



EL VOLANTE EN LA CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

ALEXANDRA BALBÁS CALVO, MANUEL DOMÍNGUEZ, MARÍA DEL MAR
ESPINOSA

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)
Dirección Ingeniería del Diseño
Juan del Rosal 12, 28040 Madrid. España

(Recibido 21 de abril de 2018, revisado 3 de marzo de 2019, para publicación 30 de junio de 2019)

Resumen – El vehículo totalmente autónomo se comercializará en pocos años y todos los ocupantes tendrán la función de pasajeros. La distribución interior del vehículo será más flexible y cómoda para los ocupantes. El objetivo de este trabajo es vislumbrar el futuro del volante en el coche autónomo. Existen dos corrientes de opinión enfrentadas en cuanto a su necesidad. En este trabajo se presentan las posibles tendencias de futuro de este componente.

Palabras clave – Volante, escamoteable, conducción autónoma.

1. INTRODUCCIÓN

Un vehículo autónomo (VA) o autoconducido es un automóvil capaz de imitar las capacidades humanas de manejo y control. Es capaz de percibir el medio que le rodea y desplazarse en consecuencia.

La aparición de los vehículos autónomos se remonta a 1925 donde Houdina Radio Control construyó un vehículo que se manejaba por señales de radio emitidas por otro vehículo que lo seguía. Desde entonces, las tecnologías de automatización de los vehículos no han parado de evolucionar.

Un vehículo puede estar más o menos automatizado en función de cuan necesaria es la intervención humana en el proceso de conducción. Es por ello por lo que diferentes organismos han desarrollado varias clasificaciones que comprenden de cuatro a seis niveles de automatización según qué organismo. Los niveles inferiores se corresponden con vehículos menos automatizados y el nivel superior describe el vehículo completamente automatizado dónde no es necesario un conductor.

Las sucesivas automatizaciones de la conducción se producen con la incorporación de nuevas tecnologías y el procesamiento de los datos obtenidos. La implantación de coches comerciales totalmente automatizados aún necesita un tiempo; no solo debido a la falta de madurez tecnológica, si no a la falta de leyes regulatorias, la adaptación de los circuitos urbanos, o la problemática de los seguros de esta nueva forma de transporte.

El interior de los vehículos cambia con los diferentes niveles de automatización ya que cada vez se exige un menor nivel participación del conductor y se otorga mayor libertad de movimiento. El incremento de escenarios en la colocación de los ocupantes confiere un nuevo desafío en cuanto a seguir garantizando la seguridad de todos los ocupantes del vehículo en caso de accidente.

En los próximos 30 años la conducción pasará a ser autónoma en gran medida, aunque se puede dar el caso de proporcionar el control manual al usuario bien por razones de emergencia, cuando el sistema no sea capaz de solventar una situación o por decisión del propio usuario. En este artículo se estudiará la evolución del concepto del volante en los vehículos según avanza los diferentes niveles de automatización.

2. EL VOLANTE

Los vehículos no han parado de evolucionar tecnológicamente desde su invención, el nivel de seguridad y equipamiento actual es muy elevado, especialmente las funciones electrónicas [1] [2].

El volante es un elemento indispensable en los vehículos de hoy en día, tiene varias funciones entre las que se encuentran:

- Controlar la dirección del vehículo. Esta es su función principal, comunica los movimientos de usuario a la columna y ésta a la dirección del vehículo.
- Proteger al conductor de colisiones en caso de accidente. La propia estructura del volante y el airbag que contiene amortiguan el impacto del conductor en una colisión y evitan daños mayores.
- Permitir al usuario enviar señales sonoras de alerta. El claxon es un elemento de seguridad indispensable para poder prevenir accidentes o alertar de la propia posición del vehículo.
- Controlar diversas funciones del vehículo. Funciones como la gestión del equipo de audio, el control de crucero, el limitador de velocidad, el panel de navegación o la gestión de llamadas.
- Facilitar la entrada y salida del vehículo. El volante sirve como apoyo a personas con movilidad reducida.

Además de las funciones mencionadas, el volante es un elemento estético importante ya que se encuentra en la línea de visión del comprador cuando se coloca en posición de conducción. Por ello suele estar adornado con el logotipo de la marca, decoraciones varias y recubrimientos como cuero o madera.

En la siguiente imagen, Fig. 1, se observa el volante del Jaguar XJR.

Este volante está compuesto por una armadura metálica similar a la que se muestra en la Fig. 2. La armadura es la encargada de rigidizar el volante y conectarlo a la columna de dirección.

El recubrimiento de la armadura es generalmente una espuma de poliuretano que se inyecta sobre la misma. Esta espuma puede ir cubierta por otro material tipo cuero o madera o quedar expuesta. La espuma debe soportar el desgaste ante las abrasiones mecánicas y químicas.

Las botoneras van fijadas a la armadura o a la espuma del volante. Esta fijación se puede hacer mediante clips o atornillado. La Fig. 3 muestra un volante forrado, compuesto por la armadura, la capa de poliuretano y un recubrimiento de cuero de diferentes tipos (liso y perforado) unidos mediante una costura en el interior del aro.



Fig. 1. Volante Jaguar XJR.

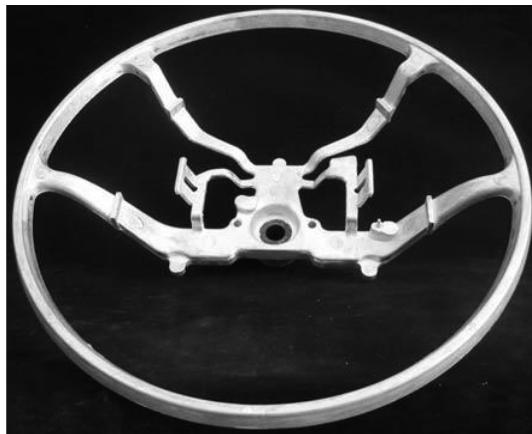


Fig. 2. Armadura de un volante.



Fig. 3. Volante forrado en cuero.



Fig. 4. Módulo airbag (vista posterior).



Fig. 5. Módulo airbag (vista frontal).



Fig. 6. Saco airbag desplegado.

En la zona central del volante de la Fig. 3 se acopla el módulo, pieza representada en las siguientes figuras 4 y 5. El módulo está compuesto por un contenedor plástico, decoraciones como el logotipo, un saco y un artefacto con carga explosiva que libera el gas necesario para hinchar ese saco que romperá el contenedor plástico dónde se aloja, Fig. 6. En el módulo se puede encontrar el circuito de la función claxon.

El proceso de producción de un volante es complejo debido a los requerimientos seguridad, funcionamiento, estéticos y a las grandes tiradas necesarias. Esto implica que las empresas fabricantes sean grandes y muy especializadas. A día de hoy, las principales empresas fabricantes son: ZF, Autoliv, Takata, KSS y Toyoda Gosei.

3. LA AUTOMATIZACIÓN DE LA CONDUCCIÓN

Diferentes organismos como NHTSA (*National Highway Traffic Safety Administration*, o Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras), BASt (*Federal Highway Research Institute*, o Instituto Federal de Investigación de Carreteras), OICA (*Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*, u Organización Internacional de Constructores de Automóviles) han desarrollado diferentes clasificaciones de los niveles de automatización de los vehículos. En este artículo se presenta la clasificación de la organización americana SAE (*Society of Automotive Engineers*, o Sociedad de Ingenieros de Automoción) ya que tiene de a ser la más generalista, tabla 1.

La Tabla 1 resume las características principales de los diferentes niveles de conducción según el grado de automatización de los vehículos. A partir del nivel cuatro, no sería necesario un conductor humano de respaldo y se podría prescindir de los elementos de conducción (volante y pedales) del vehículo. El estándar SAE J3016 contempla la opción de preservar estos elementos de conducción en cualquiera de los niveles.

3.1. El interior de los vehículos a partir del nivel tres de automatización

La mayoría de los vehículos que se producen actualmente están enmarcados en los niveles (0-2). En estos niveles, el conductor tiene la responsabilidad de la conducción del vehículo y por tanto el interior de

Tabla 1. Características de los diferentes niveles de automatización de la conducción

Nivel	Descripción	Conductor	Detección de objetos	Límites del sistema	Control de movimientos	Ejemplos
0	No hay automatización	Humano	No	No hay sistema	No hay automatización	-
1	Asistencia al conductor	Humano	No completa	Condicionado (limitado a ciertas situaciones)	Movimiento longitudinal o lateral	control de crucero adaptativo
2	Automatización parcial	Humano	No completa	Condicionado (limitado a ciertas situaciones)	Movimiento longitudinal y lateral	Asistente Piloto de Volvo
3	Automatización condicionada a la conducción	Humano-sistema	Completa	Condicionado (humano preparado para intervenir)	Movimiento longitudinal y lateral	Asistente de atascos de Audi
4	Automatización elevada de la conducción	Sistema	Completa	Condicionado (sistema puede no seguir conduciendo en ciertas situaciones)	Movimiento longitudinal y lateral	Waymo Firefly de Google
5	Automatización completa de la conducción	Sistema	Completa	Inexistentes	Movimiento longitudinal y lateral	-

los mismos es muy similar. En el nivel tres, sin embargo, la responsabilidad de la conducción es compartida entre el conductor y el sistema. El sistema puede requerir que el conductor se ponga a los mandos del vehículo en cualquier momento. El principal reto que surge en este nivel es el cambio de conducción autónoma a manual.

3.1.1. Cambio de conducción autónoma a manual en nivel tres

Este cambio se puede producir en los dos sentidos, el primero sería que el conductor libremente solicite el control al sistema. El segundo sería el sistema que solicita al conductor retomar el control ya que existe una situación que no puede resolver.

En el primero caso, la principal información necesaria es conocer si el conductor está preparado para conducir.

El segundo caso es más complejo ya que influyen varios factores. Es necesario conocer los tiempos de anticipación y reacción del vehículo autónomo. Se debe proporcionar una señal de aviso al conductor y este debe contar con el tiempo suficiente para tomar el control del vehículo.

Existe una gran cantidad de bibliografía y estudios que analizan estas situaciones. En general, en los diferentes estudios se definen dos tiempos críticos:

- TORlt (*take over request lead time*, o tiempo entre aviso y situación crítica)
- TORrt (*take over request reaction time*, o tiempo de reacción del conductor desde aviso)

En los estudios analizados por Eriksson [3] se define la media de estos tiempos en: TORlt = 2.96 s ± 1.96 s y TORrt = 1.14 s ± 0.45 s. La variabilidad de estos tiempos depende de varios factores como la tarea que esté realizando el conductor, el tipo de trazado y la distancia recorrida [4]. Además, se observa que el tiempo de reacción se incrementa a medida que el conductor recorre más distancia y aumenta su confianza en el sistema [5]. Para mantener las habilidades y el nivel de atención del conductor se propone que asuma periódicamente el control manual del vehículo [6].

Una vez el conductor retoma el control del vehículo (accionar pedales o agarrar volante), es necesario un “tiempo de transición cómodo” para estabilizar la conducción manual y retomar la atención total a la conducción desde el cambio de automático a manual, el estudio de Merat y equipo [7] sugiere que este tiempo son 40 segundos.

3.1.2. Tecnologías en el volante en la detección del cambio de conducción autónoma a manual a partir del nivel tres

A partir del nivel tres de automatización es necesario conocer si el conductor está preparado para retomar la conducción manual. El volante es, junto con los pedales, el elemento con el que interacciona el conductor y le permite gobernar el vehículo.

El objetivo de los avances en los volantes del futuro es precisamente este, conocer el estado del conductor y proporcionarle información sobre el modo de conducción. Las principales tecnologías que están siendo investigadas, están en desarrollo o en sus primeras fases de producción son:

- Sensor de medición de fatiga. Esta tecnología consiste en una serie de sensores capacitivos unidos entre si colocados en el aro del volante debajo del cuero. La principal función es conocer la posición de la mano y medir la fuerza de agarre del volante para poder estimar la fatiga del conductor con un método no invasivo [8].
- Monitorización cardíaca del conductor. La idea es similar a la anterior, poder conocer a través del aro del volante el ritmo cardíaco del conductor. Esta tecnología tiene que lidiar con las señales de ruido del vehículo [9].
- Sensor de posición de manos. Este sensor capacitivo situado en el aro del volante permite saber si el conductor está agarrando el volante y en qué zonas [10].



Fig. 7. Luces de aviso en aro de volante Cadillac CT6.

- Tecnología *steer by wire* (conducción por cable). Esta tecnología consiste en desacoplar el volante de la columna de dirección y transmitir la señal del movimiento del volante a la misma de forma electrónica. De esta forma los esfuerzos de giro y movimientos del volante pueden reducirse o programarse a demanda y confiere mayor libertad en cuanto a la colocación y alineación de las piezas.
- Luces y pantallas: se dota al volante de luces o pantalla cuyo fin puede ser decorativo o de seguridad. Un ejemplo serían las luces que presenta el Cadillac CT6 que sirven para informar al conductor de cuándo debe retomar el control manual del vehículo, Fig.7.

4. VEHÍCULOS SIN VOLANTE NI PEDALES

Una vez alcanzado el nivel cuatro de automatización, los controles del vehículo para la conducción del ocupante pueden no estar presentes (volante y pedales). Esto dependerá del fabricante, la ley vigente la opinión pública. Existe una gran cantidad de bibliografía que analiza las opiniones, ventajas y desventajas que los usuarios perciben de la conducción autónoma.

4.1. Aceptación de los usuarios

En la encuesta de 1578 participantes realizada en Australia, Reino Unido y los Estados Unidos obtiene las siguientes conclusiones [11]:

- La mayoría de las personas había oído hablar previamente del vehículo autónomo.
- La mayoría de las personas muestra altos niveles de preocupación con cuestiones relativas a la seguridad, la privacidad y la interacción con vehículos no autónomos
- La mayoría de las personas no pagaría más dinero por tener un coche autónomo que el que pagaría por un coche actual.

La tabla 2, extraída de esa misma encuesta muestra que los usuarios son muy susceptibles (hasta un 80%) de subirse a un vehículo sin controles para el conductor.

La tabla 3 muestra los resultados de la encuesta realizada a 370 en Estados Unidos [12]. Se observa que la mayoría (un 65%) de los encuestados disfruta conduciendo, pero casi la mitad de ellos (un 45%) prefieren no ser el conductor a la hora de viajar en coche.

Tabla 2. Respuestas a cuestionario de [11]

Preocupación	Respuesta	Estados Unidos (%)	Reino Unido (%)	Australia (%)	Media total
Montar en un vehículo sin controles del conductor disponibles	Muy preocupado	60.1	51.8	51.0	54.3
	Moderadamente preocupado	25.7	26.2	27.4	26.4
	Ligeramente preocupado	10.4	14.6	14.5	13.2
	Nada preocupado	3.8	7.4	7.1	6.1

Tabla 3. Respuestas a cuestionario de [12]

Afirmación	Muy de acuerdo (%)	De acuerdo (%)	Neutro (%)	En desacuerdo (%)	Muy en desacuerdo (%)
Me gusta conducir	27	38	20	8	7
Si tuviera la oportunidad, preferiría ir en coche sin ser el conductor	23	31	16	16	13

4.2. Marco legal

Hoy en día, la mayoría de países están estudiando y redactando sus propios marcos legales para regular el uso de los vehículos autónomos.

Estados Unidos lidera el desarrollo y las pruebas de estos vehículos. En Estados Unidos está permitido circular con vehículos autónomos en ciertos lugares, como California o Nevada. En Europa, el primer país en regular las pruebas de circulación es Alemania, que ya permite la circulación de vehículos autónomos siempre que haya un volante y un conductor de respaldo que esté pendiente en todo momento de la conducción. Además, el coche tiene que estar provisto de un sistema que grave durante seis meses en que instantes el control del vehículo es autónomo o manual. El resto de países de Europa están desarrollando sus propias regulaciones para la entrada del vehículo autónomo.

4.3. Intención de los fabricantes

Actualmente, la mayoría de los fabricantes están circulando con prototipos de coches autónomos. Algunos de ellos como General Motors proponen eliminar el volante y los pedales de los vehículos autónomos a partir del nivel cuatro. Audi apuesta por vehículos autónomos de lujo como el Audi Aicon en el que no habrá pedales ni volante. Por otro lado, Daimler propone coches sin volante para transporte público.

Otros fabricantes como Ford están desarrollando volantes escamoteables que permitan la conducción cuando el usuario lo requiera pero que puedan liberar espacio en caso de no ser necesarios. Este volante podría ser un extra en ciertos vehículos. Fabricantes como PSA no han declarado sus intenciones y continúan investigando sus capacidades.

Renault o Kia, sin embargo, presentan prototipos de coche autónomo de nivel cuatro que si llevará volante. Mazda apuesta por la conducción manual con volante y un modo autónomo que se accionará por seguridad cuando el conductor cometa un error o tenga una emergencia médica. Ferrari propone vehículos

con volante en los que el usuario pueda decidir entre activar el modo autónomo conducirlos manualmente.

5. DISEÑOS DE VOLANTE EN EL FUTURO

A continuación se recopilan los diseños conceptuales de volantes para vehículos autónomos presentados por marcas y fabricantes en los últimos salones del automóvil. Estos diseños nos dan indicaciones de como el fabricante prevé que evolucione el producto.

Los diseños presentados se dividen en tres categorías: volantes fijos, volantes escamoteables o retractables y otro tipo de volantes.

5.1. Volantes fijos

La Fig. 8 muestra el concepto de volante que Nissan propone para su vehículo autónomo Xmotion. Este vehículo se presenta a nivel global en el salón de Detroit 2018. El volante es monobrazo, y el aro está cortado en la parte superior. El cambio de conducción autónoma a manual se produce en el botón central del volante.

ZF presenta en CES Las Vegas 2017 el volante de la Fig. 9. Se trata de un volante monobrazo con una pantalla frontal. La novedad además de la pantalla es el control gestual, que permite realizar diferentes



Fig. 8. Nissan Xmotion.



Fig. 9. Volante gestual de ZF.



Fig. 10. Volante Neonde zForce Drive de Autoliv.

funciones que hoy en día están situadas en los botones del volante en diferentes áreas del aro del volante mediante pequeños golpes.

Autoliv, uno de los mayores fabricantes de volantes presenta en CES Las Vegas 2017 el volante Neonde zForce Drive, Fig. 10. La principal novedad de este volante es que posee luces a lo largo del aro del volante. Cuando se tocan estas luces se realizan diferentes funciones que hoy en día están situadas en los botones del volante. También sirven para indicar el modo de conducción del vehículo según el color que posean.

5.2. Volantes escamoteables

En marzo de 2016 BMW presenta el concepto de vehículo autónomo para el futuro. La Fig. 11 muestra el volante retractable de este vehículo. La filosofía detrás de este volante es dejar el mayor espacio posible al conductor cuando el vehículo esté en modo autónomo retrayendo la parte central y juntando las asas y desplegándolas cuando el conductor decida usar el vehículo de forma manual.



Fig. 11. BMW Vision Next 100 concept.

En 2016 la empresa Artefact Group presenta el concepto de volante retractable de la Fig. 12. Es un volante de aro redondo y monbrazo en el que la parte central es una pantalla fija en la que muestran datos como la velocidad del vehículo. Cuando el usuario decide retomar el control del vehículo debe pulsar la pantalla central y el aro del volante se desplegará.

La Fig. 13 muestra el concepto de volante desarrollado por Volkswagen para su microbús eléctrico ID Buzz presentado en el salón de Detroit de 2017. El volante es una estructura maciza interactiva y retractable. Las luces cambian de color según el modo de conducción que esté activado. El logo y el tipo de marcha también están iluminados.

La Fig. 14 presenta otro concepto de volante desarrollado por Nissan. Es un volante que funciona a través de la tecnología *steer by wire*. Es retractable, gira 180° para introducirse en el salpicadero y mostrar una pantalla. Para activar el modo autónomo es necesario presionar el logotipo de la marca iluminado.

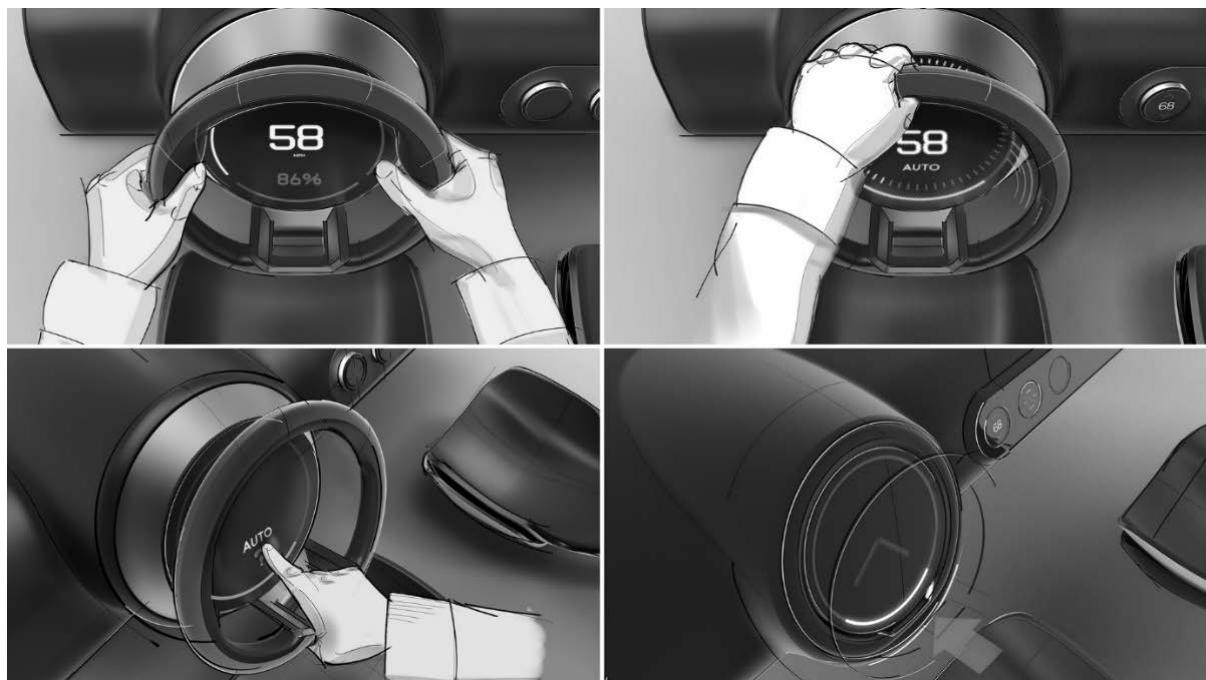


Fig.12. Concepto de volante retractable desarrollado por Artefact Group.



Fig. 13. Concepto de volante Volkswagen ID Buzz.



Fig. 14. Concepto de volante para el Nissan IDS.



Fig. 15. Malcolm Sayer, concepto de volante de Jaguar.

5.3. Otro tipo de volantes

La Fig. 15 presenta a Sayer, el concepto de volante desarrollado por Jaguar en 2017. Sayer es un volante extraíble que se guarda en casa. El volante posee micrófonos, altavoces e inteligencia artificial; funciona como un asistente personal. El volante posee iluminación en la zona del aro en la que muestra información como la velocidad del vehículo.

La siguiente imagen, la Fig. 16, muestra el concepto de volante desarrollado por TRW para vehículo autónomo en 2014. La peculiaridad de este volante es que se desplaza horizontalmente a lo largo del salpicadero lo que permite ganar espacio cuando la conducción es autónoma.



Fig. 16. Concepto de volante desarrollado por TRW en 2014.

6. CONCLUSIONES

La conducción autónoma es una realidad hacia la que tienden la mayoría de los fabricantes de automóviles. Los vehículos que se fabrican ahora mismo ya poseen ayudas a la conducción de nivel dos-tres. En pocos años, los coches totalmente autónomos estarán disponibles en el mercado y todos los ocupantes tendrán la función de pasajeros. Este cambio de responsabilidades abre las puertas a una nueva distribución interior de los vehículos, mucho más flexible y cómoda para los ocupantes.

El objetivo de este trabajo es vislumbrar el futuro del volante en el coche autónomo. A partir del nivel cuatro de conducción autónoma se debate si es necesario mantener el volante o no. Los detractores opinan que ocupa un espacio valioso y que es necesario resolver la problemática del cambio de conducción automática a manual. Sin embargo, los partidarios de mantenerlo sostienen que el vehículo debe tener un modo de conducción manual disponible para generar seguridad en los ocupantes y reclaman la conducción manual como una afición.

Los diseños de volante de vehículos de concepto muestran volantes con geometrías muy diferentes a las que conocemos hoy en día; son volantes escamoteables, iluminados e interactivos. En cuanto a las tecnologías de los diseños de volante del futuro, destacan la desconexión del volante a la columna de dirección, *steer by wire*, y la monitorización activa del conductor.

REFERENCIAS

- [1] Fleming, W., Fleming, W.J., “Forty-Year Review of Automotive Electronics”, September 2015, 80–90 (1974)
- [2] Moravcik, L., Jaskiewicz, M., “Intelligent Safety Vehicle Systems”, *Autobusy*, 106–115 (2016)
- [3] Eriksson, A. Stanton, N.A., “Takeover Time in Highly Automated Vehicles : Noncritical Transitions to and From Manual Control”, *Human Factors*, 59(4), 689–705 (2016)
- [4] Dixit, V.V., Chand, S., Nair, D.J., “Autonomous Vehicles : Disengagements, Accidents and Reaction Times”, *PLoS One*, 1–14 (2016)
- [5] Payre, W., Cestac, J., Delhomme, P., “Fully Automated Driving : Impact of Trust and Practice on Manual Control Recovery”, *Hum. Factors*, 58, 229–241 (2013)

- [6] Casner, S.M., Hutchins, E.L., Norman, D.O.N., “The Challenges of Partially Automated Driving”, *Comun. ACM*, 59(5), 70–77 (2016)
- [7] Merat, N., Jamson, A.H., Lai, F.C.H., Daly, M., Carsten, O.M.J., “Transition to manual: Driver behaviour when resuming control from a highly automated vehicle”, *Transp. Res. Part F Psychol. Behav.*, 27, 274–282 (2014)
- [8] Baronti, F., Lenzi, F., Roncella, R., Saletti, R., Elettronica, I., “Distributed Sensor for Steering Wheel Grip Force Measurement in Driver Fatigue Detection”, 894–897 (2009)
- [9] Pinto, J.R., Cardoso, J.S., Lourenço, A., Carreiras, C., “Towards a Continuous Biometric System Based on ECG Signals Acquired on the Steering Wheel”, *Sensors*, 17, 1–14 (2017)
- [10] Mühlbacher-karrer, S. et al., “A Driver State Detection System - Combining a Capacitive Hand Detection Sensor With Physiological Sensors”, 66(4), 624–636 (2017)
- [11] Schoettle, B., Sivak, M., “A survey of public opinion about autonomous and self-driving vehicles in the U.S., the U. K. and Australia”, Ann Arbor, University of Michigan (2014)
- [12] Lustgarten, P., Le Vine, S., “Public priorities and consumer preferences for selected attributes of automated vehicles”, *J. Mod. Transp.*, 26(1), 72-79 (2018)

THE STEERING WHEEL ON THE AUTONOMOUS VEHICLES

Abstract – The fully autonomous driving vehicle will be soon on the market and all the occupants will be passengers. The interior distribution of the vehicle will be more comfortable and flexible for the occupants. The objective of this paper is to envision the future of the steering wheel on the autonomous driven car. There are two conflicted views regarding its need. Future trends of this component are presented on this paper.

Keywords – Steering wheel, Retractable, Autonomous driving, Self-driving.

