

Diseño y desarrollo de un simulador del entorno de cruce peatonal. Desde la evaluación mediante la captura de movimiento hacia su posible uso como entorno de entrenamiento

Estrella López

Pedro M. Mateos

Matías López*

Begoña Haro

Abelardo Periañez**

Alberto Valentín

M^a del Mar González-Tablas

Facultad de Psicología, Universidad de Salamanca

Avda. de la Merced s/n, 37005 -Salamanca-

923.294500 ext 3248

avc@usal.es

*Universidad Europea Miguel de Cervantes

Valladolid

** Ayuntamiento de Salamanca

Nota1: Investigación financiada por la Dirección General de Tráfico (nº expediente SIP20141278) bajo las condiciones establecidas en Resolución de 15 de septiembre de 2014 (BOE del 25/IX/2014).

Nota2: Queremos hacer constar nuestro agradecimiento al Ayuntamiento de la ciudad de Salamanca, y en particular a la Jefatura y los miembros de la Policía Local que colaboraron en la realización de este estudio.

1. Planteamiento del problema al que se persigue dar solución.

El envejecimiento de la población se ha incrementado desde mediados del siglo XX. El porcentaje de mayores de 65 años en países miembros de la OCDE (2013), no superaba en 1960 el 9%, mientras que en 2010 excedió el 15% y se espera que se duplique en los próximos 40 años. El aumento de la población mayor de 80 años será aún más dramático. En España y Alemania, la proporción de los mayores de 80 años se espera que casi se triplique antes del 2050. Ello exige realizar políticas preventivas que garanticen su calidad de vida, para lo cual deben desarrollarse programas de prevención que promuevan la seguridad vial de este colectivo y facilitar su movilidad. En las orientaciones sobre Seguridad Vial 2011-2020 (Dirección General de Tráfico, 2011), propuestas por la Unión Europea, se establece como uno de sus objetivos la protección de los usuarios más vulnerables. Las personas mayores cuando intervienen en el tráfico como peatones, se identifican como un colectivo de riesgo. El elevado número de víctimas que presentan, llevó a que la Unión Europea considerara como insuficiente la atención que dicho colectivo había recibido.

El estudio de la lesiones que con mayor frecuencia sufren las personas mayores viene unido, en el contexto investigador, a trabajos centrados en el análisis de la marcha y en la prevención de caídas, teniendo su origen en la dificultades cognitivo-motoras asociadas al envejecimiento. Más concretamente son muy frecuentes los estudios dirigidos a analizar la marcha de los mayores con el fin de identificar factores que propician tanto la aparición de caídas como alteraciones motoras, posturas inadecuadas, etc.

Desde el punto de vista de la investigación sobre limitaciones cognitivas, el paradigma de la doble tarea ha sido frecuentemente utilizado para analizar las exigencias de tareas cognitivas frente al control postural, la aparición de obstáculos y la marcha. En un estudio meta-analítico efectuado por Al-Yahya et al. (2011), que comprende las publicaciones hasta el año 2009 referidas por las principales bases de datos acerca de la interferencia de tareas cognitivo-motoras en la marcha, las variables de marcha más estudiadas han sido: velocidad, cadencia, longitud de paso, tiempo de paso y variabilidad del tiempo de paso. En condiciones de doble tarea, la mayoría de las investigaciones afirman que siempre se produce interferencia sobre la marcha, ya sea en la cadencia o especialmente en la velocidad cuando dichas tareas son de tipo cognitivo, independientemente de la población a la que se pertenezca.

Interpretar la conducta de cruce del peatón como una situación de doble tarea, en donde los elementos motores de la marcha y el procesamiento de la información en curso pueden competir por los mismos recursos cognitivos (Sparrow et al, 2002), ha resultado una estrategia de investigación realmente productiva. Gran parte de esta investigación se ha centrado en comprobar qué tareas secundarias a la marcha, interfieren sobre ésta, especialmente entre los peatones mayores. Tales interferencias podrían explicar la mayor vulnerabilidad de este colectivo. De entre las conclusiones que pueden extraerse de las investigaciones previas, cabe señalar las siguientes (véase, para una revisión, Beurskens y Bock, 2012):

- La realización de tareas psicomotoras, como tarea secundaria, no parece interferir en la marcha del peatón mayor.
- Tampoco la realización de tareas que requieren el uso de funciones ejecutivas parece marcar grandes diferencias entre la marcha de personas mayores y jóvenes.
- Sin embargo, cuando la tarea secundaria es de carácter visual y la tarea de marcha requiere un procesamiento exigente de información igualmente visual, los mayores sí presentan un mayor deterioro en la marcha en comparación a la del peatón más joven.
- Igualmente negativa sobre la marcha del mayor, resulta la presentación de estímulos breves e inesperados.

Desde el punto de vista del análisis y prevención de accidentes relacionados con el tráfico los estudios más recientes, realizados especialmente con personas jóvenes, apuntan que distractores relacionados con las nuevas tecnologías tales como mandar mensajes con el móvil, escuchar música, etc., afectan al cruce de calzada con el consiguiente riesgo de accidente (Schwebel, Stavrinou, Byington, Davis, O'Neal, & de Jong, 2012).

En las últimas décadas, una gran cantidad de investigaciones se han centrado por un lado, en identificar mediante cuestionarios las limitaciones cognitivas y motoras que subyacen a la elevada presencia de la accidentalidad peatonal entre los mayores (Martin, 2006), y por otro, en analizar las estrategias que espontáneamente adopta el mayor para compensar dichas limitaciones. En este sentido, Valentín, Bueno y Vega (1997), identificaron las limitaciones funcionales autopercebidas más relevantes entre los peatones mayores, a la vez que señalaron algunas de las estrategias compensadoras utilizadas, tales como atender al sonido emitido por los semáforos, esperar a que se detengan los vehículos para cruzar, etc.

Otras investigaciones sugieren que, el entrenamiento comportamental y formativo del cruce en mayores influye positivamente sobre algunos de los factores que pueden ser causa de accidentalidad (como cruzar más rápido y tomar mayor margen de seguridad). Sin embargo, dichos estudios informaron que el entrenamiento no mejora la estimación de la velocidad. Estos resultados sugieren que la combinación de la práctica de cruce de calzada simulada con el conocimiento de los peligros que subyacen tanto intrínseco (relativo a la práctica) como extrínseco (facilitado mediante una explicación) tiene un efecto positivo inmediato, pero si se deja de practicar perdería dicho efecto a medio y largo plazo (Dommes, 2010).

Un aspecto un tanto descuidado en la investigación es el papel que juega el contenido mismo de los estímulos distractores. Con independencia de si un estímulo ocupa un canal visual o auditivo, y de si éste es inesperado, o no, los estímulos distractores podrían estar directamente relacionados con el tráfico (ej.: el sonido de un claxon, la percepción de otros peatones), o no guardar ninguna relación con el tráfico (Ej.: el sonido de un teléfono móvil, la percepción de un anuncio luminoso).

Los hallazgos encontrados por la psicología experimental relacionados con la marcha en las personas mayores y los riesgos de caídas y su prevención, no se han generalizado de forma sistemática al contexto de seguridad vial y por lo tanto no se han incorporado suficientemente a la investigación del comportamiento peatonal. Los estudios que unen las dos perspectivas son escasos, además de no reunir el rigor de medida y el control de variables que caracterizan a los estudios experimentales frente a los observacionales.

Incorporar el paradigma de la doble tarea, propio del contexto experimental, al ámbito de la seguridad vial de las personas mayores, es el objetivo del trabajo. Además, pretendemos verificar el papel de la experiencia previa como conductores y del conocimiento de la normativa de tráfico en los protocolos educativos. Intentaremos conseguirlo mediante la creación de un simulador de cruce peatonal en todas sus condiciones (con semáforo y sin semáforo). En definitiva, se trata de establecer si el efecto de estímulos, tanto relacionados con el tráfico como no, interfiere de manera diferente en la conducta motora de cruce de calzada, dependiendo de la experiencia previa como conductores que tengan las personas.

2. Descripción de la buena práctica o experiencia de éxito.

El análisis del comportamiento peatonal ha sido un requisito previo fundamental. Se ha centrado, por un lado, en obtener una definición precisa de la problemática accidental con la necesidad de identificar aquellas variables que contribuyen a configurar patrones cognitivos y comportamentales de mayor o menor riesgo. Por otro lado, en la selección de objetivos educativos de relevancia para la seguridad del peatón, a fin de fundamentar empíricamente aquellas competencias que debe desarrollar todo peatón que pretenda realizar un cruce de calzada con seguridad. Por tanto, dicho análisis se considera un paso obligado en la evaluación e intervención educativa que vertebran una educación vial dirigida a la prevención de accidentes, mediante la identificación de comportamientos peatonales de riesgo y el desarrollo de programas educativos orientados a incorporar competencias seguras en el repertorio de los peatones.

Desde la literatura científica especializada son variadas las aproximaciones metodológicas desarrolladas en esa doble vertiente de evaluación e intervención educativa. Así podemos encontrar numerosos estudios que han partido de la observación naturalista de dichos comportamientos peatonales, ya sea mediante el registro directo o utilizando la grabación en diversos soportes para su posterior análisis. Sin embargo, los inconvenientes de los estudios observacionales en términos de costes (problemas de fiabilidad interobservadores, restricciones metodológicas propias de un procedimiento que no facilita la selección de sujetos y no permite la manipulación de variables), ponen de manifiesto sus limitaciones. En el extremo contrario, desde una perspectiva metodológica, encontraríamos los estudios de tipo experimental, que aportan ventajas en cuanto al control de las variables y a la sistematización de sus procedimientos. Sin embargo, también presentan desventajas en cuanto a la reducida validez ecológica del laboratorio que compromete la posible generalización de sus resultados a la vida cotidiana. De la valoración de las ventajas e inconvenientes asociadas a ambas opciones, se sigue la necesidad de optar por un procedimiento que pueda beneficiarse de algunas de las ventajas antes considerada. De ahí, la selección de un procedimiento de simulación que, bajo metodología experimental de campo, pueda permitir presentar en un entorno simulado de cruce de calzada estímulos relevantes para la seguridad del peatón (vehículos de distintas categorías, aproximándose al peatón a distintas velocidades).

En gran parte de la investigación realizada al respecto durante la última década, la

utilización de simuladores del entorno peatonal, ya sea para la evaluación o la intervención en Educación Vial, ha venido siendo muy frecuente. Si bien generalmente han partido de configuraciones de tráfico sencillas, en las que en vías de un solo sentido, se presentaban vehículos aproximándose a diversas velocidades. Recientemente se han llevado a cabo distintos estudios centrados en el diseño y desarrollo de simuladores peatonales en contextos más complejos: vías con tráfico aproximándose en ambos sentidos, y entornos visuales envolventes y adaptativos a los desplazamientos realizados por los peatones.

En esta línea, presentamos un modelo que incorpora la simulación de un cruce de calle de dos vías. Lo que se pretende con ello es valorar, en un contexto seguro, todo tipo de respuestas (velocidad de marcha, tiempo del paso, longitud del paso, tiempo de reacción, estimación del tiempo de llegada, discriminación de velocidad de los vehículos) ante la aparición de estímulos imprevistos de corta duración, relacionados o no con el tráfico. En la Figura 1 podemos observar cómo se disponen los distintos materiales a lo largo del simulador para conseguir una aproximación a la realidad con la mayor validez ecológica y, a su vez, un control de variables suficiente que caracteriza a los estudios experimentales.

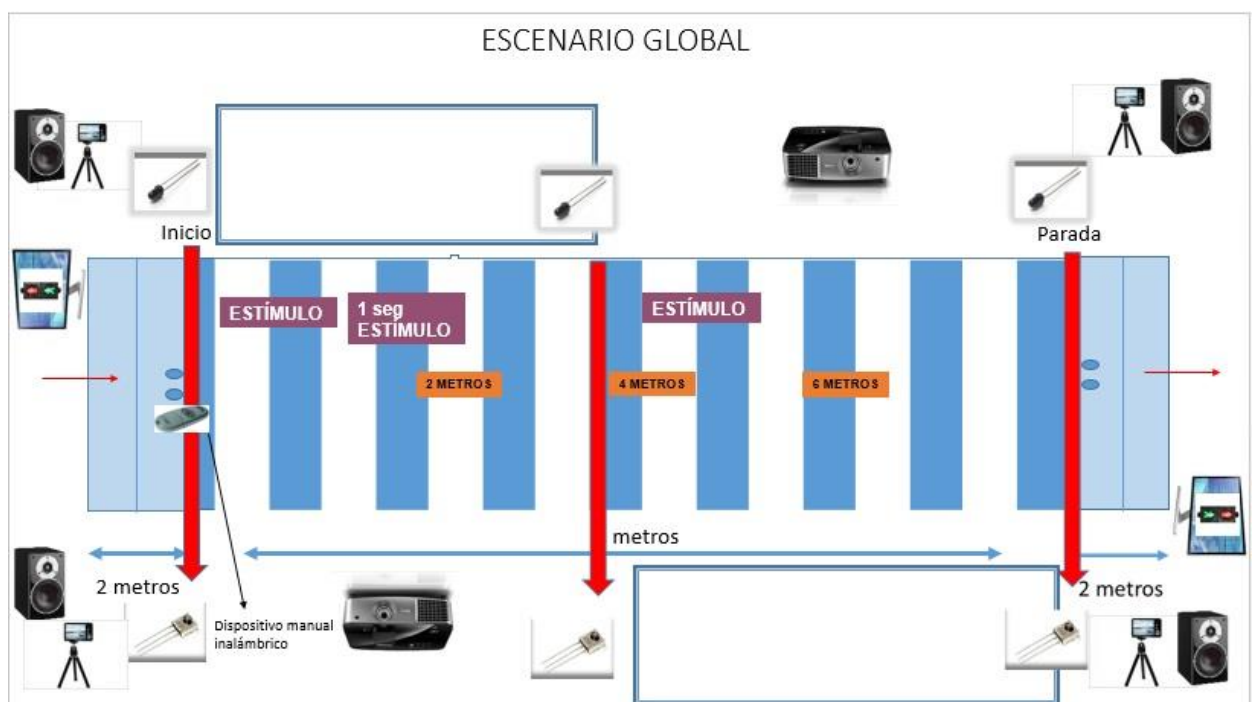


Figura 1. Escenario global de simulación de cruce

A continuación se presentan en la tabla 1 las características de los estímulos empleados en el simulador de cruce peatonal.

Tabla 1. Estímulos relacionados y no relacionados con el tráfico

ESTÍMULOS RELACIONADOS CON EL TRÁFICO						
Velocidad		1	2	3		
A	1	Renault	Peugeot	Wolkswagen	Turismo	60 Km/k
	2	Policía 1	DGT	Ambulancia	Emergencias	
	3	Grúa	Autobús	Furgón	Vehículo gran tamaño	
B	1	Renault	Peugeot	Wolkswagen	Turismo	40 Km/h
	2	Policía 1	DGT	Ambulancia	Emergencias	
	3	Grúa	Autobús	Furgón	Vehículo gran tamaño	
ESTÍMULOS NO RELACIONADOS CON EL TRÁFICO						
C	Sonido móvil					

} Audiovisuales
 } Auditivo

En un programa informático, elaborado a los efectos y vinculado con la presentación de estímulos, se recogen las respuestas proporcionadas por los participantes en el diseño.

3. Indicadores del impacto de la medida (personas formadas, folletos divulgativos entregados, número de cursos realizados, etc).

En nuestro ámbito de investigación, hemos desarrollado un blog mediante una herramienta proporcionada por la Universidad de Salamanca llamada "Diarium". En este blog llevamos a cabo una descripción detallada de nuestros avances en la investigación, así como la presentación de imágenes y vídeos, una de las ventajas de estas herramientas cibernéticas. Conseguimos con esto, una divulgación de nuestro trabajo global que permite no sólo ver el resultado final, si no ser partícipe del proceso de investigación y de creación del entorno de simulación comentado en el punto anterior.

La técnica de captura de movimiento (*Motion capture*) es una innovación en el estudio de cruce de peatones y en la creación de simuladores de cruce. Esta técnica se caracteriza por la captación del movimiento mediante el seguimiento de unos puntos clave que marcan el paso de la persona por el lugar, y que por lo tanto, le acompañan durante todo el recorrido. Esto es recogido gracias a la grabación de vídeo con cámaras de alta definición. Una de las innumerables ventajas de esta técnica es la libertad de movimiento que da a los participantes, al contrario de otras (Mazaheri, et al., 2014) en las que están obligados a llevar aparatajes que limitan su movimiento. Lo cual, a su vez, aumenta la validez ecológica de esta propuesta.

La presentación de estímulos se realiza de manera aleatoria y mediante la activación de unos dispositivos infrarrojos al cruzar el participante por determinados puntos de la calzada.

4. Justificación de por qué es buena práctica o experiencia de éxito. Cuantificación de su impacto en términos de reducción de la accidentalidad, si esta información está disponible.

La reducción de la accidentalidad se desarrolla a partir de dos vías. La primera e indirecta, va de la mano de la obtención de datos sobre comportamiento peatonal de mayores y jóvenes que se podrán traducir en mejoras en los programas formativos, optimización de diseño de infraestructuras y señalización, etc.

De forma más directa, el propio simulador servirá para entrenar a las personas mayores en la toma de decisiones eficaz en un entorno sin riesgo de un cruce de calzada, como por ejemplo:

- Aprender a detectar el riesgo de cruzar cuando no existe semáforo.
- Conseguir una buena estimación de la velocidad tanto de la aproximación de los vehículos, como de la suya propia al cruzar la calzada.
- Responder ante estímulos inesperados pero vinculados con el tráfico de forma segura.
- Adoptar una adecuada respuesta cognitivo-motora que reduzca la probabilidad de caídas ante la aparición de estímulos imprevistos.
- Aprender a valorar qué estímulos imprevistos no relacionados con el tráfico deben atender y cuándo.

5. Referencias

Al-Yahya, E., Dawes, H., Smith, L., Dennis, A., Howells, K., & Cockburn, J. (2011). Cognitive motor interference while walking: A systematic review and meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 35(3), 715-728. <http://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2010.08.008>

Beurskens, R., & Bock, O. (2012). Age-Related Deficits of Dual-Task Walking: A Review. *Neural Plasticity*, 2012, e131608. doi:10.1155/2012/131608

Dommes, A., Cavallo, V., & others. (2010). The beneficial effects of a simulator-based training on the elderly pedestrian safety. En *Proceedings of 12th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Persons*. Recuperado a partir de <http://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00615267/>

Dirección General de Tráfico (2011). Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020. Resumen ejecutivo. Recuperado a partir de http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/politicas-viales/estrategicos-2011-2020/doc/estrategico_2020_003.pdf

Holtzer R, Wang C, & Verghese J. (2012). The relationship between attention and gait in aging: facts and fallacies. *Motor Control*, 16(1), 64-80.

Lobjois, R., Benguigui, N., & Cavallo, V. (2013). The effects of age and traffic density on street-crossing behavior. *Accident, Analysis and Prevention*, 53, 166-175.

Martin, A. (2006). Factors influencing pedestrian safety: a literature review (No. PPR241). TRL. OECD (2001). *Ageing and transport; Mobility needs and safety issues*. Organisation for Economic Co-operation and Development OECD, Paris

Mazaheri, M., Roerdink, M., Bood, R. J., Duysens, J., Beek, P. J., & Peper, C. (Lieke) E. (2014). Attentional costs of visually guided walking: Effects of age, executive function and stepping-task demands. *Gait & Posture*, 40(1), 182-186. <http://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.03.183>

OECD. (2013). *Health at a Glance 2013*. OECD Publishing.

Schwebel, D. C., Stavrinos, D., Byington, K. W., Davis, T., O'Neal, E. E., & de Jong, D. (2012). Distraction and pedestrian safety: How talking on the phone, texting, and listening to music impact crossing the street. *Accident Analysis & Prevention*, 45, 266-271. <http://doi.org/10.1016/j.aap.2011.07.011>

Sparrow, W. A., Bradshaw, E. J., Lamoureux, E., & Tirosh, O. (2002). Ageing effects on the attention demands of walking. *Human Movement Science*, 21(5), 961–972.

Valentín, A.; Bueno, B. y Vega, J.L. (1997). Movilidad, limitaciones y estrategias compensadoras en los peatones y conductores españoles mayores de 55 años. *Carreteras*, (96), 87-93.