

# ¿Conducen bien los buenos conductores en un simulador de conducción?

Pedro Valero Mora  
Instituto de Tráfico y Seguridad Vial  
Facultad de Psicología  
Universitat de València  
963393880  
valerop@uv.es

Mar Sánchez García  
Instituto de Tráfico y Seguridad Vial  
Facultad de Psicología  
Universitat de València  
963393880  
mmsanche@uv.es

Ignacio Pareja Montoro  
Instituto de Tráfico y Seguridad Vial  
Facultad de Psicología  
Universitat de València  
963393880  
ipareja@uv.es

Jaime Sanmartín Arce  
Instituto de Tráfico y Seguridad Vial  
Facultad de Psicología  
Universitat de València  
963393880  
sanmarta@uv.es

Inmaculada Coma  
Instituto de Robótica  
Universitat de València  
963393880  
Inmaculada.coma@uv.es

## ABSTRACT

Este estudio forma parte de una serie de trabajos dedicados a proporcionar validación al simulador de conducción EVICA como herramienta de investigación. El simulador de conducción EVICA permite evaluar la conducción que realizan individuos en varios escenarios de realidad virtual. Estos escenarios incluyen una serie de “situaciones”, momentos que presentan algún tipo de dificultad o riesgo para la conducción que han sido determinados a partir de la literatura sobre conducción defensiva, ante los cuales los sujetos supuestamente deberían responder con maniobras de evitación o anticipación para intentar evitar posibles accidentes. Este tipo de maniobras evasivas son consideradas normales entre conductores experimentados y es de esperar que el simulador de conducción les ofrezca un entorno suficientemente realista como para que también las realicen en él.

## Keywords

Simulación de conducción, realidad virtual, validación, medición de comportamiento del conductor, evaluación de conducción.

## INTRODUCCION

En el proyecto EVICA se plantea la utilización de un simulador de conducción para evaluar y asesorar conductores [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Esta evaluación se centra fundamentalmente en dos niveles, el de control o manejo del vehículo y el táctico o de toma de decisiones. Este objetivo se lleva a cabo mediante la utilización de un recorrido simulado que los conductores tienen que seguir y

Se concede el permiso para la reproducción digital o impreso total o parcial de este trabajo sin contraprestación económica únicamente para la utilización personal o en clase. En ningún caso se podrán hacer o distribuir copias de para su explotación comercial. Todas las copias deben de llevar esta nota y la información completa de la primera página. Para cualquier otro uso, publicación, publicación en servidores, o listas de distribución de esta información necesitará de un permiso específico y/o el pago correspondiente.

dentro del cual se encuentran una serie de situaciones potencialmente peligrosas extraídas de la literatura científica acerca de seguridad vial. De la ejecución del conductor en el simulador se obtienen una serie de medidas tomadas en momentos concretos a partir de las cuales se puede ofrecer información personalizada y diagnóstico sobre el comportamiento ante situaciones críticas del conductor.

No obstante, las medidas tomadas durante el recorrido en el simulador EVICA no han sido todavía analizadas rigurosamente puesto que éste no había empezado a ser utilizado en situaciones controladas hasta la fecha. El presente estudio supone un primer paso en esa dirección, al aprovechar una muestra recogida durante un curso orientado a fomentar la seguridad vial en una empresa dotada de una gran cultura hacia la seguridad.. Este grupo de sujetos recibía un curso de tres días sobre seguridad vial durante el cual tenían la oportunidad de recorrer el circuito del simulador y obtener un diagnóstico personalizado de su ejecución en aspectos de seguridad vial. La hipótesis de partida es que los sujetos realizarían una conducción muy segura, siempre dentro de los márgenes menos peligrosos y evitando o anticipando muchas de las posibles situaciones críticas diseñadas en el simulador. De este modo, esperamos un comportamiento muy ajustado a los márgenes de seguridad indicados habitualmente en la literatura sobre conducción segura o defensiva y que en la actualidad son los utilizados para producir diagnósticos. Esta evaluación nos permitirá pues decidir si es conveniente mantener esos márgenes o por el contrario revisarlos teniendo en cuenta la evidencia de la ejecución de los sujetos..

El plan de este trabajo es el siguiente. En primer lugar realizaremos una breve descripción de las características técnicas del simulador. A continuación describiremos cada una de las situaciones críticas que incluye el simulador y algunas de las medidas que se toman en cada una de estas situaciones (sólo se mencionarán un número reducido de medidas por razones de espacio). Finalmente, una

sección de conclusiones ofrecerá una discusión acerca de los resultados obtenidos.

## DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR

El simulador EVICA se compone de los siguientes elementos:

- (1) Un Renault Twingo, sin motor, pero que conserva todos sus mandos completos: volante, cambio de marcha, indicadores de dirección, etc. Estos mandos se encuentran sensorizados, de tal modo que al ser accionados envían señales a un ordenador.
- (2) Un ordenador PC que envía las señales del vehículo a un ordenador central Silicon Graphics modelo ONYX 2 Infinity Reality.
- (3) Un ordenador Silicon Graphics que recibe las señales del ordenador PC y construye una simulación gráfica de vehículos desplazándose en un escenario virtual de carreteras. Este ordenador construye las imágenes en tiempo real de tal modo que las acciones del conductor se ven reflejadas en representaciones gráficas correspondientes. Este ordenador envía salidas gráficas a tres proyectores situados en el techo de la sala de proyección.

Las imágenes se proyectan en una pantalla dividida en tres partes que ofrece un campo de visión de 120 grados y que está situada frente al vehículo simulado.

Este simulador ha sido descrito previamente en varios congresos y publicaciones[1, 2, 3, 4].

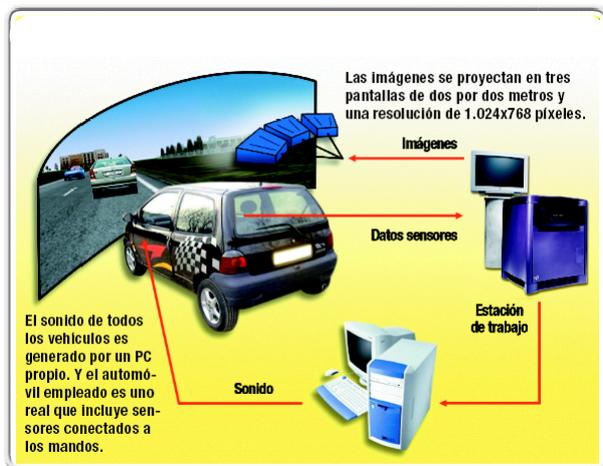


Figura 1 Gráfico explicativo del simulador EVICA

Para la evaluación de la conducción, la estrategia que se sigue es la siguiente. Durante el recorrido que sigue cada conductor se organizan una serie de escenarios o incidentes ante los que el sujeto tiene que realizar una conducta evasiva, a menudo anticipadamente. Puesto que es posible utilizando el simulador de conducción evaluar una gran cantidad de variables (para una descripción de medidas que pueden tomarse con un simulador puede verse la tesis de Donna) acerca del vehículo y su interacción con los otros vehículos simulados, podemos estimar cuándo se ha producido esa conducta evasiva y si ésta ha sido realizada correctamente.

## DESCRIPCIÓN DE LOS ESCENARIOS Y RESULTADOS

En este trabajo se presenta un análisis de una muestra de conveniencia de 37 sujetos pertenecientes a una empresa dotada de un alto nivel de cultura para la seguridad y que pasaron por el simulador como parte de un curso impartido con el objeto de mejorar su comportamiento en relación a seguridad vial. Por lo tanto, consideramos que los sujetos que evaluamos presentan un perfil que les debería llevar a un comportamiento muy correcto en nuestro simulador.

### Escenario 1

El escenario 1 está diseñado para explorar la conducta del sujeto con respecto al mantenimiento de la distancia de seguridad. En esta situación, un camión situado delante de nuestro vehículo circula a una velocidad lenta mientras asciende por un cambio de rasante. Nuestro vehículo está obligado a circular detrás de ese vehículo (no hay posibilidad de adelantarle debido a la señalización tanto horizontal y vertical a la falta de visibilidad por el cambio de rasante y además por haber tráfico denso en dirección contraria). Al final del cambio de rasante hay un vehículo detenido en el arcn por lo que el conductor se ve obligado a realizar una maniobra repentina para esquivarlo. Si la distancia de seguridad mantenida en el cambio de rasante ha sido demasiado pequeña existe peligro de colisión con el vehículo detenido. Esta situación es una reproducción de una situación acontecida realmente con consecuencias trágicas. En este caso, el simulador toma una serie de medidas dirigidas a evaluar si el conductor:

- 1) Mantiene la distancia de seguridad apropiada con respecto al camión.
- 2) Corre el riesgo de tener una colisión con el camión detenido en el arcn.

### Distancia de seguridad

La distancia de seguridad es medida mediante la variable Tiempo de Colisión (tiempo que tardaría el vehículo seguidor en chocar con el vehículo perseguido en caso que éste frenara de manera instantánea tal y como si chocara con un muro de ladrillos). Se considera que un tiempo menor de 1.5 segundos es demasiado bajo y existe alto riesgo de accidente por alcance. En nuestro caso, la medida que se utiliza es el tiempo que los conductores condujeron con un tiempo de colisión excesivamente bajo. Idealmente, este tiempo debería ser cero pero valores bajos de esta variable pueden ser considerados también aceptables. Con respecto a esta medida, 22 de 30 sujetos nunca mantuvieron un tiempo de colisión inferior a 1.5 segundos. Es decir, una gran proporción de sujetos condujeron de modo seguro.

### Distancia lateral en el adelantamiento.

La recomendación habitual desde el punto de vista de la conducción segura es llevar a cabo un adelantamiento o rebasamiento dejando al menos un metro de distancia lateral con

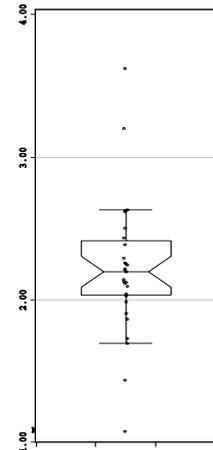
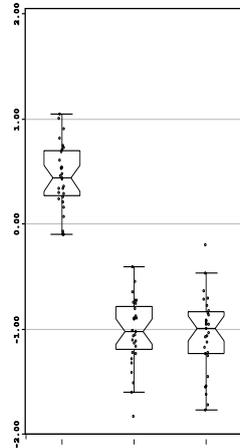


Figura 2 Comportamiento en curvas

respecto al vehículo sobrepasado. La figura 2 muestra que la mediana de la distancia mínima en cualquier momento con respecto al vehículo sobrepasado fue superior a dos metros y que sólo dos sujetos se aproximaron al valor considerado peligroso de un metro.

### Escenario 2

En el escenario 2, el recorrido pasa por tres curvas sucesivas de las cuales la primera y la segunda incluyen dos vehículos que circulan de frente y se aproximan a la línea de separación de carriles. Esta situación es muy común y se asocia con un tipo de accidente considerado como de consecuencias muy graves. En este caso, la medida que utilizamos es la media de la distancia con respecto a la línea derecha del carril en el que el vehículo está circulando durante la curva. En el gráfico de la figura 3 es posible ver que en la primera curva los sujetos mantuvieron una distancia media

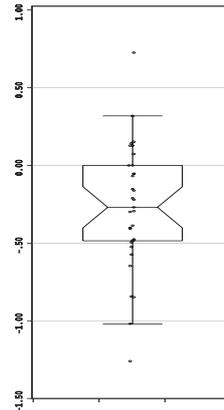


**Figura 3 Comportamiento en curvas**

respecto de la línea lateral en general mayor que cero. En la segunda curva, en cambio, el comportamiento se hizo más prudente, y los conductores invadieron el arcén en general para tomar la curva, aumentando de ese modo la distancia respecto del vehículo circulando de frente. Finalmente, en la tercera curva, ese comportamiento se asemeja bastante al mostrado en la segunda curva.

Conversaciones realizadas con los sujetos tras las pruebas, junto con nuestra experiencia del funcionamiento del simulador nos lleva a la siguiente interpretación. Los sujetos tomaron la primera curva de manera peligrosa fundamentalmente por no estar acostumbrados al funcionamiento del volante. Así, los sujetos actuaron mucho mejor en la segunda y en la tercera curva puesto que el aprendizaje fue relativamente rápido. Posiblemente también ajustaron la velocidad con la que pasaron por la curva. De este modo, la segunda y la tercera curva fueron similares para los sujetos aunque en la tercera no había ningún vehículo circulando frontalmente.

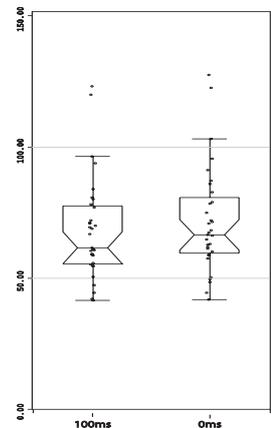
La lectura acerca del comportamiento de los sujetos puede ser considerada como mixta. Aunque en la primera curva los sujetos tuvieron problemas de control, una vez superados estos la conducción se realizó de manera similar en ambos casos, tanto con vehículo frontal como sin él. Mientras que en el caso de la segunda curva esto parece razonable, no lo es para la tercera curva.



**Figura 4 Distancia lateral**

reducir la velocidad puede disminuir sus efectos. los conductores de nuestro tienden correctamente a apartarse de la línea central como temiendo que el vehículo que circula por el carril contrario va a invadir el carril. El gráfico de la figura 4 muestra que en general los conductores invadieron el carril derecho aproximadamente 25 cms como mediana. Una prueba t para comprobar si la media fue inferior a cero dio resultados significativos ( $t=-3.8$ ,  $d.l=32$ ,  $p=0.0003$ )

La figura 5 muestra la velocidad de nuestro vehículo a 100 ms del vehículo que pretende adelantar y la velocidad al pasar junto a él. Una conducta correcta desde el punto de vista de la seguridad vial consistiría en que los sujetos redujeran la velocidad al pasar junto a este vehículo. En nuestro caso prácticamente no hay diferencia de velocidad. .

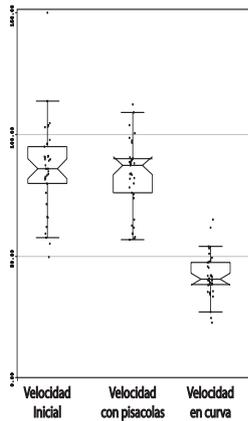


**Figura 5 Reducción de la velocidad**

### Escenario 3

En el escenario 3 nuestro vehículo se desplaza por una recta y por el carril contrario aparece un pelotón de vehículos, de los cuales, uno de ellos parece intentar realizar la maniobra de adelantamiento al vehículo situado en posición frontal. En este caso, la recomendación es intentar reducir la velocidad y acercar nuestro vehículo al lado derecho de la calzada sin salirse de ella. Esta recomendación se basa en que este tipo de accidentes son de enorme peligrosidad y de difícil evitación. Alejarse de la línea central puede evitar en alguna medida el choque frontal y

## Escenario 4



**Figura 6 Reducción de la velocidad**

En este escenario, detrás de nuestro vehículo aparece otro que mantiene una distancia de seguridad excesivamente corta en un tramo recto de carretera. Este tipo de vehículos es denominado “pisacolas” en ocasiones en la literatura sobre conducción defensiva. La recomendación desde el punto de vista de la conducción segura en este caso consiste en tratar de mantener una velocidad constante que invite al vehículo situado atrás a adelantarse. En ocasiones se puede incluso hacer una leve reducción de la velocidad. En cualquier caso, la única reacción que debe ser evitada es la de intentar aumentar

la distancia de seguridad por medio de aumentar la propia velocidad. Esto produce generalmente un efecto adverso, puesto que el vehículo situado atrás aumenta la velocidad para mantener la distancia, lo cual disminuye el intervalo de seguridad. Por otro lado, en nuestro escenario existe una curva peligrosa al final de un tramo recto. Por ello, es necesario mantener una velocidad no demasiado alta durante el tramo recto.

El gráfico de la figura 6 muestra que tanto la velocidad previa a la aparición del pisacolas como la mantenida durante su presencia tiene una mediana muy similar. Ello indica que los sujetos en general no subieron la velocidad durante este tiempo. La velocidad en la curva es inferior tal y como es natural ya que esta tenía un trazado bastante difícil.

## CONCLUSIONES

Una de las cuestiones clave en relación con el desarrollo de sistemas de realidad virtual estriba en la cantidad de realismo que es necesaria para lograr que el sistema sea “real”. Obviamente, lograr la realidad absoluta es prácticamente imposible ya que, incluso aunque la simulación fuera perfecta, siempre estaría el conocimiento subjetivo por parte del usuario de esta realidad virtual que puede matizar lo que por otro lado sus sentidos pueden estar experimentando. En el caso del simulador de conducción, la cantidad de realismo necesaria es aquella que lleva a los sujetos que conducen por él a mantener un comportamiento realista, acorde con los parámetros habituales en la situación real. El objetivo de este trabajo es realizar una validación de este extremo y así comprobar si nuestra muestra de conveniencia se comportaba tal y como se esperaba de ella.

En general, los resultados parecen apoyar que los sujetos evaluados condujeron bien durante el recorrido y se ajustaron al comportamiento aceptable que se esperaba de ellos. Algunas de las excepciones fueron el comportamiento en las curvas cuando no hay un vehículo que circule en sentido contrario (escenario 2) y la reducción de velocidad al cruzarse con un vehículo que parece intentar un adelantamiento enfrente de nosotros (escenario 3). El resto de los comportamientos evaluados mostró ajustarse a lo que se esperaba de los conductores, mostrando que condujeron bien en el simulador.

## RECONOCIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto BSO2002-02220 del Ministerio de Ciencia y Tecnología. Este proyecto ha sido cofinanciado con fondos FEDER. El simulador EVICA ha sido cedido amablemente por el Instituto Mapfre de Seguridad Vial al Instituto de Tráfico y Seguridad Vial de la Universidad de Valencia (INTRAS).

## REFERENCIAS

- [1] Valero, P., Sánchez, M., Coma, I., y Pareja, I. El Simulador de Conducción EVICA para la Evaluación de Discapitados en Congreso Discapacidad y Conducción de Vehículos. Cursos de Verano de Laredo 2001. Libro Dirección General de Tráfico. NIPO: 128-01-147-4.
- [2] Sánchez, M., Valero, P., y Pareja, I. Interfaz de Usuario en el Desarrollo de un Simulador de Conducción en Congreso Interacción ' 2000. I Jornadas de Interacción Persona-Ordenador. Granada 2000. Pág. 208-213.
- [3] Coma, I., Rueda, S., Sánchez, M., y Fernández, M. Interfaz para el diseño interactivo de escenarios para simulación de conducción en Congreso Interacción' 2001. 2º Congreso Internacional de Interacción Persona-Ordenador. Salamanca 2001.
- [4] Pollock, D., Valero, P. y Sánchez, M. Indices de Ejecución en la Conducción en Simuladores de Conducción desde una perspectiva de la Seguridad Vial en Congreso de Ingeniería del Transporte. Valencia 2000. CIT 2000.Vol. 2, pág. 1183-1189.
- [5] Coma, I., Sánchez, M., Pareja, I., y Rueda, S. Simulación de Vehículos para la Evaluación de Conductores en Congreso de Ingeniería del Transporte CIT 2000. Valencia. CIT 2000. Vol.2, pág. 1257-1263.
- [6] Sánchez, M., Valero, P., y Pollock, D. Tecnología del simulador para evaluación de conductores, Apuntes de Psicología, 19 (2001), 29-42.
- [7] Coma, I., Rueda, S., Sánchez, M., y Fernández, M. Diseño interactivo de escenarios para simulación de conducción, Revista de Enseñanza y Tecnología, 22 (2002), 5-12.