

MITIGACIÓN DEL IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL ‘PLATOONING’ DE CAMIONES EN LAS VISIBILIDADES DISPONIBLES EN AUTOPISTAS

Daniel Pastor-Serrano

Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC), Universitat Politècnica de València, España

Alfredo García

Catedrático, GIIC, Universitat Politècnica de València, España

RESUMEN

El ‘*platooning*’ de camiones está cada vez más próximo. Muchos expertos ven en esta tecnología la solución a gran parte de los problemas del transporte de mercancías por carretera. Sin embargo, el ‘*platooning*’ de camiones provocará una reducción de la visibilidad en los adelantamientos en curvas a derechas que deberá ser compensada de alguna manera. En ese sentido, esta ponencia se plantea como una aplicación práctica de la investigación previa sobre la influencia del espaciamiento entre camiones del ‘*Platooning*’ en la visibilidad en curvas a derechas, en la que se demostró la gran afección a la visibilidad causada y se confirmó la necesidad de plantear nuevas soluciones al problema planteado.

Para todo ello, se pretende llevar a cabo un análisis de distintas alternativas que permitan minimizar el efecto de los ‘*platoons*’ de camiones en la seguridad vial. Dichas alternativas van desde las más conservadoras, que pretenden corregir el problema, hasta otras más innovadoras que pretenden evitar el problema. Lo hacen aprovechando al máximo los recursos disponibles en la vía que podrían dejar de ser necesarios gracias al incremento de la conducción autónoma.

Las alternativas planteadas giran en torno a tres ejes: actuaciones sobre la infraestructura, actuaciones centradas en la conectividad y actuaciones centradas en la automatización. Adicionalmente, se ha cuantificado, cuando ha sido posible, el nivel de mitigación del impacto en visibilidad de los ‘*platoons*’ de camiones.

1. INTRODUCCIÓN

Tras años de desarrollo, la conectividad y automatización de los vehículos comienza a ser una realidad. La importancia del transporte de mercancías por carretera y su impacto en la economía europea (Janssen *et al.*, 2015) han llevado a que gran parte de los esfuerzos de modernización se hayan centrado en este ámbito. En ese sentido, la creación de corredores inteligentes que permitan la mejora de la industria logística ha sido uno de los ejes

principales del desarrollo de los sistemas inteligentes de transporte (Oonk, 2016; Tavasszy y Janssen, 2016).

En este contexto, se conoce como *'platooning'* a la posibilidad de unir virtualmente varios vehículos. Aunque los orígenes se remontan a los años 80 y 90 (Sheikholeslam y Desoer, 1990), ha sido en los últimos años cuando se han planteado diferentes proyectos para desarrollarlo (Robinson *et al.*, 2010; Bergenhem *et al.*, 2012; Willemsen *et al.*, 2018). Estos proyectos incluyen enfoques muy diferentes, que varían desde la consideración de flujos de tráfico mixtos hasta otros que se centran en la unión virtual de vehículos pesados de mercancías (Bergenhem *et al.*, 2010). En este caso, este artículo se centra en el *'platooning'* de camiones entendido como un conjunto de vehículos pesados de transporte de mercancías que circulan unidos virtualmente con poca separación entre ellos (Janssen *et al.*, 2015).

Se contemplan tres niveles claramente diferenciados relativos al *'platooning'* de camiones (Janssen *et al.*, 2015). Este hecho lleva a la necesidad de estudiar los efectos del *'platooning'* en cualquiera de sus tres fases de desarrollo. El primer nivel implica que los camiones están conectados y en seguimiento automático entre ellos. Sin embargo, la presencia del conductor sigue siendo necesaria en todos los vehículos que forman el *'platoon'* para reaccionar ante cualquier eventualidad. En cuanto al segundo nivel, éste es análogo al anterior pero no requiere atención completa de los conductores que se encuentren en los vehículos en seguimiento. De esa forma, el tiempo de estos conductores podría conmutar como tiempo de descanso. El último nivel implica la no necesidad de conductor en los vehículos que se encuentran en seguimiento.

En cuanto a las ventajas del *'platooning'* de camiones, la mayoría se centran en el ámbito económico. En ese sentido, la eficiencia energética es una de sus principales ventajas. La posibilidad de minimizar la separación entre los camiones podría llevar a descensos en los consumos de combustible de hasta el 13% (Robinson *et al.*, 2010; Alam, 2014). Por otra parte, la creciente automatización podría derivar en un incremento de la productividad y, con ello, a la disminución de la necesidad de recursos humanos (Jacob y Arbeit de Chalendar, 2015; Tavasszy y Janssen, 2016).

Los *' platoons'* de camiones podrían circular con separaciones de tan solo 0.3 s (Janssen *et al.*, 2015). Esta capacidad provocará que los *' platoons'* de camiones circulen con separaciones muy inferiores a las de los camiones que viajan en convoy en la actualidad. Con ello, se logra una de las principales ventajas de esta tecnología: el mencionado ahorro de combustible y de emisiones. Sin embargo, el reducido espaciamiento entre los camiones es también el causante de una de sus principales debilidades: la afección a la visibilidad que podría provocar. En ese sentido, la visibilidad durante maniobras de adelantamiento a *' platoons'* de camiones en autovías, autopistas y carreteras multicarril podría verse muy limitada dado que la limitación de visibilidad ya no estaría impuesta por un único camión

sino por un conjunto de camiones cuya longitud podría superar los 50 m (Janssen *et al.*, 2015). En la Figura 1 se muestra la situación de afectación a la visibilidad tratada.



Figura 1: Efecto de apantallamiento en las maniobras de adelantamiento a un grupo de camiones

Los modelos tradicionales para evaluar la visibilidad (Hassan *et al.*, 1995; Lovell, 1999) no proporcionan resultados satisfactorios para la evaluación de la visibilidad en este caso tan concreto, pues no son capaces de incluir las particularidades del ‘*platoon*’ de camiones. Tampoco permiten considerar las particularidades del tráfico mixto, pues los vehículos que interactúan sobre la calzada podrían estar conectados o incluso automatizados.

Dada la necesidad de estimar el impacto de los ‘*platoons*’ de camiones en la visibilidad de autopistas, autovías y carreteras multicarril, Pastor-Serrano y García (2020) desarrollaron un modelo que proporciona la visibilidad en cada instante del adelantamiento a un ‘*platoon*’ de camiones, tanto para un coche con conducción humana como para un coche automatizado.

El modelo de cálculo de la visibilidad desarrollado permitió confirmar la gran afectación que provocarían los ‘*platoons*’ de camiones en la seguridad vial. En ese sentido, se confirmó la necesidad de adaptar la infraestructura en caso de que no se deseara limitar los ‘*platoons*’ de camiones a vías con radios mínimos de 2500 m (Pastor-Serrano y García, 2020). Esto se debe a que la limitación de visibilidad provocada por el ‘*platoon*’ de camiones lleva a la necesidad de limitar la velocidad de la curva por visibilidad mucho más allá de lo requerido en la actualidad por su propia geometría.

Por todo ello surge esta ponencia que, de forma aplicada, pretende proponer diferentes soluciones dirigidas a compensar la reducción de visibilidad provocada por los ‘*platoons*’ de camiones. En ese sentido, se desarrollan a lo largo de esta ponencia propuestas centradas en tres aspectos diferentes: la infraestructura, la automatización y la conectividad.

2. ACTUACIONES CENTRADAS EN LA INFRAESTRUCTURA

Ante el problema de visibilidad que, con seguridad, los ‘*platoons*’ de camiones causarán en las carreteras, se plantean diversas soluciones. Las primeras de ellas se centran en actuar sobre la infraestructura. En ese sentido, este tipo de soluciones tienen como objetivo maximizar la separación lateral entre los ‘*platoons*’ de camiones y los vehículos que se encuentran realizando la maniobra de adelantamiento.

Las actuaciones centradas en la infraestructura deben prestar especial atención, en todo caso, a su viabilidad económica. Deben ser soluciones que exploten al máximo las posibilidades que ofrecen las infraestructuras en su condición actual. Por ello, se debe buscar el equilibrio entre la mitigación de la problemática detectada y su viabilidad. En ese sentido, es posible que las actuaciones sobre la infraestructura que no requieran de grandes inversiones se limiten a compensar el problema de forma parcial.

2.1 Separador entre carriles

En la actualidad, la circulación de ‘*platoons*’ de camiones se plantea, principalmente, por autovías, autopistas y vías multicarril. Este tipo de vías, sobre todo las dos primeras, presentan con frecuencia secciones transversales generosas que proporcionan cierto margen de actuación. El objetivo de esta propuesta es aprovechar al máximo la sección de ese tipo de vías para, como se ha mencionado, maximizar la separación lateral entre ‘*platoons*’ de camiones y vehículos que se encuentran realizando una maniobra de adelantamiento.

En concreto, se propone la ejecución de un separador entre carriles con forma de huso esférico que maximice dicha distancia. Se plantea la ejecución de dicho huso de forma puntual en las curvas en las que, por sus características, se debería limitar la velocidad más allá de su geometría debido a la limitación de visibilidad causada por los ‘*platoons*’ de camiones (Pastor-Serrano y García, 2020). En las Figuras 2 y 3 se puede observar simulaciones de la actuación propuesta, así como el aumento de visibilidad que proporciona respecto a la situación inicial de la infraestructura.

El diseño del huso propuesto se concreta, en vías de al menos dos carriles por sentido, como un espacio de reserva entre los dos carriles exteriores existentes en una curva a derecha (Figura 4). La configuración geométrica se corresponde con un arco circular concéntrico con el correspondiente a la línea de separación de los dos carriles y con una diferencia de radios igual a la anchura del separador. En el inicio y final de la curva, la divergencia y convergencia de las líneas de borde se logra a través de las clotoides de transición.

Dicha separación entre carriles deberá ser, en todo caso, rebasable. Al crear un espacio entre los dos carriles se logra maximizar la separación lateral entre los vehículos, aumentando con ello la visibilidad tangente al 'platoon' de camiones por parte del vehículo que se encuentra realizando el adelantamiento.

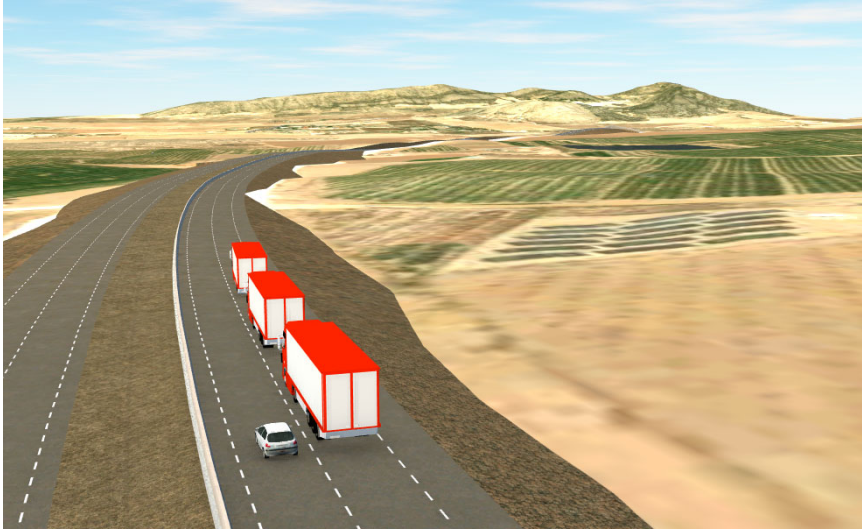


Figura 2: Simulación de un vehículo adelantando a un 'platoon' de camiones, antes de la actuación propuesta



Figura 3: Simulación de un vehículo adelantando a un 'platoon' de camiones, tras la actuación propuesta

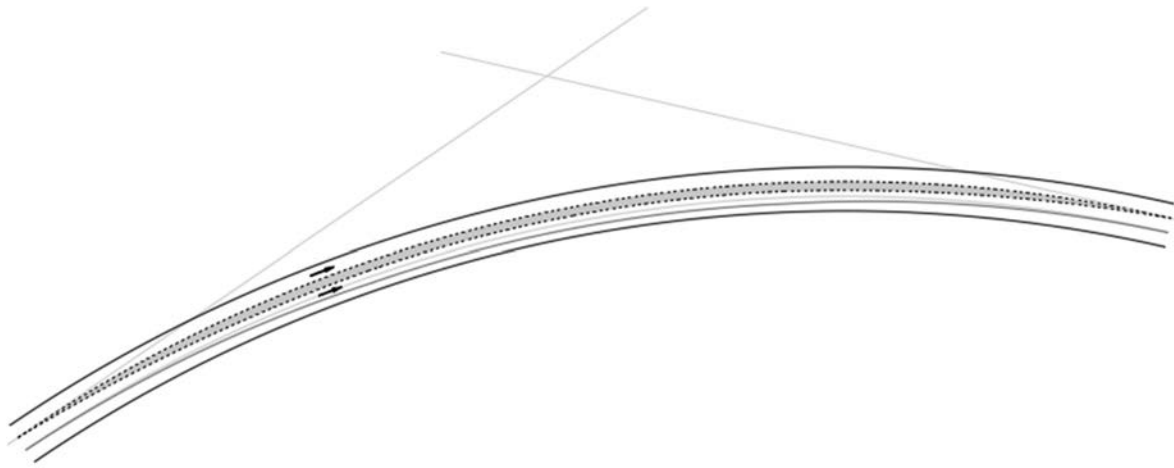


Figura 4: Esquema básico de la actuación propuesta

La señalización del huso debe ser adecuada para que, aun siendo rebasable e incluso permitiendo cambios de carril, se asegure que los conductores lo perciban como un espacio que no pertenece al propio carril. En las Figuras 3 y 4, por ejemplo, el huso propuesto ha sido representado con un color diferente al del resto de la vía.

La nomenclatura de huso se ha tomado como referencia por su similitud a un huso de una esfera. Esto se debe a la necesidad de realizar una transición conforme aumenta la curvatura de la curva, de forma que la aparición del huso intermedio se haga de forma gradual (Figura 4).

En cuanto a sus dimensiones, se ha tomado como referencia una sección transversal habitual formada por dos carriles de 3.5 m de anchura y un arcén exterior de 2.5 m de anchura. De esta forma, y teniendo en cuenta el objetivo de mitigar el problema maximizando el uso de los recursos existentes, se ha considerado una anchura máxima de huso a disponer de 2 m.

Del ancho máximo de huso propuesto, 0.5 metros provendrían del propio carril exterior. Esta decisión se ha tomado porque se considera que un carril de 3 m sigue teniendo una anchura suficiente. A la vez, el hecho de que el propio huso sea rebasable ofrece cierta flexibilidad en caso de emergencia o de necesidad de carriles de mayor anchura.

Por otra parte, se propone la reducción de la anchura del arcén a 1 m. Al tratarse de una reducción puntual y progresiva en la anchura del mismo no se considera que esta actuación penalice en ningún caso la seguridad de la vía.

En la Figura 4 se ha representado la actuación propuesta en los términos anteriormente descritos. En ese sentido, se pueden observar tanto los límites iniciales de los carriles (en gris) como las nuevas delimitaciones de los carriles (en negro) y el huso propuesto (con sombreado gris).

En cualquier caso, se podrían proponer configuraciones diferentes que permitan la creación del citado huso recurriendo a otras partes de la sección de la vía, si bien es probable que dichas alternativas requieran de modificaciones en la infraestructura. Una posibilidad podría ser la ampliación de la plataforma de la vía hacia el interior de la vía. La viabilidad de este tipo de actuaciones dependerá, en todo caso, del nivel de implementación de los ‘*platoons*’ de camiones y la capacidad de paliar el problema con otro tipo de actuaciones.

Como se ha visto en la introducción, Pastor-Serrano y García (2020) desarrollaron un modelo de estimación de la velocidad en la maniobra de adelantamiento a un ‘*platoon*’ de camiones en curvas a derechas. Dicho modelo permitió estimar los límites de velocidad impuestos por la visibilidad de parada en dicha maniobra.

Partiendo del modelo previamente desarrollado, se ha evaluado la efectividad de la medida propuesta. Para ello, se ha estimado tanto la visibilidad como la velocidad requerida para garantizar la distancia de parada asociada a la misma. Estas estimaciones se han hecho para radios y anchuras de huso diferentes. Los resultados obtenidos se muestran en la Figura 5, que se comenta a continuación.

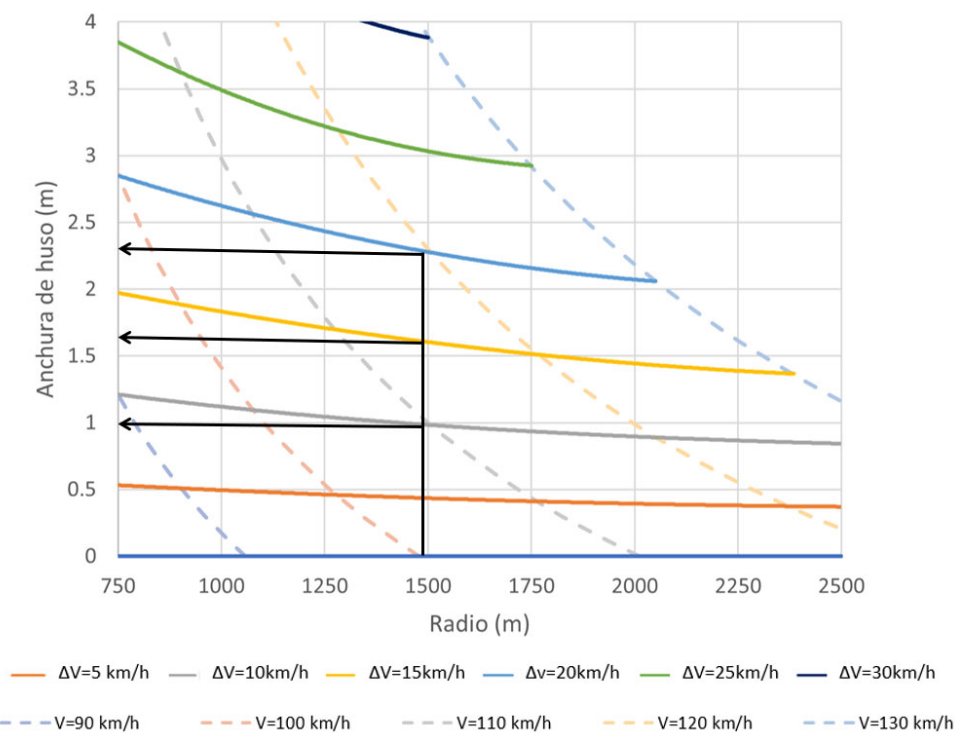


Figura 5: Anchura de huso necesaria para mitigar la limitación de visibilidad, según el radio de la curva

En primer lugar, se puede observar cómo en la Figura 5 se representa la anchura de huso necesaria para cada radio en función de dos tipos de datos. Por una parte, se representan con línea discontinua velocidades predeterminadas. En línea continua, por otra parte, se representan incrementos de velocidad cuya interpretación se detalla a continuación.

Como se ha mencionado, el estudio realizado parte del modelo desarrollado por Pastor-Serrano y García (2020). Por ello, en el caso de disponer de una anchura de huso nula (0 m), lo que se obtiene es la velocidad a la que habría que limitar la circulación para garantizar que existe la distancia de parada necesaria según el radio. Éste era, precisamente, uno de los principales resultados de la investigación inicial.

Respecto a las líneas discontinuas, estas toman valores fijos de velocidad entre 90 y 130 km/h, con incrementos de 10 km/h. En concreto representan, dado un radio, la anchura de huso que sería necesario disponer para compensar totalmente la limitación de visibilidad provocada por un 'platoon' de camiones y, de esa forma, poder permitir la circulación a la velocidad correspondiente en condiciones de seguridad.

En cuanto a las líneas continuas, éstas vienen a completar la figura complementando la información anterior. En ese sentido, dichas líneas representan incrementos de velocidad. Dichos incrementos toman como referencia la velocidad a la que habría que limitar una curva (en función de su radio) debido a la limitación de visibilidad provocada por los 'platoons' de camiones. La decisión de representar los incrementos de velocidad que representaría cada huso, en comparación con la limitación causada por los 'platoons', se debe a la imposibilidad de compensar totalmente el efecto para la mayoría de radios, pues se requerirían grandes anchuras de huso.

Por ejemplo, si tomamos una curva con un radio de 1450 m, tendríamos que, si no se dispone el huso, la velocidad se debería limitar a 100 km/h. Para lograr la velocidad máxima se debería alcanzar una velocidad de 120 km/h. O lo que es lo mismo, un incremento de velocidad sobre la limitación causada por los 'platoons' de 20 km/h. Tomando cualquiera de estas dos referencias (la velocidad objetivo o el incremento de velocidad sobre la limitación provocada por el 'platoon') se obtiene un ancho necesario de huso de 2.35 m. Dado que se trata de una anchura en todo caso excesiva, se debería plantear la posibilidad de tomar anchuras de huso más reducidas, pese a que con ello solo se compensara el problema parcialmente. Continuando con el ejemplo, si se tomara un huso de 1.6 m de anchura (cercano al límite de lo que podría ser aceptable), se compensaría el efecto en 15 km/h. Si se tomara un huso de 1 m, por otra parte, la compensación sería de 10 km/h, obteniendo una limitación de velocidad a 110 km/h.

A partir de la Figura 5, se puede observar cómo solo para los radios más grandes la creación de un huso entre los dos carriles podría compensar totalmente el problema. Para radios menores a 1,750 m, la necesidad de anchuras de huso excesivas lleva a pensar que la solución propuesta puede ser efectiva para paliar el problema, pero no en su totalidad.

3. ACTUACIONES CENTRADAS EN LA CONECTIVIDAD Y LA AUTOMATIZACIÓN

Las soluciones centradas en la conectividad y la automatización son aquellas que buscan aprovechar al máximo las nuevas posibilidades tanto de los propios ‘*platoons*’ de camiones como del resto de vehículos de la vía, e incluso de la propia vía, para mitigar el efecto de limitación de visibilidad provocado. En ese sentido, se ha decidido agrupar conjuntamente las actuaciones centradas en la conectividad y en la automatización debido a que, aunque podrían tratarse de forma separada, se considera que la conectividad debe entenderse como un paso más en el camino hacia la automatización de niveles superiores.

Aunque las soluciones propuestas se centran en la comunicación entre vehículos (V2V), la comunicación con la propia infraestructura (V2I) mediante elementos como las ‘*Road Side Units*’ podría ser también útil para el objetivo planteado.

3.1 Adaptación y optimización del ‘*Region Of Interest*’ (ROI)

La distancia de parada depende, como bien es sabido, del tiempo de percepción y reacción del conductor. En el caso de los vehículos autónomos, este tiempo es menor que el humano, pero está aún lejos de ser casi nulo. Minimizar el tiempo de percepción y reacción de los vehículos que adelanten a un ‘*platoon*’ de camiones debe ser una prioridad, pues podría mitigar en gran medida el problema de visibilidad existente al minimizar la distancia de parada requerida.

Por todo ello, se plantea que se maximicen los beneficios que podría aportar la conducción autónoma minimizando el tiempo de percepción y reacción. Para ello, se propone que los fabricantes tomen conciencia de la existencia del problema evidenciado y lo compensen en la medida de lo posible. Esta compensación se realizaría mediante lo que se conoce como ‘*Region of Interest*’ (ROI).

El ROI representa el área en el que los sensores que monta un vehículo autónomo se focalizan para reducir el tiempo de procesamiento. En general, el ROI abarca la máxima área posible teniendo en cuenta las posibilidades de los distintos sensores. Sin embargo, podría ser razonable que, en situaciones de especial riesgo, el ROI se limitara a las propias áreas de riesgo.

En este caso, lo que se propone es que un vehículo autónomo que adelante a un ‘*platoon*’ de camiones focalice su atención en la visual tangente al propio tren de camiones. El resultado de esta focalización sería, con toda probabilidad, una disminución de los tiempos de percepción y reacción ante cualquier eventualidad en la vía. El beneficio obtenido, en función del tiempo de percepción y reacción logrado, se puede estimar a partir de los resultados ofrecidos por Pastor-Serrano y García (2020).

Por el contrario, el hecho de focalizar la atención del vehículo en un área tan específica llevaría a perder la atención de otras zonas de la vía o, al menos, hacerlo con tiempos de percepción y reacción mayores. Sin embargo, el hecho de que se trata de una situación puntual con un riesgo relevante podría justificar esta propuesta.

3.2 Soluciones basadas en la sensorización

En caso de existir cierta conectividad o incluso automatización en los vehículos, soluciones similares a la propuesta planteada de creación de un huso podrían llevarse a cabo sin necesidad de actuaciones sobre la infraestructura. Por ello, las soluciones basadas en la sensorización pretenden compensar el problema de limitación de la visibilidad mediante el uso de elementos que permitan aumentar la información disponible durante la maniobra de adelantamiento.

3.2.1 Sensorización trasera y lateral

Esta propuesta consistiría en disponer sensorización lateral y trasera en los diferentes vehículos implicados para aprovechar al máximo su automatización. En ese sentido, el objetivo sería que, en una maniobra de adelantamiento, tanto los camiones que forman parte del ‘*platoon*’ como el vehículo que realiza la maniobra de adelantamiento sean conscientes de la maniobra que están realizando.

De esa forma, la propuesta sería que, al ser conscientes de la situación, los vehículos maximizaran la distancia lateral entre ellos. Así, todos los vehículos implicados se retirarían, en la medida de lo posible, hacia los extremos de sus respectivos carriles. La distancia lateral entre ellos se maximizaría y, con ello, la visibilidad.

Al plantearse esta actuación, los fabricantes deberán tener en cuenta su compatibilidad con otras particularidades de los ‘*platoons*’ de camiones. En ese sentido, uno de los problemas que podrían causar los ‘*platoons*’ sería un mayor desgaste del pavimento debido al paso repetido de grandes cargas por áreas muy concretas del firme. Para solucionarlo, diferentes investigaciones han propuesto actuaciones destinadas a variar la posición transversal de los vehículos para distribuir al máximo posible el desgaste y los daños del firme (Chen *et al.*, 2016; Chen, 2020; Gungor y Al-Qadi, 2020). Dichas actuaciones deberían tener en cuenta el problema tratado en esta ponencia.

Por otra parte, esta actuación guarda gran parecido con la propuesta de creación de husos entre los dos carriles existentes, ya que comparten el objetivo de maximizar la separación lateral entre los diferentes vehículos para maximizar con ello la visibilidad. Sin embargo, en este caso no se precisa de actuación alguna en la infraestructura. Pese a ello, esta propuesta requeriría una automatización total del parque móvil, ya que en caso de existir tráfico mixto solo los vehículos autónomos se verían beneficiados.

3.2.2 Sensorización delantera

En este caso, la propuesta se centra en los *'platoons'* de camiones. Dado que el *'platooning'* precisa de cierto nivel de conectividad y automatización, incluso en sus niveles más básicos, parece razonable asumir la viabilidad de incorporar sensorización delantera en todos los *'platoons'* de camiones. Si bien dicha sensorización podría tener múltiples funciones, esta propuesta se centra en la capacidad de dicha sensorización para detectar obstáculos en el carril adyacente al del propio *'platoon'* de camiones.

La propuesta se centra, por lo tanto, en la posibilidad de que sea el camión delantero del *'platoon'* de camiones el que detecte el peligro para los vehículos que lo adelanten. Una vez detectado el peligro, sería el propio *'platoon'* el que advertiría a los vehículos que le adelanten para que reduzcan la velocidad y maximicen su atención.

El principal beneficio de esta propuesta es que no requiere ni de automatización ni de conectividad entre todos los vehículos. En ese sentido, si existiese comunicación V2V el aviso sería directo. La reacción, si el vehículo fuera además autónomo, sería además inmediata. Sin embargo, la propuesta incluye la disposición de varias luces de advertencia en el lateral de los camiones que forman el *'platoon'*, de forma que estas se enciendan de forma intermitente al detectar un peligro (Figura 6). Por todo ello, esta solución es compatible y adecuada para casos de tráfico mixto con diferentes niveles de conectividad y automatización.



Figura 6: Propuesta de aviso en caso de peligro.

5. CONCLUSIONES

El *'platooning'* de camiones conllevará grandes ventajas, pero su implantación podría ser conflictiva si no se tienen en cuenta sus efectos sobre la seguridad vial. Por ello, es necesario prever sus efectos con la antelación suficiente, disponiendo así las actuaciones necesarias para mitigar los aspectos más negativos a la vez que se ensalzan los positivos.

Aunque es necesario seguir investigando en la materia, se puede afirmar que los *'platoons'* de camiones provocarán un efecto de apantallamiento que podría generar grandes inseguridades en las maniobras de adelantamiento en curvas a derechas. Por ello, se han propuesto a lo largo de esta ponencia soluciones que pretenden atacar el problema desde diferentes perspectivas.

Debido a la diversidad de soluciones propuestas, cada una de ellas parte de condicionantes muy diferentes. Dado su diferente enfoque y su garantizada pero limitada efectividad, es probable que una combinación de actuaciones sea necesaria para garantizar la mitigación del problema detectado en su totalidad.

En ese sentido, sería necesario ampliar esta investigación en el futuro para cuantificar la efectividad de las diferentes propuestas no solo por separado, sino también como conjunto. Además, se podrían aportar soluciones adicionales que complementen a las ya propuestas. Para todo ello, sería de especial interés la aplicación de estas actuaciones en un caso de estudio que contemple su aplicación en una vía real.

Por último, sería conveniente que el desarrollo de las actuaciones destinadas a compensar el efecto de limitación de visibilidad no colisione con el de otras actuaciones destinadas a compensar otros problemas causados por los *'platoons'* de camiones, como puede ser el del desgaste del pavimento. En ese sentido, se deberían aprovechar las sinergias existentes para generar soluciones globales que integren todas las perspectivas y afronten todas las problemáticas simultáneamente. Solo así se podrá aprovechar al máximo el potencial que estas nuevas tecnologías ofrecen en todos los ámbitos.

REFERENCIAS

- ALAM, A. (2014) Fuel Efficient Heavy-Duty Vehicle Platooning. Doctoral Thesis in Automatic Control presented at KTH, Stockholm.
- BERGENHEM, C., HUANG, Q., BENMIMOUN, A. Y ROBINSON, T. (2010) Challenges of platooning on public motorways. En 17th World Congress on Intelligent Transport Systems.

BERGENHEM, C., PETTERSSON, H., COELINGH, E., ENGLUND, C., SHLADOVER, S. Y TSUGAWA, S. (2012) Overview of platooning systems. En. 19th ITS World Congress, Vienna, Austria.

CHEN, F. (2020) A lateral control scheme of autonomous vehicles considering pavement sustainability, *Journal of Cleaner Production*.

CHEN, F., BALIEU, R. Y KRINGOS, N. (2016) Potential Influences on Long-Term Service Performance of Road Infrastructure by Automated Vehicles, *Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board*, (2550), pp. 72-79.

GUNGOR, O. E. Y AL-QADI, I. L. (2020) All for one: Centralized optimization of truck platoons to improve roadway infrastructure sustainability, *Transportation Research Part C*.

HASSAN, Y., EASA, S. M. Y EL HALIM, A. O. A. (1995) Sight Distance on Horizontal Alignments with Continuous Lateral Obstructions, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1500, pp. 31-42.

JACOB, B. Y ARBEIT DE CHALENDAR, O. (2015) Truck Platooning: Expected Benefits and Implementation Conditions on Highways. En *International Forum for Road Transport Technology*.

JANSSEN, R., ZWIKNENBERG, H., BLANKERS, I. Y DE KRUIJFF, J. (2015) *Truck Platooning: Driving the Future of Transportation*. TNO.

LOVELL, D. J. (1999) Automated Calculation of Sight Distance from Horizontal Geometry, *Journal of Transportation Engineering*, 125(4), pp. 297-304.

OONK, M. (2016) *Smart Logistics Corridors and the Benefits of Intelligent Transport Systems*, en Blanquart, C., Clausen, U., y Jacob, B. (eds.) *Towards Innovative Freight and Logistics*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc.

PASTOR-SERRANO, D. Y GARCÍA, A. (2020) Influencia del espaciamiento entre camiones del 'Platooning' en la visibilidad en curvas a derechas, en *Libro de Actas. Congreso Campus FIT 2020*, pp. 381-404.

ROBINSON, T., CHAN, E. Y COELINGH, E. (2010) Operating Platoons On Public Motorways: An Introduction To The SARTRE Platooning Programme. En. 17th World Congress on Intelligent Transport Systems, p. 11.

SHEIKHOESLAM, S. Y DESOER, C. A. (1990) Longitudinal Control of a Platoon of Vehicles. En 1990 American Control Conference. 1990 American Control Conference, San Diego, CA, USA: IEEE, pp. 291-296.

TAVASSZY, L. A. Y JANSSEN, R. (2016) The value case for truck platooning. En *ITS European Congress*, Glasgow, UK.

WILLEMSSEN, D., SCHMEITZ, A., FUSCO, M., VAN ARK, E. J., VAN KEMPEN, E., SÖDERMAN, M., ATANASSOW, B., SJÖBERG, K., NORDIN, H., PRASHANTH, D.,

SCHMIDT, C., DAEMS, F. Y ALLARD, J. (2018) Requirements Review from EU projects (Ensemble). European Commission Horizon 2020.