

Uso de simulador de conducción adaptado de bajo costo en entorno de realidad virtual en personas con lesión medular tipo paraplejia. Una serie de casos

LUIS ALDANA F¹, VIVIANO CID S¹, SERGIO REYES B¹.

¹Instituto Teletón
Concepción.

Correspondencia a:
Luis Aldana F.
laldana@teleton.cl

Recibido: 13 de abril de
2022
Aceptado: 05 de mayo de
2022

ABSTRACT

Use of a low-cost adapted driving simulator in a virtual reality environment in people with paraplegia-type spinal cord injury. A series of cases

Introduction: The ability to drive a motorized vehicle impacts the community participation of a person with congenital or acquired spinal cord injury. In this regard, driving simulators serve both for training and to determine suitability for driving a motorized vehicle. **Objective:** To describe the experience of using an adapted driving simulator in a virtual reality environment in people with paraplegia-type spinal cord injury of congenital or acquired origin. **Method:** 6 users with congenital or acquired paraplegia, between 18 and 24 years of age, with no history of visual pathology, with maximum resistance and complete sensitivity in upper limbs, were selected. All received 8 sessions of 40 minutes of use of the simulator. Baseline evaluation was applied, at the first and third month post-intervention on functional status, psychosocial impact of technological assistance (PIADS) and user satisfaction. **Results:** In PIADS, the score for Adaptability is constant with maximum score measured at 1 and 3 months. In the same period, the Competence score rises from 2.6 to 2.7, while Self-esteem rises from 2.1 to 2.2 points. In the satisfaction survey, the highest and constant rating stands out in the item "Recommendation of the simulator". None of these changes was statistically significant. **Conclusion:** The changes observed in the scores, although not significant, are positive and consistent with the theoretical background regarding the evaluation of the experience of using an adapted driving simulator in a virtual reality environment.

Keywords: spinal cord injury, driving simulator, manual adaptation to drive vehicles, virtual reality.

RESUMEN

Introducción: La capacidad de conducir un vehículo motorizado impacta en la participación comunitaria de una persona con lesión medular congénita o adquirida. Al respecto, los simuladores de conducción sirven tanto de en-

trenamiento como para determinar la idoneidad para conducir un vehículo motorizado. **Objetivo:** Describir la experiencia de uso de un simulador de conducción adaptado en entorno de realidad virtual en personas con lesión medular tipo paraplejia de origen congénito o adquirido. **Método:** Se seleccionaron 6 usuarios/as con paraplejia congénita o adquirida, entre 18 y 24 años de edad, sin antecedentes de patología visual, con resistencia máxima y sensibilidad completa en miembros superiores. Todos recibieron 8 sesiones de 40 minutos de uso del simulador. Se aplicó evaluación basal, al primero y tercer mes post intervención sobre estado funcional, impacto psicosocial de la asistencia tecnológica (PIADS) y satisfacción usuaria. **Resultados:** En PIADS, el puntaje para Adaptabilidad es constante con puntuación máxima midiendo en 1 y 3 meses. En el mismo periodo, el puntaje de Competencia sube de 2,6 a 2,7, mientras que Autoestima sube de 2,1 a 2,2 puntos. En la encuesta de satisfacción destaca la valoración máxima y constante en el ítem “Recomendación del simulador”. Ninguno de estos cambios fue estadísticamente significativo. **Conclusión:** Los cambios observados en las puntuaciones, aun no siendo significativos, son positivos y consistentes con los antecedentes teóricos respecto a la valoración de la experiencia de uso de simulador de conducción adaptado en entorno de realidad virtual.

Palabras clave: lesión medular, simulador de conducción, adaptación manual para conducir vehículos, realidad virtual.

Introducción

La lesión medular (LM) se define como una interrupción de la conexión nerviosa que existe entre el cerebro y la parte distal de la columna lumbar por defecto o lesión en el cordón medular¹.

Semiológicamente, las lesiones medulares espinales (LME) se dividen en paraplejia y tetraplejia. La paraplejia es la afectación de los miembros inferiores en lesiones por debajo de la última vértebra cervical².

La capacidad de movilizarse de forma independiente favorece el crecimiento de múltiples áreas, tales como el desempeño laboral, una vida social activa, mantener las amistades, participar de las actividades familiares, poder realizar las compras personales y del hogar, realizar paseos, reaccionar frente a una urgencia³.

Hay que considerar que conducir un automóvil es una actividad muy compleja que requiere de la indemnidad e integración de múltiples habilidades. Entre éstas, las más importantes incluyen contar con una buena

visión, motricidad gruesa y fina, habilidades cognitivas complejas, rápida velocidad de reacción frente a estímulos y la capacidad de atender y procesar más de un estímulo a la vez³.

La capacidad de conducir un vehículo motorizado influye en diversos aspectos de la vida de una persona, pudiendo contribuir en su nivel de independencia. Después de una lesión medular traumática, la capacidad de conducir tiene un impacto significativo en la capacidad para participar en actividades laborales y recreativas⁴ e influye en la calidad de vida percibida en general^{5,6}.

Al respecto, y de forma auxiliar a la situación antes expuesta, se presenta la Realidad Virtual, la cual es una simulación de un entorno real generada por computador en la que, a través de una interfaz hombre-máquina, se permite al usuario interactuar con ciertos elementos dentro del escenario simulado⁷.

Existe evidencia positiva en que el entrenamiento de conducción mediante realidad virtual mejora significativamente el rendimiento de conducción de los pacientes con lesiones cerebrales adquiridas^{8,9}.

En la actualidad, los simuladores de conducción han demostrado ofrecer una alternativa valiosa para el entrenamiento, para determinar la idoneidad para conducir un vehículo motorizado y para determinar problemas físicos presentados por los usuarios mientras conducen en un entorno simulado. En síntesis, los simuladores de conducción son una herramienta útil de evaluación y formación¹⁰.

Materiales (o pacientes) y Métodos

a) Información de los pacientes

La identificación de los usuarios y usuarias que participaron en este proyecto comenzó con una revisión de la base de datos del Instituto Teletón Concepción en donde se encuentra la información de cada paciente y, por supuesto, de aquellos con alteraciones raquimedulares. Al respecto, y en resguardo de la validez de los resultados, se estableció adicionalmente un conjunto de criterios de inclusión que el usuario/a debía cumplir para participar en este estudio: Pacientes activos del IT Concepción de edades entre los 18 y los 24 años, con diagnóstico de Lesión medular de tipo paraplejia congénita o adquirida, sin compromiso cognitivo, con capacidad de realizar transferencia silla-vehículo (que haya recibido entrenamiento de Terapia Ocupacional), sin experiencia de conducción previa o que hayan obtenido licencia de conducir, todos sin antecedentes de patología visual, con control de tronco sentando sin requerir apoyo de manos por más de 30 segundos, rangos articulares conservados, fuerza M5, es decir resistencia máxima y sensibilidad completa en miembros superiores.

Entre todos aquellos usuarios y usuarias que cumplieran estos criterios se realizó una selección aleatoria de 6 pacientes, tres de sexo femenino y tres de sexo masculino, quienes fueron contactados durante del control médico periódico que forma parte del plan médico-terapéutico de Teletón, instancia en la cual el médico fisiatra responsable de este proyecto invitó y explicó en forma general los objetivos de la investigación. Cuando el paciente aceptó participar, se le hizo entrega del documento consentimiento informado solicitándole su

firma. Una vez firmado el consentimiento se procedió a realizar la Evaluación médica para derivar pacientes a simulador de conducción.

De acuerdo a la evaluación de rutina realizada por un/a asistente social del equipo de clínica, no se visualizaron factores de riesgo psicosociales en ninguno de los usuarios/as. En cuanto a la principal actividad u ocupación que desempeñaban al momento realizar este estudio, tres de ellos refirieron estar cursando estudios superiores, uno dedicado al deporte de alto rendimiento, un trabajador remunerado y uno sin ocupación. Todos independientes en AVD.

b) Componentes del simulador de conducción

- Pantalla LCD de 32 pulgadas, resolución de 1920 x 1080.
- Silla de madera acojinada.
- Volante marca Thrusmaster de alta precisión con ángulo de giro de 100°.
- Dos pedales Thrusmaster con reposapiés ancho, ángulo de inclinación ajustable para cada pedal y ambos pedales incorporan resistencia progresiva.
- Un computador con Windows 10, procesador Intel core i5, RAM de 8 Gb y tarjeta de video Nvidia Geforce GT de 2Gb.
- Software City Car Driving Simulator.

Se desarrolló una estructura general que permitiera la fijación y seguridad de la pantalla Led a la pared y la pedalera en el piso, para la cual se utilizó una base de melanina. Se contempló una altura de instalación de la pantalla LED de 94 cm con respecto al suelo y una distancia de 70 cm entre la pantalla y la ubicación del paciente. Una vez fijadas la pantalla y la pedalera al piso, para fijar el volante se instaló una mesa de melanina anclada al piso regulable en altura. Posteriormente se añadió un computador con el software de realidad virtual instalado.

Para el uso de la pedalera, se desarrolló adaptación manual para conducir vehículos con tubos de aluminios que además permiten una regulación ajustable a la estatura del usuario. La adaptación permite realizar las acciones de frenado y aceleración utilizando las manos (Figuras 1, 2 y 3).

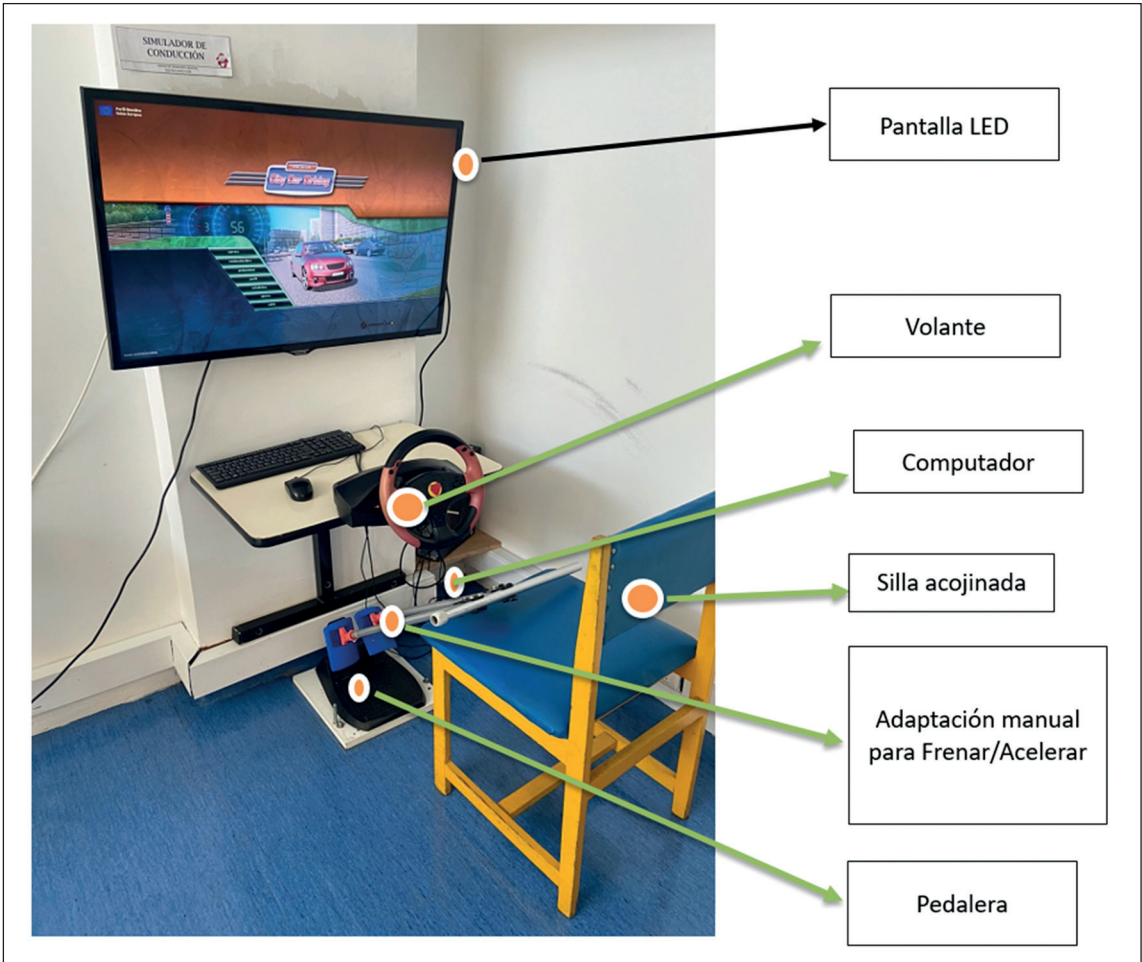


Figura 1, Elementos que componen el simulador.



Figura 2, Software de realidad virtual.



Figura 3, Adaptación manual para conducir vehículos.

c) Método de evaluación psicosocial

Para realizar la evaluación del impacto psicosocial se utilizó la escala del impacto psicosocial de la asistencia tecnológica (PIADS)¹¹, la que ha demostrado fiabilidad y validez para estas mediciones. Esta escala permite evaluar los efectos de un dispositivo de asistencia en ámbitos de competencia, adaptabilidad y autoestima, considerando la repercusión de estas en la calidad de vida. PIADS consta de tres escalas con veintiséis ítems en total a evaluar con una valoración posible de -3 puntos (ha disminuido la dimensión estudiada) a tres puntos (la dimensión estudiada ha aumentado). Entre ambas valoraciones se encuentra la opción cero, que se aplica cuando el usuario no está seguro sobre que puntuación a aplicar o decide que la asistencia tecnológica no tiene efecto alguno. Este instrumento fue aplicado en estado basal (sin el entrenamiento en el simulador), después de un mes de haber realizado el entrenamiento y finalmente a los tres meses del entrenamiento.

Todos los usuarios y usuarias seleccionados participaron íntegramente en 8 sesiones de uso del simulador con una duración de 40 minutos cada una. La primera sesión fue de familiarización con el simulador. Aquí el investigador orientó al usuario sobre las instrucciones de uso y de conducción de acuerdo a las reglas del tráfico de Chile como, por ejemplo, conducción por la derecha de la vía.

Durante las sesiones restantes se aumentó el nivel de complejidad de la conducción, la cual puede efectuarse en tres escenarios y ambientes distintos: interurbano, ciudad y autopista.

Los niveles de complejidad tienen relación con la frecuencia de tráfico creciente, aumento de los conductores y aumento de las situaciones de tráfico peligroso generado por peatones y conductores.

Por tratarse de una muestra muy pequeña como para suponer una distribución normal¹³, para realizar la comparación estadística de las mediciones del PIADS entre la primera y segunda medición se utilizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para muestras relacionadas.

Resultados

La evaluación del impacto psicosocial mediante pauta PIADS mostró un incremento de 2,6 puntos en promedio en los ámbitos estudiados al mes de seguimiento, manteniéndose constante luego de 3 meses post intervención. Con respecto a la observación individual de cada dimensión de la escala, Adaptabilidad fue la dimensión que presentó un mayor aumento, alcanzando, en promedio, la puntuación máxima al mes de seguimiento, manteniéndose constante luego de 3 meses post intervención.

Tabla 1. Resultado de impacto psicosocial de la asistencia tecnológica en seguimiento con evaluación PIADS

Evaluación PIADS	Basal Ptje.	1 mes Ptje.	3 meses Ptje.
Competencia	0	2,6	2,7
Adaptabilidad	0	3,0	3,0
Autoestima	0	2,1	2,2

Tabla 2. Test de Wilcoxon PIADS

	Competencia_seguimiento_2 - Competencia_seguimiento_1	Autoestima_seguimiento_2 - Autoestima_seguimiento_1
Z	-1,342	-1,633
Sig. asintót. (bilateral)	,0180	,0102

Sig. asintót. (bilateral) > 0,05 = Se acepta hipótesis nula de no diferencia estadística significativa entre ambas mediciones. Se desestima el cálculo para la dimensión Adaptabilidad por ser constante. Se asume igualdad de medianas.

La dimensión Competencia, en tanto, puntuó en promedio 2,6 luego de un mes y 2,7 a los 3 meses de haber concluido la intervención. Finalmente, la dimensión Autoestima alcanzó el puntaje promedio más bajo, llegando a 2,1 al mes de intervención y a 2,2 pasados 3 meses en su puntuación respecto de la evaluación basal (Tabla 1).

Al realizar la prueba de comparación de medianas de Wilcoxon para cada dimensión entre los seguimientos luego de 1 y 3 meses post intervención, no se registraron diferencias estadísticas significativas (Tabla 2).

Respecto a la encuesta de satisfacción usuaria, destaca la constancia con que los usuarios/as expresan estar satisfechos con la experiencia de uso del simulador de conducción. Tal como se aprecia en la Tabla 3, dos usuarios/as mantuvieron su valoración promedio 7 entre los seguimientos a 1 y 3 meses post intervención, mientras que un usuario/a mantuvo su valoración promedio en 6,9. Por otra parte, dos usuarios/as aumentaron su satisfacción usuaria promedio entre los seguimientos a 1 y 3 meses post intervención. Más concretamente, uno de ellos aumentó su valoración promedio desde 6,6 a 6,9, mientras que el otro hizo lo propio desde 6,6 a 7. También destaca que el promedio grupal entre los seguimientos a

1 y 3 meses post intervención se mantiene constante en 6,7 puntos, en donde, para el seguimiento a un mes, 3 usuarios/as registraron puntajes promedio por debajo del promedio grupal, mientras que para el seguimiento a 3 meses solo un usuario/a se encontró debajo del promedio grupal, quien, por lo demás, bajó su puntuación promedio entre los seguimientos a 1 y 3 meses post intervención desde 6,3 a 5,5 puntos.

Respecto a quiénes, según sexo, se ubican

Tabla 3. Puntajes promedio individual y general de la encuesta de satisfacción usuaria

	Promedio individual seguimiento 1	Promedio individual seguimiento 2
Usuarios	7	7
	6,9	6,9
	6,6	6,9
	7	7
	6,6	7
	6,3	5,5
Promedio grupal	6,7	6,7

Valores desatacados se encuentran por debajo del promedio grupal.

por sobre o por debajo del promedio grupal en la encuesta de satisfacción usuaria, se observa en la Tabla 4 que para el seguimiento a un mes post intervención tanto mujeres como hombres tienen puntajes promedio por debajo del promedio grupal, ambos con 6,5 frente a 6,7. Mientras que para el seguimiento a 3 meses los hombres se mantienen bajo el promedio grupal con 6,46 puntos (más bajo que el seguimiento a un mes) y la mujeres suben respecto al primer seguimiento llegando a 6,96 puntos, ubicándose por sobre el promedio grupal.

Finalmente, de la encuesta de satisfacción destaca también la obtención de valoración máxima en el ítem “Recomendación del simulador”, lo cual se mantiene constante en ambos seguimientos (Tabla 4).

Discusión

La concepción de esta investigación ha sido valorar la experiencia e impacto que puede tener un simulador de conducción en la calidad de vida de los participantes. Al respecto, el estudio ha mostrado que el simulador de conducción incide en aspectos como la *confianza en sí mismo*, la *autoestima* y la *independencia*. Más concretamente, los resultados observados sugieren que el uso de esta tecnología afectó positivamente la calidad de vida de los usuarios y usuarias que participaron, lo anterior se señala en relación al incremento en el nivel de calidad de vida (resultados observados en PIADs), especialmente en *adaptabilidad*. Además, los resultados obtenidos entregan evidencia respecto a la estabilidad de dichos efectos, los cuales se extienden en el tiempo más allá del momento acotado que significó la experiencia de uso del simulador de conducción. No obstante, la escasez de revisiones disponibles en la literatura mundial no permite sugerir concluyentemente que resultados obtenidos aquí sobre el impacto psicosocial de esta tecnología sean extensivos, o estén correlacionados, a cualquier otra población de características similares.

La conducción de un vehículo, considera habilidades cognitivas, sensoriales y físicas,

Tabla 4. Resultado tabulación cruzada por género de encuesta de satisfacción usuaria

	Hombres	Mujeres
Seguimiento 1	6,50	6,50
Seguimiento 2	6,46	6,96

Valores desatacados se encuentran por debajo del promedio grupal.

Tabla 5. Resultado Recomendación del simulador, Encuesta de Satisfacción Usuaria

	Promedio Recomendación simulador
Seguimiento 1	7
Seguimiento 2	7

las medidas de atención, el tiempo de reacción, la memoria, la función ejecutiva, el estado mental, la función visual y las variables de la función física se asociaron con las medidas de resultado de la conducción¹². Habiendo realizado esta experiencia de conducción simulada mediante la representación de diferentes realidades virtuales con aumento paulatino de la complejidad y dificultad de la conducción, se ha podido también observar beneficios en el rendimiento cognitivo asociados a funciones ejecutivas como la concentración y la memoria, lo anterior posible de contemplar mediante la capacidad de retención de información y la mejora progresiva en el rendimiento para la ejecución de tareas a medida que aumentaba la dificultad de las pruebas.

El estudio aborda un campo apasionante que nos empuja a seguir investigando en esta dirección y en especial con personas con discapacidad física. La revisión de estos casos plantea la necesidad de seguir incorporando pacientes a la experiencia del uso del simulador de conducción adaptado para valorizar lo observado.

La continuación de esta línea de investigación nos permitirá mejorar los procesos que implican la protocolización del desarrollo de esta tecnología como experiencia en el proceso de rehabilitación funcional.

Referencias bibliográficas

1. Scivoletto G, Miscusi M, Forcato S, Ricciardi L, Serrao M, Bellitti R, Raco A. The rehabilitation of spinal cord injury patients in Europe. *Trends in Reconstructive Neurosurgery*: Springer; 2017. p. 203-10.
2. Lema CPH, Parra JEP. Lesiones medulares y discapacidad: revisión bibliográfica. *Aquichan*. 2010;10(2):157-72.
3. García D. ¿Puedo conducir un automóvil, doctor?: Evaluación para el manejo de automóviles en personas con discapacidad y su importancia en la rehabilitación. *Revista médica de Chile*. 2010;138(2):243-50.
4. Kiyono Y, Hashizume C, Matsui N, Ohtsuka K, Takaoka K. Car-driving abilities of people with tetraplegia. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2001;82(10):1389-92.
5. Chan SC, Chan AP. User satisfaction, community participation and quality of life among Chinese wheelchair users with spinal cord injury: a preliminary study. *Occupational Therapy International*. 2007;14(3):123-43.
6. Siösteen A, Lundqvist C, Blomstrand C, Sullivan L, Sullivan M. The quality of life of three functional spinal cord injury subgroups in a Swedish community. *Spinal cord*. 1990;28(8):476-88.
7. Peñasco-Martín B, De los Reyes-Guzmán A, Gil-Agudo Á, Bernal-Sahún A, Pérez-Aguilar B, De la Peña González AI. Aplicación de la realidad virtual en los aspectos motores de la neurorrehabilitación. *Rev Neurol*. 2010;51(481):8.
8. Lew HL, Poole JH, Lee EH, Jaffe DL, Huang H-C, Brodd E. Predictive validity of driving-simulator assessments following traumatic brain injury: a preliminary study. *Brain Injury*. 2005;19(3):177-88.
9. Wald JL, Liu L, Reil S. Concurrent validity of a virtual reality driving assessment for persons with brain injury. *CyberPsychology & Behavior*. 2000;3(4):643-54.
10. Carlozzi NE, Gade V, Rizzo AS, Tulskey DS. Using virtual reality driving simulators in persons with spinal cord injury: three screen display versus head mounted display. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 2013;8(2):176-80.
11. Day H, Jutai J. Measuring the psychosocial impact of assistive devices: the PIADS. *Canadian Journal of Rehabilitation*, 1996;9:159-68.
12. Anstey KJ, Wood J, Lord S, Walker JG. Cognitive, sensory and physical factors enabling driving safety in older adults. *Clinical psychology review*. 2005;25(1):45-65.
13. Gómez-Gómez M, Danglot-Banck C, Vega-Franco L. Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría* 2003;70(2):91-9.