

# **Aplicación de simuladores en la formación de los conductores**

**José M<sup>a</sup> Pardillo Mayora**

Profesor Titular

**Rafael Jurado Piña**

Profesor Titular de Universidad (i)

Departamento de Ing. Civil Transportes, Universidad Politécnica de Madrid, España

## **RESUMEN**

Los simuladores de conducción permiten reproducir el proceso de conducción en un vehículo en un entorno virtual. Los simuladores se emplean en la formación de los conductores de distintas categorías: conductores noveles, perfeccionamiento de conductores profesionales, conductores discapacitados y conductores de edad avanzada. En la comunicación se sintetizan los resultados obtenidos en el marco de la Red de Excelencia HUMANIST (HUMAN centred design for Information Society Technologies) del VI Programa Marco de I+D de la Unión Europea en el que se han estudiado las condiciones para lograr una la aplicación eficaz de los simuladores en el proceso de formación de los conductores.

## **1. COMPONENTES DE LOS SIMULADORES DE CONDUCCIÓN**

Un simulador de conducción es un sistema compuesto por un conjunto de componentes físicos y de programas informáticos que permite que un conductor real realice el proceso de conducción en un vehículo que circula por un entorno viario simulado. Para el buen funcionamiento de un simulador de conducción es esencial que el conductor esté inmerso en el ambiente virtual de la simulación. Los componentes de los simuladores son los siguientes:

- a) Cabina. La cabina puede estar constituida por el chasis completo o la mitad delantera de un vehículo real o por una consola que reproduce el asiento y la parte delantera del vehículo. Existen simuladores que permiten montar distintas cabinas de diferentes tipos de vehículos.
- b) Dispositivos de mando y accionamiento del vehículo. Los principales dispositivos de mando son el volante, el acelerador, el freno y el cambio de marchas. Los sistemas de control del vehículo deben reproducir el funcionamiento de los de un vehículo real. El accionamiento del volante debe suponer un cambio de la dirección del vehículo en la simulación igual a la que se produciría en la realidad. De la misma forma las reacciones del volante, el acelerador, el freno y el cambio de marchas deben producir reacciones

simuladas de la misma magnitud de las que se producirían en la realidad.

- c) Dispositivos de simulación del movimiento. Hay simuladores que están sustentados por una plataforma fija, con lo que la simulación del movimiento del vehículo es exclusivamente visual y se logra a través del sistema de generación de entornos gráficos. Otros simuladores están soportados por una plataforma móvil con un sistema de accionamiento hidráulico que permite reproducir las aceleraciones que experimenta la cabina del vehículo en movimiento. Los más simples reproducen únicamente los movimientos de vibración con un grado de libertad. La complejidad aumenta a medida que se incorporan grados de libertad.
- d) Dispositivos de creación de imágenes. El sistema de imagen permite reproducir el entorno visual de la carretera a través de la proyección en pantallas o monitores. El ángulo de visión de que dispone el conductor en la simulación es uno de los puntos más importantes a la hora de conseguir realismo en la reproducción de la conducción, especialmente en lo que se refiere al ángulo de visión horizontal. Hay simuladores que presentan un ángulo de visión horizontal superior o igual a  $180^\circ$ , que es un campo de visión suficientemente amplio. En relación con el ángulo de visión vertical debe ser al menos de  $40^\circ$ . El sistema de proceso de imágenes determina las imágenes proyectadas en cada instante por cada uno de los componentes del sistema de imágenes. Los simuladores más simples generan escenarios estáticos, mientras que los sistemas más avanzados ofrecen la posibilidad de inclusión de otros vehículos en movimiento. El paso de integración para la generación de los escenarios gráficos suele ser de 4 milésimas de segundo.
- e) Dispositivos de generación de sonidos. El sistema de sonido de un simulador debe transmitir al conductor una información acústica que proporcione un nivel suficiente de realismo que permita una mejora cualitativa de la inmersión del conductor en el ambiente simulado, y en consecuencia, propiciar una simulación más eficaz. Algunos de los tipos de sonido reproducidos por el sistema son los originados por el motor, los neumáticos, otros vehículos, la radio, la lluvia y otras condiciones atmosféricas, etc.
- f) Sistema de proceso de datos y control del sistema. Constan de un ordenador o conjunto de ordenadores que realizan todos los procesos informáticos necesarios para que los modelos de simulación funcionen, que los sistemas de accionamiento de los componentes físicos actúen y que los datos de funcionamiento del simulador sean registrados. En los sistemas más complejos hay un servidor central del proceso y una serie de ordenadores personales conectados en red local que procesan distintos modelos: sonido, gestión de escenarios de simulación y generación de imágenes, modelo dinámico, accionamiento de mandos y cálculo de posición y trayectoria, captura y proceso de datos.

El modelo dinámico de movimiento del vehículo determinan en cada instante la posición del vehículo y calculan las condiciones dinámicas de su desplazamiento (velocidades, aceleraciones, giros, esfuerzos en el contacto rueda-pavimento), con ello proporcionan la información necesaria para el accionamiento del sistema mecánico y para el registro de los parámetros de movimiento del vehículo.

El modelo de tráfico genera y controla el movimiento de los vehículos que aparecen en la simulación como parte del flujo de tráfico en el que se encuentra inmerso el vehículo del simulador de conducción. El modelo de tráfico puede ser simple, limitándose a insertar vehículos con una determinada secuencia preestablecida con velocidades constantes, o avanzados, en los que la secuencia de inserción de los vehículos responde un proceso estocástico, y sus variables de movimiento son controladas por modelos que reproducen el comportamiento real del flujo circulatorio.

- g) Programas de registro y post proceso de datos de la simulación. Registran los parámetros de actuación del conductor y de movimiento del vehículo durante la simulación y permiten analizarlos posteriormente para evaluar el desempeño de los conductores durante la conducción simulada.

### **3. GAMA DE SIMULADORES**

En el Marco de la Red de Excelencia HUMANIST se llevó a cabo un inventario de los principales simuladores existentes en Europa (Pardillo, 2004). Los simuladores existentes en la actualidad en el mercado se clasificaron en las siguientes categorías:

- a) Simuladores de plataforma fija o móvil de hasta 3 grados de libertad sin cabina.

Diseñados para su uso en autoescuelas. Están controlados por un ordenador personal integrado en la consola del simulador. Las distintas alternativas de sistemas de imagen constan de monitores o pantallas de hasta 2,00 m de ancho que ofrecen un ángulo de visión horizontal de hasta 180°. Su plataforma hidráulica simula los esfuerzos longitudinales, laterales y rodadura. Al finalizar un escenario se edita una evaluación de la conducción que puede verse en pantalla y almacenarse en el disco duro del simulador para su posterior uso junto con el nombre de los conductores.

- b) Simuladores con cabina y plataforma de 6 grados de libertad. Estos simuladores incluyen un coche completo o su mitad delantera rodeada por un sofisticado sistema de proyección y un sistema de movimiento para proporcionarle un movimiento real. El realismo extra es proporcionado efectos de sonido del vehículo, carretera y ruido del tráfico. El sistema de simulación permite representar escenarios con características y efectos reales para experimentar las reacciones de los conductores con seguridad y en condiciones controladas. Los simuladores se emplean en investigaciones de seguridad vial, del deterioro del conductor y de sistemas de transporte inteligente.

#### c) Simuladores de camiones y autobuses

En los simuladores de camiones y autobuses la cabina se modifica para conseguir una posición del asiento más elevada, una mayor anchura y una dinámica de conducción más lenta en correspondencia con un mayor peso del vehículo. Se modifican también el sistema de sonido para reproducir el ruido del motor y el modelo de cambio de marchas. En los camiones los simuladores de software contemplan la representación de un remolque. Se instalan también sistemas de visión de alta resolución, monitores para retrovisores y sistemas de movimiento para la simulación lateral, longitudinal y las fuerzas de aceleración. Se emplean principalmente en centros de preparación de conductores profesionales.

## **4. PLANTEAMIENTO DE LA FORMACIÓN DE CONDUCTORES**

### **4.1 Marco cognitivo**

La formación de los conductores debe incluir una parte teórica y otra práctica, que deberían permitir que el estudiante adquiriera las habilidades necesarias para realizar las tareas de conducción. Los programas de formación se basan en unas hipótesis sobre el proceso cognitivo de los conductores. Una premisa común es que este proceso está estructurado en tres niveles jerárquicos – estratégico, táctico y operativo- que fueron descritos por Keskinen (1996) a partir de un desarrollo anterior realizado por Michon (1985 y 1989).

Con esta base, el proyecto europeo GADGET estableció un marco teórico en el que se establecen las áreas de competencias a las que se debe orientar el proceso de formación de los conductores (Hattaka et al., 1999). Se estableció así el marco de Objetivos para la Educación de los Conductores (OEC), que comprende dos dimensiones. La primera incluye los tres niveles jerárquicos mencionados anteriormente y otro adicional, que se denomina “objetivos de vida y habilidades para vivir” y se basa en la premisa de que el estilo de vida, el entorno social, el género, la edad, el nivel de renta, etc. influyen en el comportamiento y las actitudes de los conductores. Esta segunda dimensión recoge la influencia en el proceso de las motivaciones y tendencias individuales de una perspectiva más amplia que el simple desarrollo de la tarea de la conducción.

El marco OEC incluye una segunda dimensión que está constituida por tres objetivos de la formación: conocimientos y habilidades para la conducción, factores de riesgo y aptitudes para la auto-evaluación. Los conocimientos y habilidades son los que un conductor precisa para conducir en las diferentes condiciones posibles. Los factores de riesgo son aquellos aspectos de la conducción que influyen en el riesgo de que se produzca un accidente, tales como la percepción correcta de las situaciones de circulación, la adaptación de la velocidad y el nivel de asunción de riesgo. La capacidad de autoevaluación incide en cómo el conductor es capaz de apreciar su rendimiento en los cuatro niveles de comportamiento, de

forma que sea capaz de efectuar una evaluación crítica de sus capacidades de manejar el vehículo teniendo en cuenta todos los aspectos que influyen en el proceso.

Estos niveles están relacionados con los de comportamiento influyendo en ellos las condiciones previas para la conducción y el desarrollo de las tareas de conducción. Los programas de formación de los conductores debería incidir en todas las áreas de marco OEC y tratar de las conductas adecuadas asociados con ellos (Gregersen et al., 2001). Sin embargo, el proceso de formación habitual se dirige sólo a los aspectos de maniobra del vehículo y apreciación de las situaciones de la circulación, es decir los incluidos en el nivel de conocimientos y habilidades y, parcialmente, el de factores de riesgo.

## **4.2. Categorías**

### **4.2.1. Conductores noveles**

Los conductores noveles son el grupo de edad con mayor riesgo de accidentalidad. En los países industrializados las tasas de mortalidad de los conductores de 18 a 24 años duplican las de los conductores con edades comprendidas entre los 25 y los 54 años. Los análisis detallados de los accidentes en los que se ven implicados conductores noveles jóvenes apuntan hacia las deficiencias en las denominadas habilidades de orden superior, entre las que están la capacidad percepción y de compensación del riesgo, la autoevaluación y la motivación para conducir de forma segura, y no tanto hacia la falta de destreza básica de conducción.

En su formación, los conductores noveles deberían adquirir conocimiento y habilidades teóricas y prácticas en todos los niveles del marco OEC (Espíe, 2006), ya que los conductores jóvenes tienden a cometer errores en la interpretación de las situaciones de circulación, presentan unas pautas de búsqueda visual poco eficientes y tienen dificultades para adaptar su velocidad y distancia de seguridad a las condiciones del tráfico (Clarke et al., 2005). También tienden a infraestimar el riesgo de que una situación concreta provoque un accidente y a sobre estimar su capacidad para superar situaciones de riesgo (Deery, 1999).

Existen indicios de que la utilización de simuladores de conducción permite acelerar el proceso de aprendizaje. Sin embargo, en la actualidad no existe suficiente conocimientos sobre la retención de las habilidades adquiridas en un simulador y a su transferencia a la práctica real de conducción una vez superado el proceso de formación (Vlakveld, W., 2006).

### **4.2.2. Conductores profesionales**

Los conductores profesionales suelen recibir entrenamiento en la realización de maniobras

de conducción complicadas o difíciles, en la conducción de vehículos especiales. Se han desarrollado simuladores para este tipo de situaciones que suelen incluir escenarios de situaciones de peligro generados por ordenador. En varios países europeos se han integrado simuladores de conducción de camiones y autobuses en los programas de formación de conductores profesionales.

#### **4.2.3 Conductores de edad avanzada y discapacitados**

La aplicación de simuladores a la educación de los conductores de edad se centra en aspectos como la auto-evaluación de las capacidades y limitaciones de los propios conductores y la adaptación de sus pautas de conducción a ellas, evitando la exposición al tráfico real en el proceso de aprendizaje.

Los conductores con discapacidades suelen ser sometidos a prácticas que les permiten asimilar el alcance de sus limitaciones e identificar las situaciones dentro del proceso de conducción en las que pueden encontrar problemas. En este contexto los simuladores pueden resultar muy útiles para facilitar el proceso evitando los riesgos inherentes a las prácticas realizadas con tráfico real (Rizzo et al.,2002). Además, los simuladores facilitan la realización de prácticas para el aprendizaje del manejo de los dispositivos de adaptación de los mandos del vehículo para conductores discapacitados en condiciones seguras.

### **5. CONCLUSIONES**

A pesar de su utilización cada vez más frecuente, son todavía escasos los estudios de evaluación de los resultados de la formación de conductores con simuladores. El grupo de trabajo G de la red Humanist sintetizó los resultados de las investigaciones que se han llevado a cabo sobre la eficacia de los simuladores como herramienta para la formación de conductores llegando a la conclusión de que todavía no existe suficiente evidencia sobre la retención y la transferencia de las habilidades adquiridas en las prácticas en simuladores como para evaluar sus efectos sobre las prestaciones de los conductores en la conducción real tras el período de formación (Pardillo et al., 2007). Sin embargo, los resultados existentes indican que la aplicación de simuladores sí produce efectos positivos en aspectos concretos (Dolan et al., 2003; Parkes y Reed, 2005).

La eficacia de la formación de los conductores depende del grado en que los sujetos sean capaces de aplicar los conocimientos, las habilidades y las actitudes aprendidas en el entorno simulado a la conducción real. Esto significa que la formación resulta eficaz cuando se produce una transferencia de la práctica en simulador a la conducción real. Para ello se establecieron las siguientes recomendaciones en cuanto a la forma de incorporar las prácticas en simuladores al proceso de conducción (Pardillo, 2008):

- El currículo de los programas de formación debería cubrir todos los niveles del marco GDE.
- Con el fin de facilitar la adquisición de habilidades de conducción sin aumentar en exceso la autoconfianza de los conductores en formación, las prácticas en simulador no deben centrarse exclusivamente en el dominio de la técnica de maniobrar el vehículo. El proceso debe incluir ejercicios en los que los conductores noveles puedan fallar para que adquieran la capacidad de evaluar sus limitaciones de forma realista.
- La formación de los conductores noveles debería incorporar enseñanzas sobre el uso adecuado y seguro de los dispositivos ITS de ayuda a la conducción. Las técnicas de grupos de discusión y de trabajo combinadas con prácticas en simulador y ejercicios multimedia pueden ser procedimientos adecuados para facilitar la asimilación de los problemas específicos que puede plantear la utilización de los dispositivos ITS.
- El aprendizaje de estrategias de conducción seguras sólo resulta eficaz si el proceso de formación incluye los aspectos de motivación y auto-evaluación. Los conductores en formación deben recibir una información detallada y completa de sus actitudes, percepción del riesgo y tendencias personales durante las prácticas.
- Para la preparación de los conductores discapacitados y de edad avanzada es necesario desarrollar escenarios específicos destinados a cubrir sus necesidades y circunstancias particulares.

## REFERENCIAS

CLARKE, D. et al. (2005): *Voluntary Risk Taking and Skill Deficits in Young Driver Accidents in the UK*. Accident Analysis and Prevention 37:3, pp. 523-529. Elsevier, Londres.

DEERY, H. (1999): *Hazard and Risk Perception Among Young Novice Drivers*. Journal of Safety Research, Vol 30, No 4.

DOLAN, D. et al. (2003): *Simulator training improves driver efficiency: transfer from simulator to real world*. Proceedings of Second International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle design, Park City, Utah, EEUU.

ESPIÉ, S. (2006): *Training novice driver: toward cognitive training*. Proceedings of the Conference on European guidelines for the application of new technologies for driver training and education. Humanist NoE, Madrid.

KESKINEN, E. (1996): *Why do young drivers have more accidents?* Referate der Esten Interdisziplinären Fachkonferenz 12-14. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen. Mensch und Sicherheit, Heft M 52, Alemania

GREGERSEN, N.P. et al. (2001): *Driving simulator scenarios and requirements – Deliverable D4.1 GRD1-1999-10024 – UE TRAINER Project System for driver Training and Assessment using Interactive Evaluation tools and Reliable methodologies*, Bruselas.

HATTAKA, M. et al. (1999): *Results of EU- Project GADGET, WP3*, Bruselas.

MICHON, J.A.(1985): A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do? En: Evans, L. and Schwing, R. (Eds.) *Human Behavior and Traffic Safety*. Plenum Press, Nueva York, EEUU.

MICHON, J. A. (1989): *Explanatory Pitfalls and Rule-Based Driver Models*. Accident Analysis and Prevention, Vol 21, pp. 341-353. Elsevier, Londres.

PARDILLO J.M. et al. (2004): *Inventory of existing simulation and multimedia tools for driver training and education*. Humanist deliverable G1 GUPM-041018T1-DA(2) . Humanist NoE, Lyon, Francia.

PARDILLO J.M. et al. (2006): *Guidelines for the development of a European driver training and education tool*. Humanist deliverable G4 GUPM-061030T1-AB. Humanist NoE, Lyon, Francia.

PARDILLO, J.M. (2008): A human factor-based approach for the effective use of driving simulators and e-learning tools in driver training and education. En C. Brusque (ed.) *Proceedings of the European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems*, ISBN 978-2-9531712-0-4. Humanist Publications, Lyon (Francia).

PARKES, A. y REED, N. (2005): *Fuel Efficiency training in a full-mission simulator*.

Behavioural Research in Road Safety Fifteenth Seminar, Department for Transport,

Londres. RIZZO, M. et al. (2002): *An abstract virtual environment tool to assess decision-making in impaired drivers*. En J. D. Lee, M. Rizzo & D. V. McGehee (Eds.), Proceedings of the Second International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training, and Vehicle Design. Iowa City, EEUU.

VLAKVELD, W. (2006): *What does educational psychology tells us and what are the implications for simulator training?* Proceedings of the Conference on European guidelines for the application of new technologies for driver training and education. Humanist NoE, Madrid.