

# Evaluación de modelo determinista para conducción autónoma a través del comportamiento visual

Sofía Sánchez-Mateo <sup>1</sup>, Alfredo Valle-Barrio <sup>2</sup>, Alberto Díaz-Álvarez <sup>3</sup>, Felipe Jiménez <sup>4</sup>

<sup>1</sup>Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA), Universidad Politécnica de Madrid.

Email:[sofia.sanchez@upm.es](mailto:sofia.sanchez@upm.es)

<sup>2</sup>Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA), Universidad Politécnica de Madrid.

Email:[alfredo.valle@upm.es](mailto:alfredo.valle@upm.es)

<sup>3</sup>Departamento de Sistemas Informáticos, Universidad Politécnica de Madrid. Email:[alberto.diaz@upm.es](mailto:alberto.diaz@upm.es)

<sup>4</sup>Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA), Universidad Politécnica de Madrid.

Email:[felipe.jimenez@upm.es](mailto:felipe.jimenez@upm.es)

## Resumen

La automatización en vehículos ha permitido mejorar la seguridad en conducción, en concreto los siniestros derivados del error humano, ya que son considerados una de las principales causas de accidentes de tráfico. Sin embargo, a pesar del aumento de sensores, la automatización total sigue dando lugar a situaciones conflictivas donde es necesaria la intervención del conductor. Muchas maniobras son únicas y en ocasiones irrepetibles, debido a los múltiples factores que intervienen, siendo compleja la observación de patrones para el desarrollo de modelos y su automatización. Con objeto de alcanzar un mayor conocimiento en la ejecución de maniobras complejas acontecidas en vías interurbanas, este artículo propone el desarrollo de un modelo de conducción determinista alimentado con datos de conducción real. Se han estudiado las diferencias entre el modelo y la conducción real, enfatizando la fase intencional previa a la maniobra, además de adquirir información del comportamiento visual del conductor.

**Palabras clave:** seguimiento visual, autónomo, conducción, toma de decisiones

## Abstract

Driving safety has been improved by automated vehicles, particularly in terms of human error-related accidents, which are considered one of the main causes of traffic accidents. However, despite the increase in the number of sensors, full automation still generates conflictive situations where driver intervention is necessary. Many manoeuvres are unique and sometimes unrepeatable, due to the multiple factors involved, being the patterns observation for the development of models and their automation complicated. To achieve greater knowledge of the performance during complex manoeuvres on interurban roads, this article proposes the development of a deterministic driving model based on real driving data. The differences between the model and real driving have been studied, emphasizing the intentional phase prior to the manoeuvre, in addition to acquiring information from the driver's visual behaviour.

**Keywords:** eye-tracking, autonomous, driving, decision making

## 1. Introducción

Los sistemas de conducción automatizada han logrado mejoras en el parque automovilístico, creando un entorno más seguro y reduciendo el número de siniestros [1]. Sin embargo, la falta de robustez de estos sistemas supone un retraso en su avance, ya que en ocasiones generan una falta de confianza para los transeúntes y los conductores [2][3].

Por ello es necesario un proceso de desarrollo exhaustivo que considere tanto simulaciones como pruebas en tráfico real, tanto para analizar su adecuación a cualquier escenario como para ser aceptado por el conductor [4]. Dentro de los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) más desarrollados se encuentran el control de cruce adaptativo (AACC) y el asistente de mantenimiento de carril (LKS), los cuales han sido ampliamente

estudiados por la comunidad científica [5][6][7][8][9][10], siendo implementados por numerosos fabricantes como Volvo, Mercedes-Benz, Citroën, Volkswagen o Peugeot, entre otros. Gracias a ellos, se puede obtener un control en la conducción longitudinal adecuado para garantizar una conducción segura y estable, evitando incidentes derivados de distracciones o del exceso de velocidad [11].

Para poder llegar a ese estado de madurez, estos avances han sido desarrollados en base a modelos que describen el modo en el que un conductor toma decisiones frente a diferentes eventos. Los modelos de conducción suelen dividirse principalmente en dos fases, (i) seguimiento de vehículos o car-following, que determina los regímenes de aceleración de un vehículo en función de factores generalmente relacionados con el vehículo precedente, y (ii) cambio de carril o lane-change, que determina cómo y cuándo un vehículo se desplaza de un carril a otro adyacente [12]. Desde un punto de vista cognitivo, estos aspectos de los modelos de conducción se asocian en tres niveles según la arquitectura de tres capas propuesta por Michon [13]. De menor a mayor complejidad, en el nivel operacional o de control se encontrarían las tareas más elementales como el control del volante y los pedales, el nivel táctico englobaría situaciones de decisión e interacción con el tráfico, como realizar un cambio de carril o evitar un obstáculo, y el estratégico, la planificación y gestión de tareas de alto nivel. Dentro de los regímenes de conducción, los modelos se pueden diversificar en varias fases. En [14] se identificó que los seis regímenes que completan una trayectoria son aceleración, aceleración libre, seguimiento, cruce, desaceleración y parada.

En relación a las variables que utilizan los modelos de conducción, varios autores se centran en la evaluación de los parámetros físicos a través de ensayos experimentales, como son la posición y la velocidad obtenidos principalmente de Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) [15][16][17]. Por otro lado, la adquisición de variables fisiológicas del conductor puede enriquecer las reglas de decisión que comprenden los algoritmos de los modelos de toma de decisiones. Uno de los sistemas más utilizados por su ligereza y comodidad en conducción es el seguimiento visual, ya que la información adquirida por el conductor precede a los procesos cognitivos siendo capaz de anticipar las decisiones de un conductor a través de su atención. De igual forma, el comportamiento ocular aporta información sobre la aceptabilidad y distracción de sistemas, siendo extensamente utilizado en la evaluación de sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) [18][19][20][21].

En este artículo se ha desarrollado un modelo de conducción de tipo determinista enfocado en vías

interurbanas, con objeto de obtener información sobre los principales parámetros que intervienen en la realización de maniobras complejas. En concreto, se ha focalizado en el comportamiento lateral y la anticipación del conductor ante el mismo, estudiando la información relevante para la toma de decisiones. Los datos han sido recogidos de tráfico real a través de varios vehículos instrumentados y un sistema de seguimiento visual en el conductor principal.

## 2. Modelo de conducción

El objetivo principal de este artículo es analizar el comportamiento del conductor ante situaciones complejas como puede ser un adelantamiento en una autovía o autopista. Para ello se ha desarrollado un modelo de conducción para la toma de decisiones, considerando en su diseño las acciones de seguimiento de vehículo, cambio de carril y frenada de emergencia para un entorno interurbano [22]. Una de las principales ventajas de este algoritmo es que no existe un número máximo de vehículos participantes,  $n$ , pudiendo realizar infinitas iteraciones,  $i$ , hasta encontrar un hueco idóneo para realizar la maniobra con seguridad.

Las decisiones del modelo se basan principalmente en la velocidad, distancia y tiempo de cada vehículo respecto al vehículo ejecutor, 1, donde  $v_2$ ,  $t_2$ ,  $d_2$  corresponden al vehículo 2 y  $v_i$ ,  $t_i$ ,  $d_i$  al vehículo ubicado en el carril izquierdo. Un ejemplo de la disposición de los vehículos puede observarse en la figura 1, donde el vehículo  $v_i$  correspondería a  $v_A$ ,  $v_{i+1}$  a  $v_B$  y  $v_{i+2}$  a  $v_C$ .

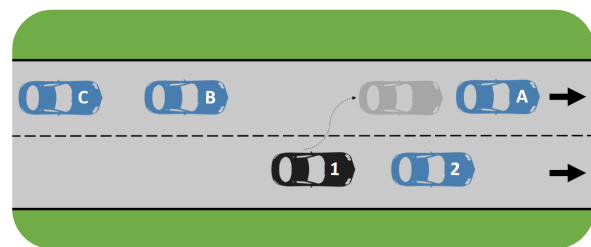


Figura 1. Definición de la posición de los vehículos.

El esquema mostrado en la figura 2 resume el algoritmo e inicia el bucle planteando si hay un vehículo delante de nosotros (vehículo 2) y a cuánta distancia está. Si no hubiera ninguno o la distancia fuera lo suficientemente grande, se aceleraría libremente dentro de los límites legales. En caso contrario pasaría a la siguiente condición, donde se cuestiona la intención de cambiar de carril, condicionada por la velocidad máxima de la vía, la velocidad media de los vehículos del carril izquierdo, la velocidad del vehículo 2 y el tiempo mínimo de frenado con el mismo. Si no se cumpliera ninguna condición, el algoritmo seguiría al vehículo 2 y adaptaría su velocidad. En caso de adelantar procedería

a la contabilización del número de vehículos situados en el carril izquierdo,  $n$ , los cuales pudieran tener una influencia por cercanía al vehículo que ejecuta la maniobra, y cuyo valor se actualiza en función del flujo de tráfico. El caso más sencillo sería cuando no hay ningún vehículo en el carril izquierdo,  $n$  igual 0, donde se produciría un adelantamiento casi instantáneo. En caso de haber 1 vehículo, se podría adelantar por delante, por delante acelerando, o por detrás del mismo. En caso de producirse un adelantamiento por delante de manera acelerada, la aceleración necesaria para pasar por delante del vehículo  $A$ ,  $a_{1di}$ , no debe ser superior a la máxima posible del vehículo 1,  $a_{max}$ ; y la velocidad con la que llegaría delante,  $v_{fi}$ , tampoco debería sobrepasar la máxima de la vía,  $v_{max}$ . Si no se pudiera hacer ninguna maniobra, el bucle finalizaría con la condición de *seguimiento de vehículo con intención de cambio*, volviendo al inicio hasta que existiera un hueco disponible.

En caso de haber 2 vehículos o más, se podría pasar por delante del primero, entre el primero y el segundo, o pasar el último de la cola. De la misma manera que anteriormente, en caso de realizar la maniobra acelerando entre el primero y el segundo, se ha de valorar que la aceleración necesaria para pasar por detrás del primero,  $a_{1di}$ , no sea superior a la aceleración necesaria para pasar por delante del segundo,  $a_{1di+1}$ ; que ambas se encuentren dentro de los límites de aceleración del propio vehículo, tanto para la máxima,  $a_{max}$ , como para la mínima,  $dec_{max}$ ; y que la velocidad final con la que llegaría entre los dos vehículos,  $v_{fi+1}$ , no sea superior a la máxima de la vía. Si finalmente no considerase posible realizar la maniobra y hubiese más de 2 vehículos, el modelo volvería al inicio de este último bucle analizando análogamente el hueco disponible entre el segundo y el tercero, el tercero y el cuarto, hasta el máximo de vehículos situados en el carril izquierdo.

En caso de no encontrarlo, volvería al inicio del bucle principal, esperando a que se generase un hueco óptimo al igual que en la condición de *seguimiento de vehículo con intención de cambio*.

### 3. Ensayos experimentales

Para la evaluación del modelo de conducción se ha dispuesto de un total de 5 vehículos, donde 1 es el vehículo ejecutor, 2, el vehículo delantero, y A, B y C son los vehículos ubicados en el carril izquierdo de la vía.

Para alimentar el modelo se han recogido datos de posición y velocidad mediante los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) ubicados en cada uno de los vehículos participantes. Las variables constantes del vehículo y del conductor han sido adquiridas de bibliografía [23][24][25][26], añadiendo

posteriormente un efecto probabilístico en forma de distribución gaussiana en función de la impulsividad de cada sujeto [27].

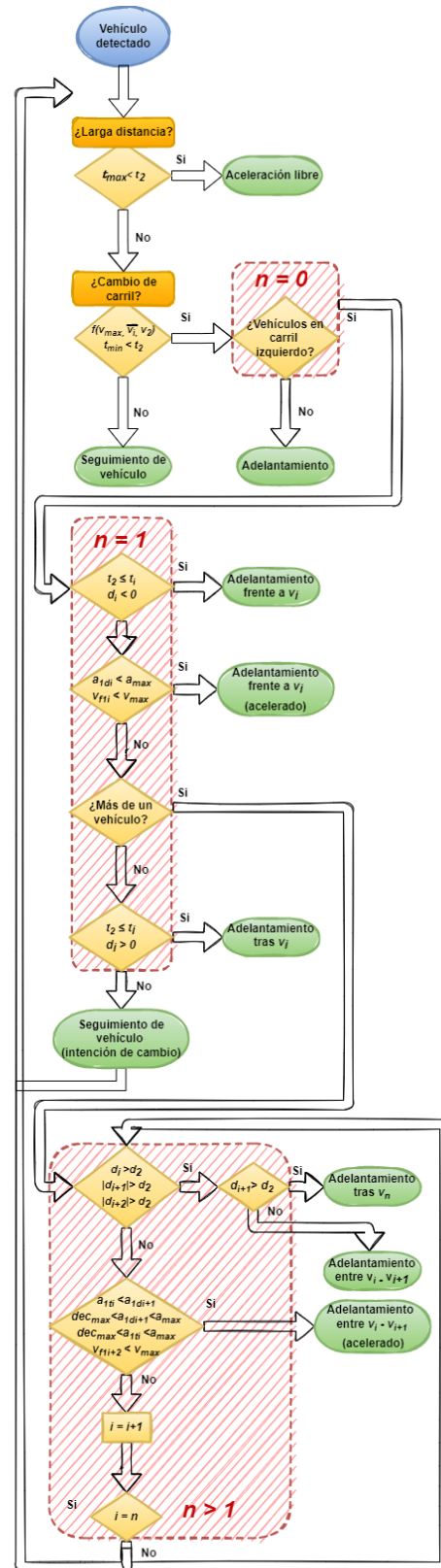
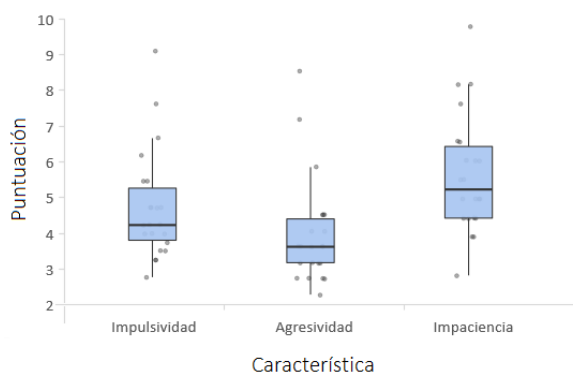


Figura 2. Árbol de decisión para el modelo de conducción.

### 3.1. Participantes

Se realizaron un total de 22 ensayos de conducción, correspondientes a 12 hombres y 10 mujeres, cuya edad media fue de 33.81 años (SD = 6.98). Los participantes manifestaron una media de 14.09 años de experiencia en la conducción (SD = 5.78), siendo el vehículo más utilizado el turismo (68.18%), seguido de la motocicleta (22.73%) y los vehículos tipo SUV (9.09%). La mayoría de los conductores declararon conducir entre 10000 y 20000 kilómetros anuales.

Dado que la naturaleza de este estudio está estrechamente ligada a los estilos de conducción, se han analizado las características de impaciencia, agresividad e impulsividad mediante una encuesta [28] con la intención de poder abarcar el más amplio espectro de perfiles diferentes y paliando los efectos de la pequeña y homogénea muestra. En la figura 3 se observa la distribución de los resultados obtenidos para cada característica del conjunto de datos, puntuando cada una sobre 10.



**Figura 3.** Gráfico comparativo de las características en conducción.

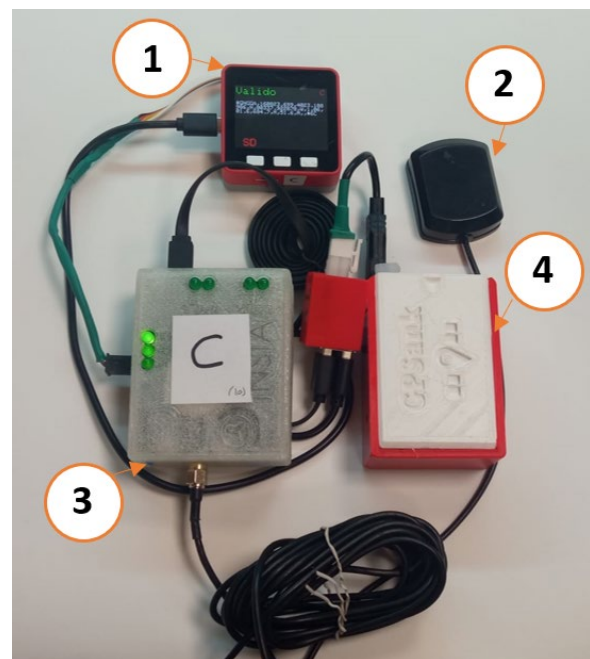
### 3.2. Instrumentación

El vehículo estudiado, el cual ejecuta la maniobra, denominado anteriormente como vehículo 1, es un Peugeot 307 con cambio de marchas automático. Las respuestas oculares de los conductores han sido registradas mediante un sistema de seguimiento visual, compuesto por unas gafas sensorizadas y su controlador instalado en una CPU. Las gafas disponen de dos cámaras y dos sensores infrarrojos en cada ojo, adquiriendo principalmente el diámetro de pupila, las fijaciones y la posición en el espacio de la mirada (Figura 4).



**Figura 4.** Tobii Pro Glasses 2.

Adicionalmente se implementó un sistema de seguimiento de la cabeza basado en una triangulación de infrarrojos situados en la cabeza del conductor [29], con objeto de mejorar los datos recogidos de las gafas. Además, los cinco vehículos implicados fueron instrumentados con un GPS adquiriendo datos en tiempo real a través del dispositivo M5-Stack, el cual se basa en el SoC (System On a Chip) ESP32 (Figura 5).



**Figura 5.** Componentes para la adquisición de datos GPS. 1. M5-Stack, 2. Antena, 3. GPS, 4. Sistema de alimentación.

### 3.3. Procedimiento

Para la realización de los ensayos se ha recorrido un tramo interurbano de 7.5 km perteneciente a la autovía M-45 de Madrid. La duración total osciló entre 35 y 55 minutos dependiendo del tráfico y el número de

trayectos necesarios para simular cada caso con seguridad.

Cada uno de los casos fue representado gracias a la participación de 4 vehículos además del vehículo del participante, los cuales ajustaban sus velocidades y distancias con objeto de provocar los diferentes escenarios mostrados anteriormente. A pesar de que el modelo contempla situaciones donde se requiere una aceleración para el cambio de carril, en los ensayos experimentales no se ha buscado la realización de dichas maniobras por seguridad. Los casos quedan resumidos a seguimiento de vehículo con y sin intención de cambio, y los adelantamientos, clasificados como: cambio de carril (C1), cambio de carril delante de A (C2), cambio de carril tras A (C3), cambio de carril entre A y B (C4), cambio de carril entre B y C (C5), y cambio de carril tras C (C6).

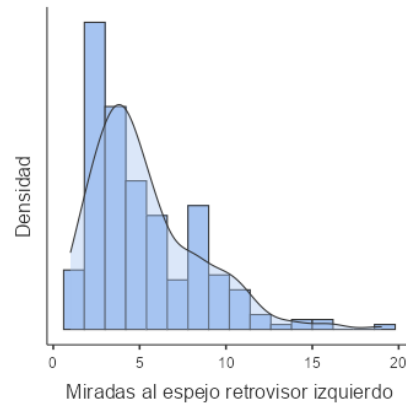
Previo al ensayo se indicó a los participantes que realizasen una conducción lo más natural posible, sin más información para evitar la sugestión en la realización de adelantamientos. La ejecución de los casos se efectuó de manera aleatoria, adaptando cada una al tráfico disponible. El diseño del ensayo fue intrasujeto, realizando cada participante todos los casos propuestos como mínimo una vez.

#### 4. Resultados

Los ensayos planteados se realizaron satisfactoriamente, a pesar de la variabilidad del tráfico. Los resultados obtenidos en la encuesta de estilos de conducción mostraron que en la muestra seleccionada es variada y no está descompensada, considerando poco influyentes los valores atípicos del diagrama de dispersión. Los casos propuestos se repitieron entre 1 y 4 veces por cada participante, obteniendo una media global de 1.77 veces, siendo el caso C2 el más repetido y C6 el menos. En relación a este resultado, hubo un 9.81% del total de las maniobras que resultaron fallidas o problemáticas, bien por la intromisión de vehículos externos en el convoy del carril izquierdo o porque el participante decidió no realizar ninguna maniobra.

El comportamiento ocular reveló ciertos indicadores de preparación cognitiva en el periodo de anticipación al adelantamiento. Se advirtió que segundos previos a realizar la maniobra las miradas al espejo retrovisor izquierdo aumentaron considerablemente, combinadas ocasionalmente con miradas al espejo retrovisor interior. Este acontecimiento se observó en la mayoría de los adelantamientos, produciéndose en el intervalo de 10 a 20 segundos antes de cruzar la línea central de la carretera ( $M = 13.2504$ ,  $SD = 5.0827$ ). Dado que el número de miradas osciló en función de la ventana temporal estudiada, se calculó el número de miradas por segundo realizadas en cada cambio de carril,

obteniendo un promedio de 0.4425 y una desviación estándar de 0.1835. Este dato junto al anterior muestra que el número de miradas medio al espejo retrovisor se encuentra por debajo de 6, coincidiendo con la siguiente gráfica de frecuencias (Figura 6).



**Figura 6.** Frecuencia de las miradas al espejo retrovisor izquierdo en la fase de anticipación.

Cabe señalar que puntualmente se observaron situaciones donde el número mínimo de miradas al espejo fue de 1 o 2 veces, 4.85% y 10.53% respecto al total. No obstante, en la mayoría de los casos se obtuvieron valores superiores, tal y como se puede observar en la figura anterior.

#### 5. Conclusiones

La caracterización del comportamiento del conductor mediante de modelos de toma de decisiones puede ayudar al desarrollo de algoritmos más naturalistas que impulsen la integración de los vehículos autónomos en el tráfico mixto. En este estudio se ha realizado un modelo de conducción determinista enfocado a situaciones conflictivas como adelantamientos en vías interurbanas. Dichas maniobras se han realizado en conducción real representadas por 5 vehículos, siendo uno de ellos el ejecutor de la misma. Se ha analizado el comportamiento visual del conductor en el periodo de anticipación al cambio de carril obteniendo resultados interesantes que ayudan a la caracterización de esta fase.

Los participantes realizaron los seis casos propuestos de adelantamientos, con una media de repetitividad de 1.77 veces cada uno, siendo C2, cambio de carril tras el vehículo A (el primero del convoy situado en el carril izquierdo), el más repetido y el caso C6, cambio de carril detrás del vehículo C (el último del convoy situado en el carril izquierdo) el menos repetido durante los ensayos. Este hecho denota la complejidad de la última situación, donde participan todos los vehículos para recrear la maniobra. Por otro lado, cerca de un 10% del total de las condiciones planteadas, no se realizaron como se habían planteado en un inicio,

debido a condiciones externas del tráfico o a voluntad propia del conductor, siendo gran parte de las mismas correspondientes al caso menos repetido C6.

Respecto al comportamiento ocular, se advirtió que un aumento de miradas al espejo retrovisor izquierdo entre los segundos 10 y 20 previos a la realización del adelantamiento es un indicador claro de preparación cognitiva a la maniobra, debido a que esta zona es una de las fuentes principales de información del entorno. Algunos conductores se apoyaron además en el espejo interior, debido a que su apertura permitió un conocimiento global de la escena. Las sucesiones de miradas variaron en función de la complejidad del entorno y el tiempo expuesto, produciéndose una mirada cada dos segundos de manera general. Aunque se obtuvieron situaciones donde el valor mínimo de miradas fue de 1 o 2, se considera que para la predicción de cambio de carril dicho valor debería estar entre 3 y 6, apoyando esta conclusión en el gráfico de frecuencias mostrado en la figura 6.

En relación al modelo de conducción, actualmente se está trabajando en el análisis comparativo de las maniobras realizadas en conducción real frente a las del modelo de toma de decisiones. Preliminarmente se ha observado que existe discordancia entre los mismos, que sucede comúnmente en situaciones donde el vehículo del carril izquierdo circula a una velocidad muy superior a la del participante. Esta actitud denota una precaución innata que podría suponer la creación de nuevas reglas de decisión en la mejora de los algoritmos de conducción para vehículos autónomos.

## 6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por las ayudas de MCIN/ AEI /10.13039/501100011033, PID2019-104793RB-C33 y PDC2021-121517-C32.

La realización de los ensayos experimentales no habría sido posible sin la colaboración de los conductores que recrearon las maniobras de cambio de carril propuestas. A todos ellos gracias por su participación.

## 7. Referencias

- [1] J. B. Cicchino. “Effectiveness of forward collision warning and autonomous emergency braking systems in reducing front-to-rear crash rates”. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 99, Part A, pp. 142-152, 2017. ISSN 0001-4575.
- [2] A. L. Terrones Rodríguez. “Una aproximación general al desarrollo de los coches autónomos”. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad — CTS*, vol. 16, nº 47, pp. 153-175, 2021.
- [3] S. Ammoun, F. Nashashibi. “Real time trajectory prediction for collision risk estimation between vehicles”. *2007 IEEE 5th International Conference on Intelligent Computer and Communication Processing*, pp. 417-422, Aug. 2009.
- [4] M. Alawadhi, J. Almazrouie, M. Kamil, K. A. Khalil. “A systematic literature review of the factors influencing the adoption of autonomous driving”. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, vol. 11, pp. 1065–1082, 2020.
- [5] J. J. Rath, C. Sentouh, J. Popieul. “A Lane Keeping Assist Design: Adaptation to Driving Style Based on Aggressiveness”. *2019 American Control Conference (ACC)*, pp. 5316-5321, 2019.
- [6] A. Mammeri, G. Lu and A. Boukerche, "Design of lane keeping assist system for autonomous vehicles", *Proc. 7th International Conference on New Technologies, Mobility and Security. (NTMS)*, pp. 1-5, Jul. 2015.
- [7] I. Mahdinia, R. Arvin, A. J. Khattak, A. Ghiasi, “Safety, energy and emissions impacts of adaptive cruise control and cooperative adaptive cruise control”. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2674, nº. 6, pp. 253-267, 2020.
- [8] M. T. Murshed. “Freeway operations in the era of automated vehicles: Impact of commercially available ACC on freeways”. PhD, Faculty of College of engineering and Computer Science. Florida Atlantic University, 2021.
- [9] M.J.R. Perrier, T. L. Louw, O. Carsten. “User-centred design evaluation of symbols for adaptive cruise control (ACC) and lane-keeping assistance (LKA)”. *Cognition, Technology & Work*, vol. 23, pp. 685–703, 2021.
- [10] B. Ciuffo, K. Mattas, M. Makridis, G. Albano, A. Anesiadou, Y. He, S. Josvai, D. Komnos, M. Pataki, S. Vass, Z. Szalay. “Requiem on the positive effects of commercial adaptive cruise control on motorway traffic and recommendations for future automated driving systems”. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 130, 2021. ISSN 0968-090X.
- [11] S. F. Varotto, C. Mons, J. H. Hogema, M. Christoph, N. van Nes, M. H. Martens. “Do adaptive cruise control and lane keeping systems make the longitudinal vehicle control safer? Insights into speeding and time gaps shorter than one second from a naturalistic driving study with SAE Level 2 automation”. *Transportation Research Part C:*

- Emerging Technologies, vol. 141, 2022. ISSN 0968-090X.
- [12] T. Toledo. "Driving Behaviour: Models and Challenges." *Transport Reviews*, vol. 27, n° 1, pp. 65–84, 2007.
- [13] J. A. Michon. "A Critical View of Driver Behavior Models: What Do We Know, What Should We Do?". In *Human Behavior and Traffic Safety*, Springer, pp. 485–524, 1985.
- [14] A. Sharma, Z. Zheng, A. Bhaskar. "Is more always better? The impact of vehicular trajectory completeness on car-following model calibration and validation". *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 120, pp. 49-75, 2019. ISSN 0191-2615.
- [15] J. Van Brummelen, M. O'Brien, D. Gruyer, H. Najjaran. "Autonomous vehicle perception: The technology of today and tomorrow". *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 89, pp. 384-406, 2018. ISSN 0968-090X.
- [16] T. Li, D. Chen, H. Zhou, J. Laval, Y. Xie. "Car-following behavior characteristics of adaptive cruise control vehicles based on empirical experiments". *Transportation Research Part B: Methodological*, vol. 147, pp. 67-91, 2021.
- [17] J. Orlovská, F. Novakazi, B. Lars-Ola, M. Karlsson, C. Wickman, R. Söderberg. "Effects of the driving context on the usage of Automated Driver Assistance Systems (ADAS) -Naturalistic Driving Study for ADAS evaluation". *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, vol. 4, 2020. ISSN 2590-1982.
- [18] H. Azevedo-Sa, H. Zhao, C. Esterwood, X. J. Yang, D. M. Tilbury, L. P. Robert. "How internal and external risks affect the relationships between trust and driver behavior in automated driving systems". *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 123, 2021. ISSN 0968-090X.
- [19] F. Zhou, X. J. Yang, J. C. F. de Winter. "Using Eye-Tracking Data to Predict Situation Awareness in Real Time During Takeover Transitions in Conditionally Automated Driving". *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 23, n° 3, pp. 2284-2295, 2022.
- [20] S. Sánchez-Mateo, E. Pérez-Moreno, F. Jiménez. "Driver Monitoring for a Driver-Centered Design and Assessment of a Merging Assistance System Based on V2V Communications". *Sensors*, vol. 20, 2020.
- [21] S. Sánchez-Mateo, E. Pérez-Moreno, F. Jiménez, J. E. Naranjo, C. G. Pérez-Flores and J. Antoñanzas-Teruel. "Study of a driver assistance interface for merging situations on highways". 2018 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES), pp. 1-5, 2018.
- [22] K. Zhang, N. Lu and Z. Shi. "Motion Planning in Lane Change Scenario for Autonomous Vehicles". 2021 China Automation Congress (CAC), pp. 7075-7080, 2021.
- [23] W. Prestl, T. Sauer, J. Steinle, O. Tschernoster. "The BMW active cruise control ACC". SAE Technical Paper n° 2000-01-0344, 2000.
- [24] F. Sánchez, M. Seguer, A. Freixa, P. Andreas, K. Sochaski, R. Holze. "From adaptive cruise control to active safety systems". SAE Technical Paper n° 2000-01-324, 2001.
- [25] A. Burgett, A. Carter, G. Preziotti. "An algorithm for read-end collision avoidance warning systems". 17th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. 2001.
- [26] M. J. Sens, P. H. Cheny, J. F. Wiechel, D. A. Guenther. "Perception/reaction time values for accident reconstruction". SAE Technical Paper n° 890732, 1989.
- [27] O. McAree, J. M. Aitken, S. M. Veres. "Towards artificial situation awareness by autonomous vehicles". *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, n° 1, pp. 7038-7043, 2017.
- [28] E. Pérez-Moreno, M. J. Hernández-Lloreda, T. Gallego-Largo, M. Castellanos. "Impulsive Driving: Definition and Measurement Using the I-Driving Scale (IDS)". *The Spanish Journal of Psychology*, vol. 18, E93, 2015.
- [29] S. de la Fuente, S. Sanchez-Mateo, F. Jiménez. "Identificación automática de la percepción de elementos en la carretera por parte del conductor mediante sistemas de visión y laser". XXIII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, 2021.