

# Un estudio piloto sobre el efecto diferencial de la fatiga por conducción en personas mayores\*

## Effects of fatigue on simulated high speed driving for prolonged periods

Recibido: diciembre 6 de 2010 | Revisado: febrero 14 de 2011 | Aceptado: marzo 2 de 2011

ALEJANDRA HERVÁS\*\*

FRANCISCO TORTOSA

Valencian International University, España

JAVIER FERRERO\*\*\*

CRISTINA CIVERA

Universitat de València, España

### RESUMEN

Hay indicios de que la fatiga, uno de los principales efectos de la conducción prolongada, es más notable en mayores. El presente artículo recoge un estudio sobre el efecto de la conducción prolongada utilizando un simulador, en un grupo de sujetos mayores de 55 años. Los sujetos fueron evaluados médica y psicológicamente antes y después de la prueba de conducción. Se aplicaron las pruebas médicas de tensión arterial, pulso y saturación de oxígeno en sangre y como prueba psicológica, el Driver-Test. Resultados preliminares indican que existe una disminución del rendimiento después de conducir, afectando especialmente la capacidad de toma de decisiones.

#### Palabras clave autores

Seguridad vial, fatiga, personas mayores, conducción prolongada, toma de decisiones.

#### Palabras clave descriptores

Conducción en personas mayores, Driver-Test, mayores de 55 años, fatiga y conducción.

SICI: 1657-9267(201112)10:3<897:EPEDFC>2.3.TX;2-N

Para citar este artículo. Hervás, A., Tortosa, F., Ferrero, J. & Civera, C. (2011). Un estudio piloto sobre el efecto diferencial de la fatiga por conducción en personas mayores. *Universitas Psychologica*, 10 (3), 897-907.

\* Artículo de investigación.

\*\* Valencian International University. C/Gorgos, 5-7. 46021. Valencia, España. E-mail: alejandra.hervas@campusviu.es

\*\*\* Facultad de Psicología. Universitat de València. Avda. Blasco Ibáñez, 21. 46010. Valencia, España.

### ABSTRACT

Some evidences show that fatigue, that is one of the main effects of prolonged driving, can be more evident on elderly people. This work describes a study on the effects of prolonged driving using a driving simulator within a group of individuals older than 55 years. These individuals underwent medical and psychological examinations before and after the driving experience: on the one hand, Blood Pressure and PulseOximetry were monitored and they took the Driver-Test. Preliminary results suggest a decreasing performance after driving, especially affecting decision-making capacity.

#### Key words authors

Road safety, fatigue, elderly people, prolonged driving, decision making.

#### Key words plus

Elderly driving, Driver- Test, over 55, fatigue and driving.

## Introducción y planteamiento

La fatiga consiste en un proceso por el cual un sistema cualquiera va perdiendo la capacidad de respuesta a los estímulos que le transmite una acción determinada; sin embargo, en el contexto de la conducta, la noción es mucho más compleja. Esto se debe a los diferentes matices que se asocian a la fatiga, y las definiciones evidencian la complejidad de este tema dentro del campo de estudio del ser humano. Una posible definición de fatiga sería aquella que la considera como un proceso en el que se van deteriorando la calidad y la precisión, en definitiva la eficiencia, en la ejecución de una acción, simple o compleja, que se produce por una amplia variedad de factores, fisiológicos y psicológicos, que actúan sobre el ser humano, bien combinados o bien de forma aislada, y establece que el grado de manifestación puede estar influido por ciertos factores que la inhiben, la potencian o la modulan, y que no dependen exclusivamente de una dimensión temporal (Dodge, 1982; Dorrian, Roach, Fletcher & Dawson, 2007; Montoro, Carbonell, Sanmartín & Tortosa, 1995).

La aparición de los síntomas de la fatiga tiene su origen en el efecto combinado, de al menos cuatro factores: 1) Características de la tarea (carga de trabajo, nivel de esfuerzo, duración de la jornada, hora de inicio y horario de trabajo, etc.); 2) Características individuales (edad, personalidad, condición física y salud, alimentación, consumo de fármacos y medicamentos, nivel de experiencia, entre otros); 3) Características del entorno o factores medioambientales (monotonía del entorno, nivel de ruido o vibración a la que se esté sometido, temperatura e iluminación, se podrían incluir también algunos otros conceptos que tienen que ver con la ergonomía del lugar en el que se desarrolla la tarea y de las herramientas que se emplean para el desarrollo de la actividad) y 4) Factores sociales (estilo de vida, calidad de vida, situación laboral, precariedad económica, miedo, ansiedad, estrés o las responsabilidades sociales o familiares (Chavarría, 2006).

La fatiga tiene una fenomenología que a un público bien informado y formado le debería bastar

para reconocerla. Son señales que revelan la presencia de la fatiga en la actividad de conducción: la aparición de ciertas alteraciones fisiológicas transitorias, como los cambios corporales, los ajustes de la postura y un cierto patrón o estereotipo de los actos y movimientos como el parpadeo, el pasar de una postura a otra frecuentemente, los cabeceos, el restregarse la nariz constantemente, los estiramientos, etc. Esta constelación, en un segundo momento, se verá enriquecida por otras dificultades que se relacionan con la fluidez de los movimientos, como la falta de flexibilidad, la mayor tensión y la rigidez muscular. Factores todos que tornan las personas vulnerables al error, a la infracción o al desempeño incorrecto (Hervás, Ferrero & Civera, 2010).

La conducción de vehículos es una tarea imprescindible en las sociedades actuales (Pardo, 2005; Tortosa, 2008) que plantea requerimientos especiales, por sus características propias y por la naturaleza del entorno en el que se desempeña: es ambiguo, cambiante a gran velocidad, enmascarador, etc. (Hervás, Ferrero, Civera & Tortosa, 2011). La necesidad de controlar el subsistema vehículo-entorno dentro de unos márgenes legales que hay que conocer y recordar, y la necesidad de estar al menos, en unas condiciones psicofísicas aceptables para ello, convierten la conducción en una actividad de alto riesgo (Lee, 2008; Papadakaki, Kontogiannis, Tzamalouka, Darviri & Chliaou-takis, 2008; Serra & Tortosa, 2003). En principio, demanda un proceso continuo de integración de las áreas cognitiva y motora, y una intensa actividad mental, en la que la rapidez, la coordinación y la precisión de movimientos juegan un papel muy importante (Romero, García-Sevilla, Martínez, Morales & Sánchez-Meca, 1990). Así mismo, requiere un elevado nivel de concentración y vigilancia para poder atender adecuadamente toda una serie de elementos que van desde la captación de información, hasta el procesamiento de esa información y la toma de decisiones (Biggs et al., 2007; Pardo & Burbano, 2007; Tortosa, 2008).

Aunque existe una gran disparidad entre estudios y entre áreas geográficas acerca del papel preciso que la fatiga juega en las colisiones y en las

muertes en la carretera, no parece existir dudas respecto de la existencia de una elevada correlación positiva entre ambas (Zhang, Miao & Gong, 2009). Efectivamente, los informes de investigación tanto de organismos nacionales e internacionales relacionados con la prevención de los accidentes de tráfico, como la investigación básica (fundamentalmente con simuladores), muestran que la fatiga forma parte de ese triángulo de la muerte que tiene como ejes también las sustancias adictivas y la velocidad. De hecho, pese a la disparidad señalada, se le atribuye un destacado papel entre un 17 y un 23 % de los accidentes en las vías de circulación, y todavía un porcentaje mayor, que la aproxima al tercio, en el caso de la conducción profesional. No olvidemos que la fatiga es una de las consecuencias de la conducción prolongada, especialmente si es monótona, y que el problema se agrava cuando existe un entorno que pueda contaminar el ambiente o que resulte nocivo o agresivo como el ruido, la contaminación, la lluvia, la música estridente (en un intento vano de evitar la somnolencia), etc. (Gershon, Ronen, Oron-Gilad & Shinar, 2009).

Esas atribuciones son lógicas, ya que la fatiga reduce los niveles de alerta y vigilancia, la capacidad de concentración y el funcionamiento psicomotor, por lo que cualquier competencia para ejecutar tareas basadas en la atención, como la conducción, se ve gravemente dañada (Lowden, Anund, Kecklund, Peters & Åkerstedt, 2009). Las principales consecuencias que genera la fatiga en el ser humano, se relacionan con el deterioro de la capacidad de funcionamiento y desempeño, que se puede apreciar en la lentificación de la capacidad de reacción a los estímulos que se perciben y, por ende, en el mayor número de fallos y errores que se comenten, así como en una creciente dificultad en la apreciación de los juicios erróneos (Oken & Salinsky, 2007).

De hecho, en el estudio hoy clásico de Parasuraman y Davies (1977) se establecía una distinción crucial para la investigación básica y para la seguridad vial. Los autores señalaron que los errores que se llegan a cometer durante la fatiga, pueden ser por omisión, en el cual un sujeto no percibe adecuadamente los estímulos, o simple-

mente no los percibe, o bien por comisión, que es cuando un individuo está totalmente convencido de que su comportamiento y nivel de desempeño es el correcto y no es conciente de los errores que comete, ambos facilitadores de elevados riesgos. Estos autores añaden también que la fatiga genera una variabilidad en los niveles de funcionamiento y desempeño, debido a una fluctuación de los niveles de atención y vigilancia, fenómeno que se conoce como "labilidad". Este fenómeno facilita que una persona experimente distracciones frecuentes que dificultan atender correctamente a los estímulos que se perciben, pudiendo incluso llegar a presentarse la "fatigabilidad de la atención", que se caracteriza por comenzar con un nivel normal de atención, pero que en periodos muy cortos de tiempo ésta disminuye considerablemente y vuelve a aumentar, es decir, fluctúa demasiado rápido, llegando en pocos minutos a la posibilidad de anularse totalmente, ocasionando que sea prácticamente imposible concentrarse en la actividad (Oken & Salinsky, 2007). Se vinculan dos de los factores más destacados para la prevención, fatiga y distracciones; precisamente las actuales campañas de prevención de la Dirección General de Tráfico española se centran en las distracciones, al considerarlas como la principal causa aislada de la accidentalidad viaria.

Este problema está muy generalizado y es, en particular, acusado en ciertos grupos especialmente vulnerables (Civera, Pastor & Alonso, 2002; Ozcoidi, Civera, López, Serra & Tortosa, 2009; Tortosa, Barjonet, Egido & Civera, 2009), uno de los cuales es el grupo de población que engloba a las personas mayores. En España, según cifras del Instituto Nacional de Estadística (INE), 10.116.465 personas superan los 60 años y las estimaciones para el año 2020 indican que una cuarta parte de la población ya habrá superado los 60 años de edad (INE, 2009). Por edades, el mayor incremento poblacional se produciría en los mayores de 64 años, con un crecimiento estimado para la próxima década 1.290.000 (un 16,9%). De esta forma, en 2019 este grupo de edad pasaría a representar en 19% del total de habitantes en España, frente al 16.6 % que se observa en la actualidad. Ante esta

evolución de la pirámide poblacional de España, la tasa de dependencia mantendrá una continua tendencia ascendente y pasará del 47% al 55% al final de la próxima década. Esto tendrá una incidencia evidente en la población conductora de mayor edad, un grupo, insistimos, especialmente vulnerable a la fatiga en la conducción, y de la que es necesario precisar las causas para prevenirla (Padilla & Padilla, 2008).

Hablamos de 3.621.197 conductores mayores de 60 años, un 15.31 % del censo total de conductores de 23.657.166, de los que un 60 % son hombres (Dirección General de Tráfico [DGT], 2009). Se trata de un grupo que en porcentajes absolutos no sufren muchos accidentes, pero si tenemos en cuenta el número de kilómetros recorridos cada año, ciertamente presentan los índices más altos de siniestralidad vial, junto con los conductores de edades entre los 16 y los 25 años (Zori, Ferrer & Sanmartín, 2009).

Además, en caso de accidente, los ancianos en comparación con los jóvenes tienen menos posibilidades de sobrevivir a un impacto similar (Lowden et al., 2009); inclusive, la probabilidad de sufrir lesiones graves es mayor debido a la pérdida de la masa ósea y al deterioro en los mecanismos fisiológicos de respuesta (Durán, Valderrama, Uribe-Rodríguez & Molina, 2008). Poniendo un caso extremo, a partir de los 80 años los resultados de un accidente pueden triplicar en gravedad a los de un joven de 20 años (Alonso et al., 2004; Zori et al., 2009).

Ante esta perspectiva futura en que cada año habrá más personas mayores conduciendo, se ha planteado un estudio en el cual se induce fatiga a personas mayores de 55 años, mediante la ejecución prolongada en un simulador de conducción. El objetivo es conocer los efectos y las repercusiones que, sobre el deterioro y la recuperación de la capacidad de funcionamiento y desempeño, tienen las principales variables que componen el ejercicio de esta tarea, tal como el tiempo de conducción continua. A partir de esta información, se pretende establecer los criterios que permitan matizar las normas existentes para el control y la regulación de los tiempos de conducción y descanso.

## Método

Se presenta un estudio piloto en el que se contrasta el rendimiento y la condición médica de un grupo de personas mayores de 55 años, antes y después de someterse a una experiencia de conducción prolongada en un simulador. El estudio completo incluye la comparación de los cambios en estas variables entre las personas mayores y una muestra de adultos jóvenes.

## Instrumentos

El trabajo que se presenta se llevó a cabo con la aplicación de los siguientes dispositivos:

### *Simulador de entrenamiento TRAINER*

Dadas las dificultades prácticas de realizar una conducción prolongada en la vía pública, el estudio se llevó a cabo en un Simulador de entrenamiento TRAINER del Instituto de Diseño para la Fabricación y Producción Automatizada de la Universidad Politécnica de Valencia, que registra información referida con los errores de conducción que comete el sujeto, la duración del tiempo que ha conducido y la velocidad a la que circula. Las características que tiene el TRAINER son:

- Estructura: la cabina es abierta y está inspirada en el puesto de conducción de un Ford Focus, con todos los sensores del panel de instrumentos activados. Está incluido un cinturón de seguridad, que no permite iniciar la simulación si no está conectado.
- Pedales y asiento: los tres pedales del freno, acelerador y embrague son los originales del Ford Focus. El pedal de frenos está equipado con un sensor de fuerza de 500 N, para medir la fuerza aplicada durante el frenado. El asiento del conductor permite un movimiento con tres grados de libertad (desplazamiento horizontal, vertical e inclinación), y es original de Ford.
- Sistema de dirección: incluye un *encoder* digital para conocer, en cualquier momento, la posición exacta del volante de la dirección.

- Palancas de cambio y freno de estacionamiento: la palanca de cambios y del freno de estacionamiento son originales de Ford. Generan una señal digital que transmiten al sistema de adquisición de datos y permite la conducción con cambio manual o automático. Si la palanca del freno de estacionamiento está activada, el usuario no puede conducir hasta que la desenganche.
- Sistema de visión: en la versión de medio coste se incluyen tres monitores en total, con un campo de visión de 120\*30° grados. Genera también las imágenes de los espejos retrovisores.
- Sensores y sistema de adquisición de datos: los pedales y la palanca de cambio de velocidades tiene microinterruptores que generan señales digitales para el proceso de almacenamiento de datos. El programa incluye estadísticas sobre los fallos cometidos, las lecciones pasadas y uso del simulador.
- Escenarios: la base de datos actual incluye hasta 50 km de cuatro países. Se puede modificar la superficie de la calzada, el tipo, la curvatura y la fricción. Las condiciones de visibilidad pueden ser lluvia, niebla, nieve, conducción nocturna y por túnel. En la pantalla el usuario puede leer diferentes mensajes sobre alertas (cuando comete alguna infracción), y las colisiones son detectadas para reiniciar el escenario.

#### *Equipo ASDE DRIVER-TEST, TDA-01*

Consta de un instrumento electromecánico informatizado para la evaluación de conductores, conformado por varias pruebas psicológicas o test que posibilitan la evaluación de múltiples dimensiones psicofísicas y de ejecución (Monterde, Docavo, Uranga & Iñesta, 1986).

- Coordinación visomotriz bimanual a ritmo impuesto de ejecución.
- Percepción de la velocidad y anticipación.
- Polirreactímetro (reacciones múltiples y resistencia a la monotonía).

#### *Pruebas médicas*

- Pulsioxímetro PM 50: medidor de índice de saturación de oxígeno en sangre.
- OMRON M6 Comfort: medidor de presión arterial para controlar la evaluación de la presión arterial y el pulso (manguito de presión y *holter*).

#### *Sujetos*

Previamente a la realización de cualquier prueba de investigación, se aplicó un test de tendencia al mareo a unas 80 personas mayores de 55 años, y se descartaron aquellos sujetos con tendencia marcada al mareo cenestésico, para no deteriorar el protocolo de la prueba y maximizar el potencial del simulador.

Para el estudio se reclutó un total de 25 personas, 16 hombres y 9 mujeres, con edades entre los 55 y los 72 años y que continúan conduciendo vehículos a motor.

#### *Procedimiento*

- Primero: se sometió a los sujetos a la evaluación de la presión arterial y el pulso (manguito de presión y *holter*) y la saturación de oxígeno en sangre (con el oxioxímetro), para observar los patrones iniciales antes de ejecutar la prueba.
- Segundo: se llevó a cabo las pruebas estándar del examen regular para conductores en la renovación del permiso de conducir; para ello empleamos una de las baterías homologadas para la aplicación en Centros de Reconocimiento, en concreto el Driver-Test y algunas pruebas del TDA-01 (batería de aptitud perceptivo-motora para conductores y portadores de armas de fuego) (Montoro et al., 1999; Montoro et al., 2000; Tortosa, Carbonell, Chóliz & Civera, 1997).
- Tercero: los sujetos se sometieron a una experiencia de conducción prolongada (de 1h y 20 minutos) en el simulador, que registra la actuación del sujeto durante todo su recorrido. El escenario consistió en un recorrido semiurbano, sin destino, con buen clima y con cambios de estímulos (coches que se cruzaban, frenazos, etc.)

para evitar la monotonía de la prueba. El dispositivo registró la naturaleza de los errores cometidos por el conductor, y su distribución en el tiempo, de cara a poder establecer si la fatiga elevaba esa tasa de error y, en su caso, los errores de algún tipo en particular.

- Cuarto: inmediatamente después de la aplicación de la prueba de conducción, se volvió a realizar la evaluación médica que incluyó la medición de la presión arterial y el pulso. A su vez, los sujetos volvieron a ser sometidos al Driver-Test.

## Resultados

Los datos preliminares aportaron los siguientes resultados de interés:

1. Los errores de conducción más comunes cometidos por los sujetos durante la ejecución del TRAINER en todo el tiempo de conducción, se reflejan en la Tabla 1 y en el Gráfico 2.
2. También se observa que durante el tiempo de exposición de la persona en el TRAINER de conducción, es decir, mientras va apareciendo la fatiga, existe una distribución temporal e irregular de los errores más comunes anteriormente citados. En el Gráfico 3 se observa cómo, al principio de la tarea de conducir, apenas se producen fallos y según se prolonga la actividad de conducción, se va produciendo de las conductas “Ir demasiado rápido”, la de “Tener algún accidente” y “Adelantar por el lado equivocado” (que se da cuando el sujeto adelanta por el lado derecho en lugar de pasarse al carril de la izquierda). A su vez, cuando aparece el error de conducción llamado “Salirse de la carretera”, se observa cómo los sujetos a lo largo de la experiencia de conducción, suelen cometer este error una vez llevan un tiempo conduciendo y este error permanece constante en el tiempo, sin corregirse. Por otro lado, la conducta errónea llamada “Parar en un sitio prohibido”, se comete más en la mitad del tiempo de conducción y disminuye cuando la persona está conduciendo mucho tiempo. Y la

llamada “Parar en un sitio prohibido” aunque no se producen en exceso, va disminuyendo e incluso desaparece al final de la conducción.

3. El Gráfico 4 muestra los resultados de la prueba Toma de Decisiones del Test de Armas (TDA-01) del Driver-Test. En él se ve reflejado el Tiempo Medio de Respuesta (TMR) en los aciertos y errores de la prueba de conducción. A su vez, se midieron las diferencias antes y después de la ejecución de la actividad de conducción. Se observó que, previo a la experiencia de conducción, las personas mostraron un tiempo medio de reacción a los aciertos diferente del tiempo medio de reacción en los errores. Es decir, los sujetos, antes de la actividad de conducción, tardaban menos tiempo en responder cuando reconocen el ítem como correcto (cuando tomaban la decisión de que el ítem es correcto) que cuando se equivocaban (lo consideran como correcto y era incorrecto, o inversamente); en cambio, antes de la actividad de conducción, los sujetos tenían un tiempo medio de reacción equivalente tanto cuando aciertan, como cuando se equivocaban.

## Conclusiones y discusión

Las personas mayores de 55 años incurren en los denominados errores por comisión a la hora de tomar decisiones. Esto es debido a que, cuando están fatigados, el tiempo medio de reacción en los errores, se asemeja al tiempo medio de reacción que cuando responden correctamente.

Esto indica que los sujetos, cuando están fatigados, consideran que los ítems que observan son correctos, y los responden con mayor rotundidad que antes de estar fatigados; y, a su vez, realizan actos incorrectos como si fueran correctos, pese a que previamente los habían aprendido correctamente. Este resultado lo observamos en el Test TDA-01 donde se registra la prueba de Toma de Decisiones, y en donde se da una fase de ensayo y una vez se han asimilado correctamente las instrucciones, el ordenador del TDA prosigue con la fase de Test; no se puede pasar a la fase de Test, sin que la fase de ensayo se haya entendido correctamente, por lo

que podemos inferir que son errores y no dificultades en la asimilación de conceptos o instrucciones.

Estos fallos en la Toma de Decisiones se reflejan en los que cometen en el simulador de conducción, siendo los más importantes:

- Tener algún tipo de accidente, donde de un 100 % de accidentes:
  - el 47.4 % se refieren a alcances
  - el 52.6 % son otros accidentes
- Conducir demasiado rápido
- Adelantar por el lado equivocado

Por tratarse de un estudio piloto con una muestra reducida ( $n = 25$ ), los resultados son provisionales y no se pueden sacar conclusiones definitivas.

Además, es posible que existan recesos por movimientos cinestésicos (debido al sesgo muestral), pese a la criba de sujetos realizada (el test del mareo del IDF permite seleccionar solo personas capaces de tolerar el simulador), que hagan que todavía exista un cierto grado de mareo que se confunda con fatiga. Se seguirá investigando sobre este aspecto.

No se sabe con exactitud si los resultados obtenidos por lo sujetos provienen de la fatiga o del efecto de la monotonía de la prueba, por lo tanto, también se reclutarán jóvenes entre los 18 y los 30 años, para observar las diferencias y, sobre todo, verificar si las dificultades que se presentan en la población adulta, igualmente se encuentran en ellos.

## Referencias

- Alonso, F., Esteban, C., Calatayud, C., Tortosa, F., Monteagudo, M. J., Alamar, B. et al. (2004). *Programa de educación vial para personas mayores*. Barcelona: Iniciativas de Educación y Seguridad Vial.
- Biggs, S., Smith, A., Dorrian, J., Reid, K., Dawson, D., Van den Heuvel, C. et al. (2007). Perception of simulated driving performance after sleep. *Journal of Psychosomatic Research*, 63 (6), 573-577.
- Chavarría, J. (2006). *Determinación de variables a considerar en el desarrollo de una normativa sobre fatiga y tiempos de conducción para la República mexicana*. Tesis Doctoral, Universitat de València, España.
- Civera, C., Pastor, J. C. & Alonso, F. (2002). Un siglo de selección de conductores en España. *Universitas Psychologica*, 1 (1), 19-30.
- Dirección General de Tráfico. (2009). *Estadísticas e indicadores*. Disponible en [http://www.dgt.es/portal/es/seguridad\\_vial/estadistica/censo\\_conductores/series\\_historicas\\_censo/](http://www.dgt.es/portal/es/seguridad_vial/estadistica/censo_conductores/series_historicas_censo/)
- Dodge, R. E. (1982). Circadian rhythms and fatigue: A discrimination of their effects on performance. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 53 (11), 1131-1136.
- Dorrian, J., Roach, G. D., Fletcher, A. & Dawson, D. (2007). Simulated train driving: Fatigue, self-awareness and cognitive disengagement. *Applied Ergonomics*, 38 (2), 155-166.
- Durán, D., Valderrama, L., Uribe-Rodríguez, A. & Molina, J. (2008). Integración social y habilidades funcionales en adultos mayores. *Universitas Psicológica*, 7 (1) 263-270.
- Gershon, P., Ronen, A., Oron-Gilad, T. & Shinar, D. (2009). The effects of an Interactive Cognitive Task (ICT) in suppressing fatigue symptoms in driving. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 12 (1), 21-28.
- Hervás, A., Ferrero, J. & Civera, C. (2010). La fatiga en la conducción. Un estudio empírico. *Securitas Viales*, 8, 33-48.
- Hervás, A., Ferrero, J., Civera, C. & Tortosa, F. (2011). Los trastornos inducidos por sustancias: El ejemplo del Interferón. *Revista Española de Drogodependencias*, 36 (3), 303-316.
- Instituto Nacional de Estadística. (2009). *Proyección de la población de España a corto plazo, 2009-2019*. Disponible en <http://www.ine.es/prensa/np576.pdf>
- Lee, J. (2008). Fifty years of driving safety research. *Human Factors*, 50 (3) 521-528.
- Lowden, A., Anund, A., Kecklund, G., Peters, B. & Åkerstedt, T. (2009). Wakefulness in young and elderly subjects driving at night in a car simulator. *Accident Analysis and Prevention*, 41 (5), 1001-1007.
- Monterde, H., Docavo, V., Uranga, J. & Iñesta, J. M. (1986). *DRIVER-TEST (Batería informática de tests*

- psicotécnicos para conductores). Madrid: General ASDE, S.A.
- Montoro, L., Carbonell, E., Sanmartín, J. & Tortosa, F. (Eds.). (1995). *Seguridad Vial: del factor humano a las nuevas tecnologías*. Madrid: Síntesis.
- Montoro, L., Tortosa, F., Sanmartín, J., Alonso, F., Molina, G., Pastor, J. C. et al. (1999). *Batería de Tests TDA-01. Pruebas de Aptitud Psicológica para Tenencia y Uso de Armas de Fuego y Seguridad Privada*. Valencia, España: NAU Llibres.
- Montoro, L., Tortosa, F., Sanmartín, J., Alonso, F., Molina, G., Pastor, J. C. et al. (2000). *Batería de Tests TDA-01. Pruebas de Aptitud Psicológica para Tenencia y Uso de Armas de Fuego y Seguridad Privada*. En ASDE Operator Editores (Ed.), *La evaluación psicológica mediante los equipos normalizados Driver-Test. Pruebas de aptitud perceptivo-motoras para conductores y portadores de armas de fuego* (pp. 75-112). Valencia, España: General ASDE, S.A.
- Oken, B. & Salinsky, M. (2007). Sleeping and driving: Not a safe dual-task. *Clinical Neurophysiology*, 118 (9), 1899-1900.
- Ozcoidi, M., Civera, C., López, W., Serra, J. & Tortosa, F. (2009). 100 años de historia moderna de la prevención de accidentes de circulación en España: el caso especial de la valoración de las aptitudes perceptivo-motoras en el reconocimiento de conductores. En F. Tortosa & C. Civera (Dirs.), *Prevención de riesgos en los comportamientos viales* (pp. 37-54). Valencia: Alfa Delta S.L.
- Ozcoidi, M., Civera, C., Sanz, R. & Tortosa, F. (2009). Resultados de la aptitud psicofísica para conducir en una muestra de 9.000 conductores. En F. Tortosa & C. Civera (Dirs.), *Prevención de riesgos en los comportamientos viales* (pp. 433-446). Valencia: Alfa Delta S.L.
- Padilla, D. & Padilla, A. (2008). Tecnología para mayores. *Universitas Psicológica*, 7 (3), 883-894.
- Papadakaki, M., Kontogiannis, T., Tzamalouka, G., Darviri, C. & Chliaoutakis, J. (2008). Exploring the effects of lifestyle, sleep factors and driving behaviors on sleep-related road risk: A study of Greek drivers-2008. *Accident Analysis & Prevention*, 40 (6), 2029-2036.
- Parasuraman, R. & Davies, D. R. (1977). A taxonomic analysis of vigilance performance. En R. R. Mackie (Ed.), *Vigilance: Theory, operational performance, and physiological correlates* (pp. 559-574). New York: Plenum.
- Pardo, C. (2005). Salida de emergencia: reflexiones sociales sobre las políticas del transporte. *Universitas Psicológica*, 4 (3), 271-284.
- Pardo, C. & Burbano, J. (2007). Las trampas de la velocidad: análisis de la lectura cultural de dos organizaciones. *Universitas Psicológica*, 6 (1), 131-142.
- Romero, A., García Sevilla, J., Martínez Sánchez, F., Morales, A. & Sánchez Meca, J. (1990). Conducción y vejez: el deterioro con la edad en tareas de velocidad de anticipación y coordinación visomotriz. *Anales de Psicología*, 5 (2), 221-231.
- Serra, J. & Tortosa, F. (2003). *Una historia de la psicología de la seguridad vial en España*. Valencia: Promolibro.
- Tortosa, F., Carbonell, E., Chóliz, M. & Civera, C. (1997). *Elaboración de una batería informatizada para la evaluación de aptitudes para la obtención del permiso de armas*. Valencia, España: General ASDE, S.A.
- Tortosa, F. (2008). El factor humano en los accidentes de tráfico. En C. Vidales & A. Mera (Coords.), *Seguridad Vial* (pp. 28-44). Valencia: Tirant lo Blanch.
- Tortosa, F., Barjonet, P., Egido, A. & Civera, C. (2009). 100 años de historia moderna de la prevención de comportamientos viales de riesgo en Europa. En F. Tortosa & C. Civera (Dirs.), *Prevención de riesgos en los comportamientos viales* (pp. 13-36). Valencia: Alfa Delta S.L.
- Zhang, Y., Miao, D. & Gong, J. (2009). Subjective evaluation of mental fatigue and changes of attentive characteristics under condition of driving stimulation. *Chinese Journal of Clinical Psychology*, 17 (2), 182-184.
- Zori, P., Ferrer, A. & Sanmartín, J. (2009). Los accidentes de tráfico en España: situación actual (2007), tendencias y grupos de riesgo. En F. Tortosa & C. Civera (Dirs.), *Prevención de riesgos en los comportamientos viales* (pp. 71-86). Valencia: Alfa Delta S.L.

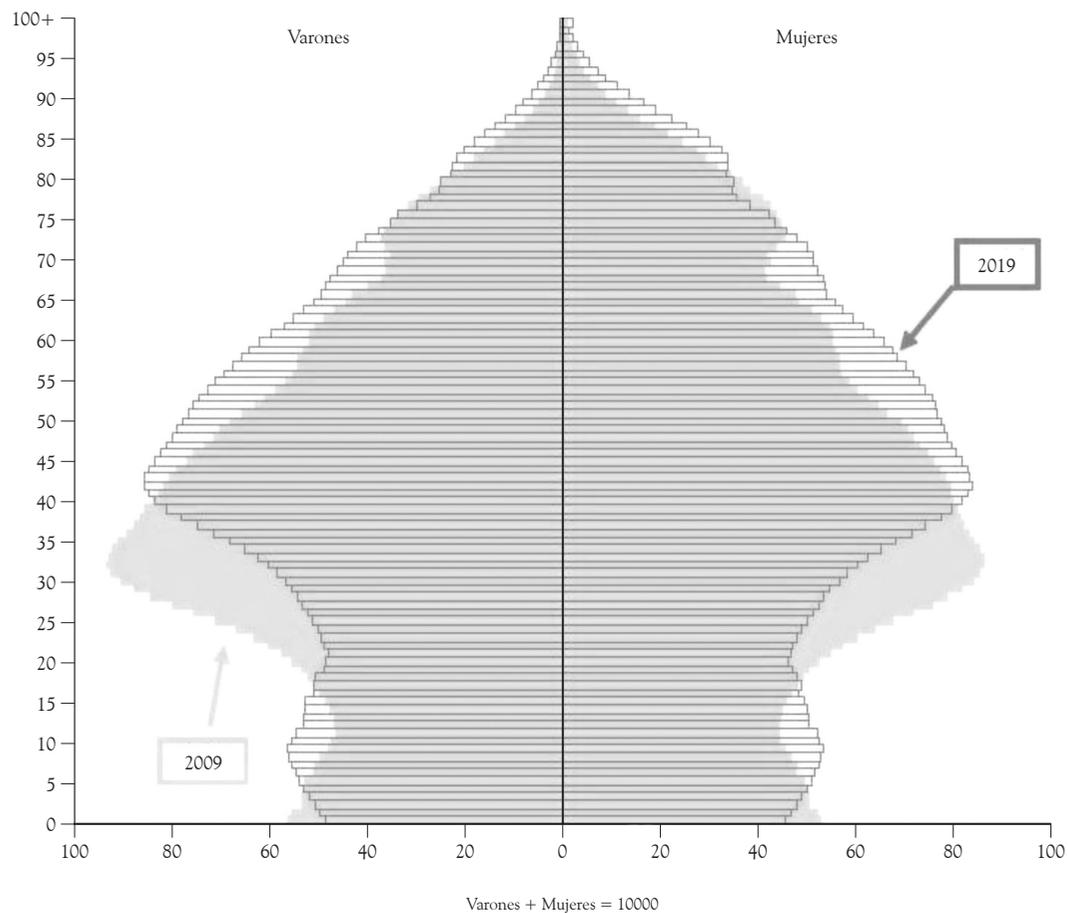
## Tablas y Gráficos

**TABLA 1**  
Errores de conducción más comunes durante la ejecución en el simulador

Tipo de error	Ocasiones
Tener algún tipo de accidente	99 veces
Ir demasiado rápido	94 veces
Salir de la carretera	31 veces
Adelantar por el lado equivocado	42 veces
Despistarte	16 veces
Ir más rápido por el lado derecho	16 veces
Parar en un sitio prohibido	5 veces

Fuente: elaboración propia.

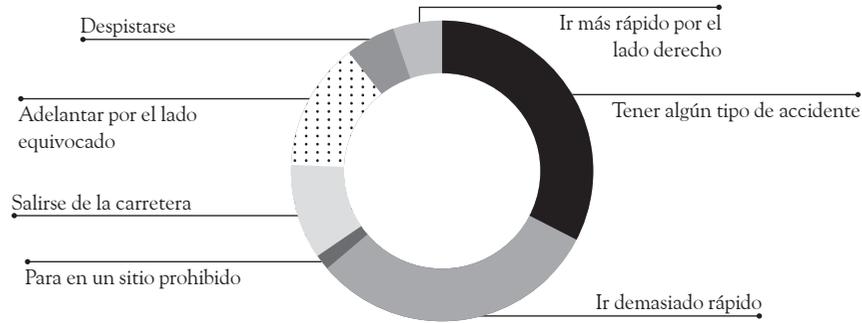
**GRAFICO 1**  
Pirámide de población estimada en España. Años 2009 y 2019



Fuente: INE (2009, p. 4).

**GRÁFICO 2**

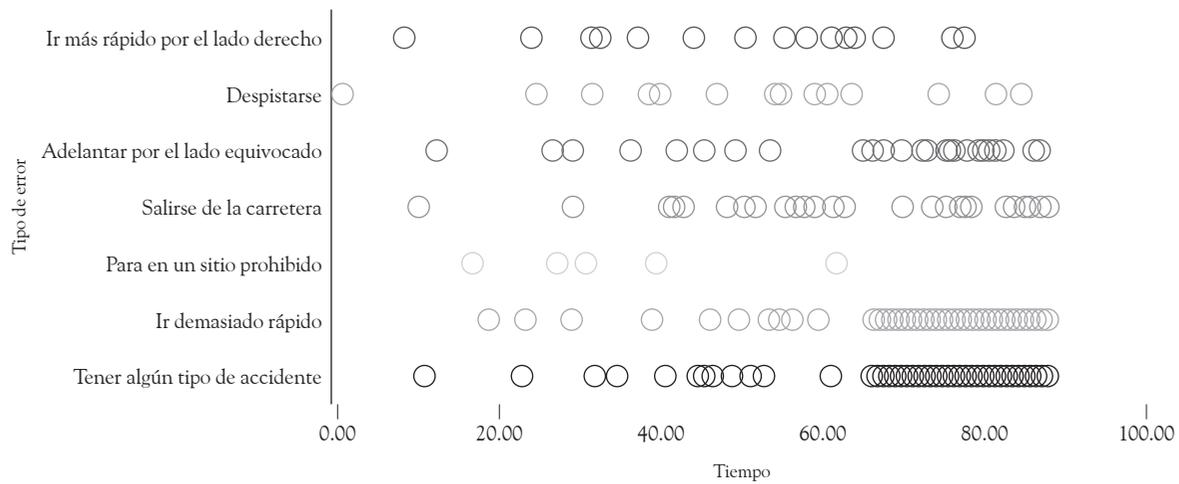
Distribución de los errores más comunes que han presentado los sujetos en la conducción del TRAINER



Fuente: elaboración propia.

**GRÁFICO 3**

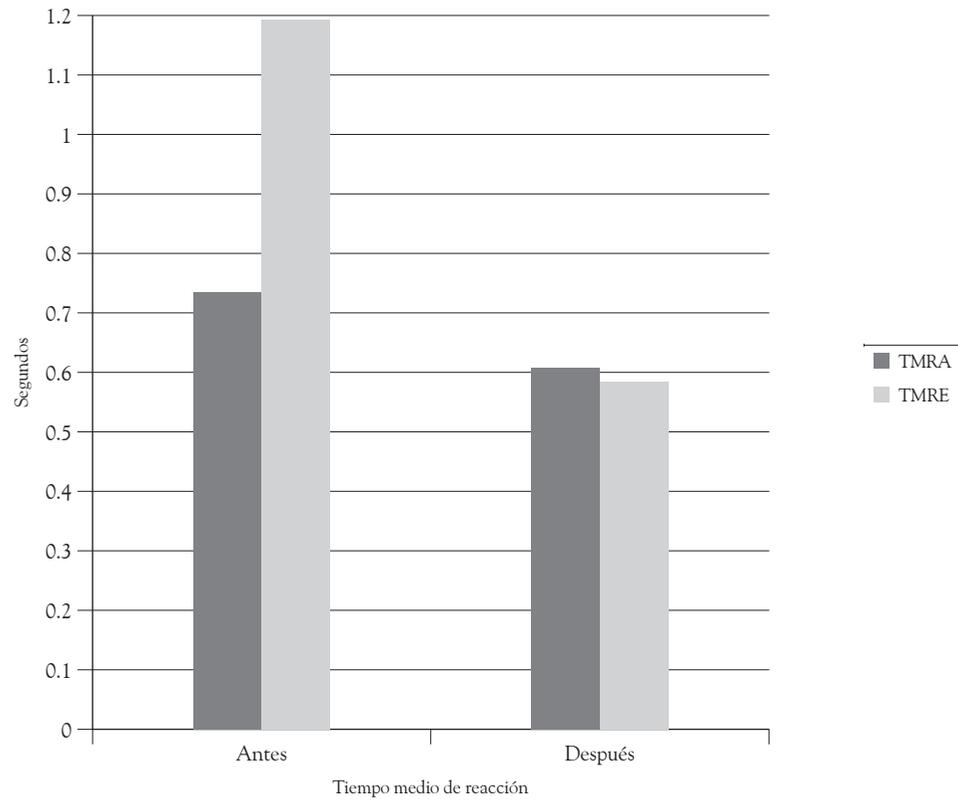
Distribución temporal de los errores más comunes a lo largo de la conducción del TRAINER



Fuente: elaboración propia.

**GRÁFICO 4**

Resultados de la prueba de Toma de Decisiones del test TDA-01 en relación con el Tiempo Medio de Respuesta (TMR), antes y después de la conducción del TRAINER.



Fuente: elaboración propia.