

Atención a señales de velocidad y de orientación mediante movimientos oculares

Ángela Conchillo Jiménez, Elisa Pérez-Moreno y Miguel Ángel Recarte Goldaracena
Universidad Complutense de Madrid

El objetivo de esta investigación es la descripción de los patrones de inspección visual a diferentes señales de circulación. Doce conductores de ambos sexos y variada experiencia colaboraron en la investigación de conducción real con un coche equipado con sistema de registro ocular. El hecho de mirar las señales guarda escasa relación con la disminución de la velocidad cuando ésta sobrepasa lo indicado en la señal. Sin embargo, entre los que miran la señal el porcentaje de los que reducen la velocidad por debajo de lo indicado en ella es mayor que entre los que no la miran. Las señales de orientación son miradas con más frecuencia que las de velocidad máxima, especialmente las situadas sobre la calzada, y en secuencias de más de dos fijaciones consecutivas por mirada, con una duración media por mirada de más de un segundo. Se discuten las implicaciones para la conducción y las posibilidades y limitaciones de la técnica del registro de movimientos oculares en la investigación de señales de circulación.

Attention to speed and guide traffic signs with eye movements. The goal of this research is to describe the visual search patterns for diverse traffic signs. Twelve drivers of both genders and different driving experience levels took part in real driving research with an instrumented car provided with an eye-tracking system. Looking at signs has a weak relation with speed reduction in cases where actual driving speed was higher. Nevertheless, among the people who looked at the sign, the percentage of those who reduce the speed below the limit is greater than of those who do not look at the sign. Guide traffic signs, particularly those mounted over the road, are more frequently glanced at than speed limit signs, with a glance duration of more than one second, in sequences of more than two consecutive fixations. Implications for driving and the possibilities and limitations of eye movement analysis for traffic sign research are discussed.

El interés de la Psicología del Tráfico se ha centrado en aspectos muy diversos, entre otros, la estimación de la velocidad y del tiempo de llegada (Conchillo, Hernández, Recarte y Nunes, 2000 a,b; Recarte, Conchillo y Nunes, 2005; Ruiz, Conchillo, Recarte y Hernández, 2006), el efecto de las tareas mentales en la exploración del campo visual (Recarte y Nunes, 2000) o, últimamente, la valoración del permiso por puntos (Roca, Montoro y Tortosa, 2009). Las señales de tráfico cumplen la función de proporcionar información sobre las condiciones de los escenarios de circulación, de modo que el conductor pueda ajustar su conducta en los casos necesarios. No obstante, no está claro que tal información sea suficientemente procesada ni que, caso de ser procesada, sea suficientemente atendida. Por ello es importante evaluar su efectividad y encontrar las características que las hacen más eficaces en ese cometido. Wickens, Gordon y Liu (2003) elaboraron una lista con los principios aplicables al diseño de los dispositivos informativos visuales. Fuller (2004) abordó la influencia de los aspectos aten-

cionales y motivacionales en la percepción de señales de tráfico. Otros aspectos, desde el punto de vista de los factores humanos, pueden verse en Castro y Horberry, 2004; Elvik y Vaa, 2004; y Evans, 2004.

Existen dos metodologías de investigación: los estudios de laboratorio y los estudios de campo. La investigación de laboratorio se ha centrado en las condiciones necesarias de estructura y contenido de las señales para obtener información máxima (véase Castro, Tornay, Moreno-Ríos, Vargas y Molina, 2005). Sin embargo, la distribución de la atención en entornos de tráfico real, continuamente cambiante, hace difícil generalizar los resultados del laboratorio a los sistemas de tráfico. En las investigaciones de campo esa misma complejidad del entorno es la que hace difícil controlar el alto número de factores que pueden influir en unos resultados dados y, consiguientemente, interpretar éstos de forma inequívoca. Uno de los procedimientos más utilizados ha sido la detención del conductor en la carretera y la realización de una prueba de memoria sobre las señales recién pasadas (Fisher, 1992). Un segundo procedimiento ha consistido en tomar medidas del comportamiento del conductor, especialmente la observación de su velocidad en función de las señales de velocidad existentes (Fisher, 1992; Lajunen, Hakkarainen y Summala, 1996). Un tercer procedimiento es el registro de movimientos oculares dirigidos a señales (Luoma, 1991b). Otros procedimientos son más eclécticos,

combinando y comparando varios de los anteriores métodos clásicos (Fisher, 1992; Luoma, 1991a, 1993; Macdonald y Hoffmann, 1991). Con estos métodos se ha intentado dar respuesta a varias preguntas relacionadas con la atención a señales: distancia a la que se ven y se miran las señales, atención a señales por el día y por la noche, características de las señales o del entorno relacionadas con la mayor o menor atención a ellas, diferencias individuales en experiencia en conducción, en edad o en dependencia/independencia de campo perceptivo.

En la presente investigación, mediante el método de registro de movimientos oculares en conducción real, se estudian las diferencias en el comportamiento ocular a distintas señales en autovía (señales de velocidad máxima y señales de orientación, dentro de éstas, de pórtico o de poste), para lo cual se analizan el número y la duración de las fijaciones sobre estas señales. Más allá y con un enfoque descriptivo se estudian distintas características tanto para las señales de velocidad máxima, como para las señales de orientación. Para las señales de velocidad máxima se pretende: a) determinar la frecuencia con que son miradas, y b) determinar su efectividad en la reducción de la velocidad. Para ello se consideran dos aspectos: las fijaciones que reciben y el efecto sobre la reducción de la velocidad. Para las señales de orientación se trata de evaluar las conductas oculares (distancia, secuencia de fijaciones y miradas, duración y porcentaje de personas que miran a la señal) según sean sobre la calzada o de poste en el arcén.

Método

Participantes

Realizaron las pruebas 12 participantes, 7 mujeres y 5 varones, con edades entre los 21 y los 37 años, con permiso de conducir con más de dos años de antigüedad y con notables diferencias en experiencia de conducir (entre 15.000 y 300.000 Km). Ninguno estaba familiarizado con los tramos del recorrido ni con el automóvil.

Instrumentos y procedimiento

Se utilizó un automóvil (Citroën BX GTI, desarrollado por la Dirección General de Tráfico dentro del programa Argos) equipado con diferentes sensores para la medición del estado dinámico del vehículo (velocidad, rotaciones por minuto, aceleración de los tres ejes, entre otras) y respuestas humanas en el control del vehículo. El registro de las variables fue continuo a 50 Hz/s. El vehículo estaba dotado de un sistema de movimientos oculares no invasivo, con resolución espacial en un rango entre 0,5° y 1°. Junto al registro de los movimientos oculares el sistema proporciona una imagen de vídeo del trayecto visto desde el interior del vehículo con un cursor superpuesto sobre la escena, indicando, en cada cuadro, el punto de fijación de la mirada (véase Recarte y Nunes, 2000, para detalles técnicos). La conducción se realizó por la autovía 607 de Madrid a Colmenar Viejo, en días despejados por la mañana y con tráfico fluido. Para obtener las fijaciones se utilizó un programa informático que establece como comienzo de una fijación cuando tres líneas consecutivas contienen valores, en píxeles, de las coordenadas X e Y (posición horizontal y vertical de la señal del ojo) que no difieren en más de 5 píxeles (Jacobs, 1986; Mannan, Ruddock y Wooding, 1995), e incorpora todos los valores subsiguientes que no difieren en más de 5 píxeles horizontales o verticales de los valores medios acumulados de la fijación en curso. En la codificación se ha dis-

tinguido entre fijaciones y miradas. Las miradas constituyen una unidad de análisis superior y son entendidas como secuencias de fijaciones consecutivas a distintas partes de un mismo objeto. La fijación tiene una consideración técnica, mientras que la mirada es más funcional y conductual.

El estudio se limita a la atención a cuatro señales de velocidad máxima de 100 Km/h situadas en un trayecto de una autovía, identificadas en los resultados como VM100 y numeradas del 1 al 4, según el orden de aparición en el recorrido, más quince señales de orientación, once de ellas sobre poste, laterales, identificadas como Poste-1... Poste-11 y cuatro de pórtico sobre la calzada, identificadas como Pórtico-1... Pórtico-4, también según el orden de aparición en el recorrido. Los participantes condujeron con la instrucción de hacer una determinada ruta que implicaba tomar una determinada salida de la autovía, pero en ningún caso se dejó ver que se analizarían sus miradas a ningún tipo de señal.

Análisis de datos

Los análisis llevados a cabo son de dos tipos: los centrados en los participantes como unidad de análisis y los centrados en las señales como unidad de análisis. Respecto a los primeros, se han realizado tres análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas (SPSS 15) para la variable número de fijaciones medio y duración de las fijaciones por el tipo de señal. En cada caso se indican las medias y errores típicos de la media, el tamaño del efecto y la potencia encontrada. Respecto al segundo tipo (centrados en las señales como unidad de análisis), se ha realizado un análisis meramente descriptivo, incluyendo las variables siguientes: número de fijaciones, número de miradas, fijaciones por mirada, porcentaje de participantes que las miran, duración media de las fijaciones y distancia a la que son miradas.

Para cada señal se ha codificado su presencia desde 150 m antes de llegar a su posición (distancia máxima de observación en el vídeo de registro) y 100 m después de rebasarla. El objetivo de acotar estos 100 m es el de estudiar la velocidad tras el paso de la señal.

Resultados

Análisis de varianza de medidas repetidas

En el primer análisis se compara el número de fijaciones medias para las señales de velocidad y las señales de orientación. Se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre el número de fijaciones medio a las señales de velocidad ($\bar{X}=0,438$, $\sigma_e=0,111$) frente a las señales de orientación ($\bar{X}=4,521$, $\sigma_e=0,376$), con $F(1; 11)=141,308$, $p<0,001$, $\eta^2=0,928$, $1-\beta=1$.

En un segundo análisis se compara la duración de estas fijaciones a las señales de velocidad y a las señales de orientación. Los resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas en la duración de las fijaciones (en ms) a las señales de velocidad ($\bar{X}=310$, $\sigma_e=156,51$) frente a las señales de orientación ($\bar{X}=529,1$, $\sigma_e=93,51$), con $F(1; 11)=33,42$, $p<0,001$, $\eta^2=0,752$, $1-\beta=0,999$.

Para comparar las diferencias entre las señales de orientación sobre la calzada (o de pórtico) y las señales laterales (o de poste) se ha realizado un ANOVA de medidas repetidas para el número de fijaciones medio y duración de las fijaciones (en ms). En cuanto al número de fijaciones medio se encuentran diferencias estadísticamente significativas entre las señales de pórtico ($\bar{X}=5,042$, $\sigma_e=$

5,04) y las señales de poste ($\bar{X}= 4$, $\sigma_e= 0,379$), con $F(1; 11)= 4,703$, $p= 0,05$, $\eta^2= 0,3$, $1-\beta= 0,507$. En cuanto a la duración de estas fijaciones a ambos tipos de señal no se encuentran diferencias estadísticamente significativas. Para las señales de pórtico se encontró una duración media (ms)= 489,31 y $\sigma_e= 37,8$, y para las señales de poste se encontró una media (ms)= 568,9 y $\sigma_e= 35,5$.

Análisis descriptivo de las señales

Señales de velocidad máxima

La tabla 1 presenta los resultados sobre el número de fijaciones y de miradas que reciben las señales de velocidad máxima, el número de fijaciones medio que contiene cada mirada, la duración media de las fijaciones y el porcentaje de participantes que realiza alguna fijación en ellas.

En las señales de velocidad máxima prácticamente cada mirada consiste en una sola fijación, pero no así en las de orientación. Los siguientes aspectos de la tabla merecen ser subrayados: (a) Si se consideran los datos tomando las señales como referentes del análisis, cada señal de 100 Km/h recibe, de media, 4,25 fijaciones oculares ($dt= 2,06$), y es mirada, de media, por 3,5 participantes (un 29%). Las señales VM100.2 y VM100.3 son las miradas por más participantes (5 cada una). No obstante, son muy diferentes en cuanto a características, pues la primera está situada en un entorno complejo, con otras muchas señales, situación que no es aplicable a la segunda señal. Por consiguiente, los actuales datos no nos permiten hacer inferencia alguna sobre las circunstancias que determinan que unas señales se miren más que otras. (b) El número medio de fijaciones por mirada es 1,2, lo que, a efectos prácticos, equivale a decir que la mayoría de las miradas a estas señales consisten en una sola fijación, como puede verse inspeccionando la tabla 1.

Otro dato a añadir a los presentados en la tabla 1 es el de la distancia a la que se miran, las señales de velocidad máxima a 100 Km/h reciben la primera mirada detectable en el vídeo desde unos 100 metros de distancia. Cuando reciben una segunda mirada (si la hay) ésta tiene lugar en distancias de 70-80 metros.

Analizando los datos en función de cuántas señales (de 100 Km/h) miran los participantes, resulta que cada persona mira como media a 1,3 señales, con una desviación típica de 1,43.

Velocidad por señales de velocidad

La tabla 2 presenta la velocidad (media y desviación típica) a la que se circuló en los tres puntos considerados.

Para la señal VM100.1 la velocidad en los 150 m previos es muy inferior, 86,2 Km/h a la permitida, lo que probablemente se

debe a la presencia, cien metros antes, de una señal de velocidad aconsejada a 80 Km/h. Ésta es la única señal en la que aumenta la velocidad de antes a después de la señal, aunque ciertamente aún la mantienen por debajo del límite permitido. En las otras tres señales, VM100.2, VM100.3 y VM100.4, a 150 m antes de la señal de 100 Km/h se circulaba a más de 100 Km/h de media. En las tres, al pasar por la señal y a los cien metros después de la señal, las medias son inferiores a esa velocidad. No obstante tal dato, junto con el hecho de que dos de estas señales son las más miradas, está lejos de implicar efectividad de las señales para reducir la velocidad, tal como analizaremos más adelante.

De la inspección de la tabla 2 acabamos de ver que parece haber indicios de efectividad de las señales. Sin embargo, esta situación requiere un análisis más fino, con datos adicionales, en el que se considere si aquellos conductores que miran a la señal son los que reducen la velocidad, pues pudiera ocurrir que la reducción sea debida a las condiciones de la vía que indujeron a colocar la señal (curva sin visibilidad, proximidad de población, etc.), en cuyo caso aquellos que no miran la señal también reducirían la velocidad. Para este análisis se han considerado únicamente aquellas ocasiones en las que la velocidad previa era superior a 100 Km/h. En la reducción de velocidad cabe evaluar dos aspectos: a) si la reducen o no, y b) si, entre los que la reducen, la reducción es hasta velocidades por debajo de la indicada por la señal (100 Km/h). Para aquellos conductores que, 150 m antes de la señal, circulaban a más de 100 Km/h, reducen la velocidad el 59,1%. Analizando este porcentaje según que miren o no a la señal, encontramos que entre los que la miran reducen la velocidad un 52,4% de los conductores, mientras que entre los que no la miran la reducen un 65,2%, es decir, un porcentaje superior. A su vez, solo un 22,7% la reducen por debajo de 100 Km/h, y este porcentaje es de 23,8 si han mirado la señal y de 21,7 si no la han mirado. Aun así, otras consideraciones cualitativas indican que en varios casos se produce un acto de atención/acción con respecto a la señal. En al menos cinco ocasiones aparece la siguiente secuencia de acontecimientos: los conductores van a más de 100 Km/h, miran la señal más de una vez, entre las miradas a la señal hay varias miradas al velocímetro, reducen la velocidad a menos de 100 Km/h. Tal secuencia es un indicador de atención acompañada de la acción pertinente, pero son sucesos poco frecuentes y no faltan contraejemplos de mirar la señal, mirar el velocímetro y no reducir la velocidad o no hacerlo por debajo de 100 Km/h.

Señales de orientación

La tabla 3 ofrece los datos sobre el número de fijaciones, el número de miradas para cada señal y la duración de las fijaciones. Las

Tipo de señal	Número de fijaciones	Número de miradas	Fijaciones/miradas	Duración media (ms)	% conductores
VM100.1	2	2	1,0	380	16,7
VM100.2	6	5	1,2	350	41,7
VM100.3	6	5	1,2	300	41,7
VM100.4	3	2	1,5	293	16,7

Señal	150 m antes		En la señal		100 m después	
	M	DT	M	DT	M	DT
VM100.1	86,2	6,6	90,4	5,0	93,0	5,6
VM100.2	107,0	7,4	98,1	7,2	95,0	5,8
VM100.3	101,2	7,8	97,6	7,6	96,0	6,7
VM100.4	100,3	9,9	98,3	9,6	98,0	9,1

señales han sido agrupadas por su modalidad, bien como variantes de las señales de pórtico, sobre la calzada, bien como señales de poste en el lateral de la calzada. También se añade una columna con el número de fijaciones por mirada y otra con el porcentaje de participantes que miran la señal en alguna ocasión.

La tabla 3 muestra que las señales colgadas sobre la calzada o pórtico reciben más fijaciones que las laterales, la media de fijaciones por señal es 64,5 para las de pórtico, frente a 45,4 para las laterales. Considerando el número de fijaciones por mirada, para las señales de pórtico la media es 2,1, y ligeramente menor para las laterales, 1,96. Finalmente, el porcentaje de participantes que las mira en alguna ocasión es notablemente superior para las señales de pórtico (un porcentaje medio de 98,2 para las de pórtico, frente a un 78,7 para las laterales).

Otros datos añadidos a los presentados en la tabla 3 se refieren a la distancia. Para las señales sobre la calzada la primera mirada se hace, como media, a 224 m y la segunda a 100 m (si la hay). En las señales de poste situadas en el lateral de la calzada la primera mirada se produce como media a 165 m, la segunda, si la hay, a 110 m y la tercera a 100 m.

Discusión y conclusiones

Se han estudiado los patrones de inspección visual de algunas señales de tráfico, de velocidad máxima y de orientación, durante la conducción, mediante el registro de movimientos oculares.

Según los resultados del ANOVA las señales de velocidad reciben menos fijaciones que las señales de orientación. Además, las fijaciones que se dirigen a las señales de velocidad son más cortas que las dirigidas a las señales de orientación. Estos análisis permiten asegurar que el tipo de señal (velocidad u orientación) explica la mayor parte de la varianza de los datos en fijaciones y en duración de las fijaciones, tal y como indican los tamaños de los efectos encontrados (0,928 y 0,752, respectivamente).

Los resultados encontrados para el tipo de señal de orientación nos indican que si bien es cierto que las señales de orientación laterales (o de poste) reciben menos fijaciones que las situadas en la calzada (o de pórtico), la duración de las fijaciones es igual para ambos tipos de señal.

Teniendo en cuenta las señales de velocidad máxima estándar (100 Km/h) como unidad de análisis, los principales resultados son los siguientes: los porcentajes de fijaciones no se sitúan ni entre los más bajos de los que se informa en la literatura relacionada con señales (Drory y Shinar, 1982) ni entre los más altos (Luoma, 1991). Si consideramos el aspecto de su efectividad para reducir la velocidad, los datos apuntan a que la relación entre las miradas a las señales y la reducción de velocidad es escasa. De todas las ocasiones en las que se superaron los 100 Km/h, en más de la mitad de los casos se redujo la velocidad, pero fue más frecuente la reducción entre los que no miraron la señal que entre los que la miraron. Sin embargo, solo en un tercio de los casos se redujo la velocidad por debajo de lo indicado por la señal. Este tipo de reducción fue más frecuente entre los que miraron la señal. Los resultados concuerdan, tanto en el patrón global, como en las magnitudes concretas, con los encontrados por Fisher (1992), quien reporta la escasa relación entre las miradas registradas a las señales y las acciones concomitantes que se realizan.

Con respecto a las señales de orientación, los principales resultados son los siguientes:

Las señales sobre la calzada son miradas en mayor medida que las señales laterales, el porcentaje de participantes que las miran es más alto y, a su vez, el número de fijaciones por señal también es más alto. Con respecto a la distancia, las señales sobre la calzada se miran mucho antes que las laterales. Las diferencias entre ambos tipos de señales pueden ser explicadas en términos de visibilidad, bien estructural, por las dimensiones de las señales y los entornos en que están situadas, bien coyuntural, porque su visión puede ser impedida por el tráfico.

Un caso aparte son las señales laterales de salida (Poste-10 y Poste-11), en las que figura el nombre dado a los participantes para salir de la autovía y cambiar de vía, miradas por la totalidad de los participantes, recibiendo más fijaciones, y también más miradas. Estos hechos nos llevan a conjeturar sobre el modo de procesamiento de tales señales: (a) Según avanza el recorrido los participantes van creando una expectativa de que debe de estar próxima la salida. Probablemente en las primeras fijaciones se obtiene alguna información del contenido, aunque quizá superficial o parcial, lo que hace que, si éste es relevante para la conducción (si concuerda parcialmente con la información de dirección contenida en la memoria), se acreciente el número de fijaciones y miradas subsiguientes para una lectura más detenida, en busca de una confirmación más fehaciente del mensaje. Esta hipótesis se hace necesaria para explicar por qué las señales relevantes reciben más miradas y cada una con más fijaciones. (b) Estos procesos se realizan sin abandonar la inspección de los otros aspectos de la conducción, como lo indica el que estas miradas se alternan con fijaciones en otros lugares.

El aspecto más destacado de las señales de orientación, de cualquier clase, es la larga duración de las fijaciones dirigidas a ellas (media= 526,87 ms), lo que, unido al hecho de que se producen sobre dos fijaciones consecutivas de media, arroja un tiempo medio de mirada ininterrumpida de más de un segundo. Las características de la atención a las señales de orientación sugieren que su procesamiento puede ser potencialmente peligroso, especialmente

Tabla 3
Fijaciones y miradas en señales de orientación

Tipo de señal	Número de fijaciones	Número de miradas	Fijaciones/miradas	Duración media (ms)	% conductores
Pórtico- 1	49	23	2,13	355,22	92,9
Pórtico- 2	77	32	2,41	343,08	100
Pórtico- 3	55	25	2,20	644,23	100
Pórtico- 4	77	43	1,79	603,08	100
Poste- 1	29	19	1,53	384,85	58,3
Poste- 2	27	12	2,25	524,44	58,3
Poste- 3	32	19	1,68	370,63	83,3
Poste- 4	31	24	1,29	510,00	91,7
Poste- 5	24	17	1,41	619,17	58,3
Poste- 6	14	12	1,17	384,62	58,3
Poste- 7	55	24	2,92	593,45	91,7
Poste- 8	45	20	2,25	664,55	75
Poste- 9	72	35	2,06	514,93	91,3
Poste- 10	102	35	2,91	644,08	100
Poste- 11	68	38	1,79	746,76	100

el de las señales laterales sobre poste. Estas señales habitualmente tienen caracteres pequeños, que obligan a muchos conductores a leerlas a distancias cortas, con una importante desviación del ángulo visual respecto al punto de fuga de la conducción, con la consecuencia de que los eventos principales de la conducción quedan en la periferia del campo visual. Teniendo en cuenta el tiempo que requiere su lectura (un automóvil a 120 Km/h recorre 66 m en los dos segundos que algunos participantes dedican a leerlas) implica un riesgo real. Las señales sobre la calzada pueden ser vistas desde mayor distancia y, consiguientemente, se pueden encontrar más momentos en los que desviar la atención del tráfico para atenderlas. Como señalan Lamble, Laakso y Summala (1997), la habilidad para detectar eventos periféricos es más una función de la resolución disponible en la retina en diferentes excentricidades que del hecho de tener la atención dividida. En las miradas a señales sobre la calzada el grueso de la información del tráfico permanece próxima a la fovea, al menos cuando la señal está situada a considerable distancia, por lo que es posible simultáneamente atender a la señal y detectar cambios relevantes en el entorno, como encendido de

luces de freno, desviación respecto a las líneas de la vía, aparición de un vehículo, etc.

Por último, por lo que respecta al propio método de registro de movimientos oculares aplicado a la conducción, hay que señalar que parece adecuado para investigar aspectos en los que se acumula una importante masa de datos cuyos parámetros (duración de las fijaciones, posición horizontal, posición vertical y variabilidad, diámetro de la pupila) pueden ser interpretados en términos de atención. Sin embargo, el método tiene limitaciones en la investigación de eventos puntuales, como son las señales de velocidad máxima, con fijaciones únicas en objetos relativamente pequeños y a gran distancia. Las complejas relaciones entre atención y mirada en observaciones puntuales, como son las de las señales de velocidad y probablemente otras señales simbólicas, nos dejan con una doble incertidumbre, a saber, si las señales miradas son atendidas y si las no miradas no han sido procesadas. En cualquier caso, la investigación de este tipo de sucesos siempre debería de ir acompañada de otros datos, como en este caso la velocidad del vehículo, que permitan hacer inferencias en función de la convergencia o divergencia de los resultados.

Referencias

- Castro, C., y Horberry, T. (2004). *The human factors of transport signs*. Boca-Ratón: FL: CRC Press.
- Castro, C., Tornay, F.J., Moreno-Ríos, S., Vargas, C., y Molina, E. (2005). Mental representation of traffic signs: Role of sign complexity and semantic information. En G. Underwood (Ed.): *Traffic and transport psychology* (Cap. 34), 419-429. Elsevier.
- Conchillo, A., Hernández, M.J., Recarte, M.A., y Nunes, L.M. (2000a). La estimación de la velocidad desde el punto de vista de la consistencia de los participantes. *Psicothema*, 12(1), 145-151.
- Conchillo, A., Hernández, M.J., Recarte, M.A., y Nunes, L.M. (2000b). La psicofísica de la velocidad en el contexto de la conducción real de automóviles. *Psicothema*, 12(1), 152-156.
- Drory, A., y Shinar, D. (1982). The effects of roadway environment and fatigue on sign perception. *Journal of Safety Research*, 13, 25-32.
- Elvik, R., y Vaa, T. (2004). *The handbook of road safety measures*. Amsterdam: Elsevier.
- Evans, L. (2004). *Traffic safety*. Bloomfield Hills, MI: Science Services Society.
- Fisher, J. (1992). Testing the effect of Road Traffic signs informational value on driver behaviour. *Human Factors*, 34, 231-237.
- Fuller, R. (2004). Attentional and motivational factors involved in recognition of transport signs. En Castro, C., y Horberry, T. Cap. 9.
- Jacobs, A.M. (1986). Eye-movement control in visual search: How direct is visual span control? *Perception and Psychophysics*, 39, 47-58.
- Lajunen, T., Hakkarainen, P., y Summala, H. (1996). The ergonomics of road signs: Explicit and embedded speed limits. *Ergonomics*, 39, 1069-1083.
- Lamble, D., Laakso, M., y Summala, H. (1997). Detection thresholds in decreasing headway situations: Effects of driving experience and loci of attention. *Seventh International Conference on Vision in Vehicles, September, 1997*. Marseille, France.
- Luoma, J. (1993). Effects of delay on recall of road signs: An evaluation of the validity of recall method. En A.G. Gale et al. (Eds.): *Vision in vehicles IV*. Amsterdam: North-Holland.
- Luoma, J. (1991a). Evaluations of validity of two research methods for studying perception of road signs. Report No. UMTRI-91-15. The University of Michigan. Transportation Research Institute.
- Luoma, J. (1991b). Perception of Highway traffic signs: Interaction of eye fixations, recalls and reactions. En A. Gale et al. (Eds.): *Vision in vehicles III*. North-Holland: Elsevier.
- MacDonald, W.A., y Hoffmann E.R. (1991). Drivers' awareness of traffic sign information. *Ergonomics*, 34(5), 585-612.
- Mannan, S., Ruddock, K.H., y Wooding, D.S. (1995). Automatic control of saccadic eye movements made in visual inspection of briefly presented 2-D images. *Spatial Vision*, 9, 363-386.
- Recarte, M.A., y Nunes, L. (2000). Effects of verbal and spatial imagery tasks on eye fixations while driving. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 6, 31-43.
- Recarte, M.A., Conchillo, A., y Nunes, L. (2005). Estimation of arrival time in vehicles and in images. *Psicothema*, 17(1), 112-117.
- Roca, J., Montoro, L., y Tortosa, F., (2009). Valoración de los conductores españoles sobre el permiso de conducción por puntos. *Psicothema*, 21(2), 294-299.
- Ruiz, T., Conchillo, A., Recarte, M.A., y Hernández, M.J. (2006). Dependencia serial en la estimación del tiempo de llegada de un coche. *Psicothema*, 18(4), 738-742.
- Wickens, C.D., Gordon, S.E., y Liu, Y., (2003). *Human factor: Engineering psychology*. N.Y. Addison-Wesley Publishers.