models*. CRC Press.

DEPARTMENT FOR TRANSPORT (2015): *The Pathway to Driveless Cars. Summary report and action plan*. London. Disponible en :

https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/401562/pathway-driverless-cars-summary.pdf

DEY, K.C., RAYAMAJHI, A., CHOWDHURY, M., BHAVSAR, P., MARTIN, J. (2016): "Vehicle-to-vehicle (V2V) and vehicle-to-infrastructure (V2I) communication in a heterogeneous wireless network – Performance evaluation". *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 68, pp. 168-184.

DGT (2015): *Tráfico establece el marco para la realización de pruebas con vehículos de conducción automatizada en vías abiertas a la circulación*. Disponible en : <http://www.dgt.es/es/prensa/notas-de-prensa/2015/20151116-trafico-establece-marco-realizacion-pruebas-vehiculos-conduccion-automatizada-vias-abiertas-circulacion.shtml>

DGT (2017): *España se incorpora al proyecto europeo C-Roads*. Dirección General de Tráfico. Disponible en: <http://revista.dgt.es/es/noticias/nacional/2017/11NOVIEMBRE/1109Proyecto-C-roads-participacion-espana.shtml#.WrkPYhuYdU>

DIVALL, C., BOND, W. (2017): *Suburbanizing the masses: public transport and urban development in historical perspective*. Routledge.

DUPUIS, N., COOPER MARTIN, C., RAINWATER, B. (2015): *City of the Future: Technology & Mobility*. Washigton: National League of Cities.

EL DIARIO DE LEÓN (2017): *Auvsí establece en Santander la base para diseñar el transporte autónomo marítimo*. Disponible en : http://www.diariodeleon.es/noticias/leon/auvsí-establece-santander-base-disenar-transporte-autonomo-maritimo_1206772.html

FAGNANT, D.J., KOCKELMAN, K.M. (2014): "The travel and environmental implications of shared autonomous vehicles, using agent-based model scenarios". *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 40, pp. 1-13.

FAGNANT, D. J., KOCKELMAN, K. M. (2015): "Preparing a nation for autonomous vehicles: Opportunities, barriers and policy recommendations for capitalizing on Self-Driven vehicles". *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 77, pp. 167–181.

GOBIERNO DE CANTABRIA (2017): *El Gobierno de Cantabria apoya el proyecto NERTRA que instalará su primera experiencia piloto en los valles pasiegos*. Nota de prensa. Disponible en : http://www.cantabria.es/web/comunicados/detalle/-/journal_content/56_INSTANCE_DETALLE/16413/5252530

HEINRICHS, D. (2016): "Autonomous Driving and Urban Land Use". En: Maurer, M.; Gerdes, J.C.; Lenz, B. & Winner, H. (eds.) *Autonomous Driving: Technical, Legal and Social Aspects*. Springer, Berlin, pp. 213-231.

HILL, T., WESTBROOK, R. (1997): "SWOT analysis: it's time for a product recall". *Long range planning*, 30, pp. 46-52.

KMPG (2018): *Autonomous Vehicles Readiness Index: Assessing countries' openness and preparedness for autonomous vehicles*. KPMG International. Disponible en :

<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/nl/pdf/2018/sector/automotive/autonomous-vehicles-readiness-index.pdf>

KRUEGER, R., RASHIDI, T.H., ROSE, J.M. (2016): "Preferences for shared autonomous vehicles". *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 69, pp. 343-355.

LITMAN, T. (2018): *Autonomous Vehicle Implementation Predictions. Implications for Transport Planning*. Victoria Transport Policy Institute. Disponible en :

<https://www.vtppi.org/avip.pdf>

MARSDEN G (2006): "The evidence base for parking policies--a review". *Transport Policy*, 13, pp. 447-457.

MCCORMACK, G.R., VIRK, J.S. (2014): "Driving towards obesity: A systematized literature review on the association between motor vehicle travel time and distance and weight status in adults". *Preventive Medicine*, 66, pp. 49-55.

MINISTERIO DE FOMENTO (2018): *Plan de Innovación para el transporte y las infraestructuras 2018-2020*, Ineco - Ministerio de Fomento, Gobierno de España.

Disponible en: [https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/66DE13DA-C640-4FB7-B83A-E8E9C6A2FD70/148454/Plan de Innovacion 180321.pdf](https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/66DE13DA-C640-4FB7-B83A-E8E9C6A2FD70/148454/Plan%20de%20Innovacion%20180321.pdf)

MILAKIS, D., VAN AREM, B., VAN WEE, B. (2017): "Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research". *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 21 (4), pp. 324-348.

<https://doi.org/10.1080/15472450.2017.1291351>

MINISTERIO DE ECONOMÍA INDUSTRIA Y COMPETITIVIDAD (2017): "Agenda Sectorial de la Industria de Automoción". Disponible en :

<http://www.minetad.gob.es/industria/es-ES/Servicios/Documents/agendas-sectoriales/agenda-sectoria-industria-automocion1.pdf>

PAPA, E., FERREIRA, A. (2018): "Sustainable Accessibility and the Implementation of Automated Vehicles: Identifying Critical Decisions". *Urban Science*, 2(1), p. 5.

ROOPINDER, T. (2018): *Technology vs Humans. Engineers Seek Answers in Uber's Fatal Self Driving Car Accident*. Disponible en :

<https://www.engineering.com>.

SAE ON-ROAD AUTOMATED VEHICLE STANDARDS COMMITTEE (2014): *Taxonomy and definitions for terms related to on-road motor vehicle automated driving systems*. SAE International.

SHLADOVER, S., SU, D., LU, X.-Y. (2012): "Impacts of cooperative adaptive cruise control on freeway traffic flow". *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2324, pp. 63-70.

SOUSA, N., ALMEIDA, A., COUTINHO-RODRIGUES, J., NATIVIDADE-JESUS, E. (2018): "Dawn of autonomous vehicles: review and challenges ahead". *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Municipal Engineer*, 171, pp. 3-14.

TATAREK, T., KRONENBERGER, J., HANDMANN, U. (2017): *Functionality, Advantages and Limits of the Tesla Autopilot*. University of Applied Sciences. Institut Informatik.

WAYMO (2018): *Waymo reaches 5 million self-driven miles*. Disponible en: <https://medium.com/waymo/waymo-reaches-5-million-self-driven-miles-61fba590fafe>

ZAKHARENKO, R. (2016): "Self-driving cars will change cities". *Regional Science and Urban Economics*, 61, pp. 26-37.