Virtual Reality Simulator for Driver Training and Evaluation in Huanuco: A Work in Progress

Renzo André Panduro Moscoso[1], Arvic Kenedi Jara Herrera[1], Edwin Junior Saavedra Dominguez[1], Jose Santos Herrada Torres[1], Rivaldo Carlos Duran-Aquino[1]
[1] Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú, 2020160035@udh.edu.pe, 2020210360@udh.edu.pe, 2020210322@udh.edu.pe, 2022111899@udh.edu.pe, rivaldocarlosduranaquino@gmail.com

***Abstract*– The process of obtaining the A1 type license in Peru presents multiple challenges, such as high costs, risks in practice with real vehicles, and the limited availability of infrastructure in regions with fewer resources. The primary objective of this work-in-progress paper is to detail the initial design and development methodology of a virtual reality (VR) simulator specifically created to replicate the official Ministry of Transport and Communications (MTC) evaluation circuit in Huánuco. The simulator combines 3D modeling in Blender with dynamic simulation in Assetto Corsa, integrating Logitech haptic hardware to improve the immersive user experience. Although preliminary results show the fidelity of the virtual environment and its potential to reduce costs and improve the effectiveness of preparation for the practical exam, empirical tests with users have not yet been carried out. This work seeks to lay the groundwork for future studies that validate the simulator's effectiveness in practical training contexts and explore the integration of simulated traffic and dynamic environmental conditions.**

***Keywords*– Virtual reality, road training, dynamic simulation, road safety, driver training.**

Simulador de Realidad Virtual para la Formación y Evaluación de Conductores en Huánuco: Trabajo en Progreso

Renzo André Panduro Moscoso[1], Arvic Kenedi Jara Herrera[1], Edwin Junior Saavedra Dominguez[1], Jose Santos Herrada Torres[1], Rivaldo Carlos Duran-Aquino[1]
[1] Universidad de Huánuco, Huánuco, Perú, 2020160035@udh.edu.pe, 2020210360@udh.edu.pe, 2020210322@udh.edu.pe, 2022111899@udh.edu.pe, rivaldocarlosduranaquino@gmail.com

Resumen– ***El proceso de obtención del brevete tipo A1 en el Perú presenta múltiples desafíos, como costos elevados, riesgos en la práctica con vehículos reales y la limitada disponibilidad de infraestructura en regiones con menores recursos. En este trabajo en progreso, se presenta el desarrollo inicial de un simulador de realidad virtual (VR) diseñado para replicar el circuito oficial de evaluación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en Huánuco. El simulador combina modelado 3D en Blender con simulación dinámica en Assetto Corsa, integrando hardware háptico para mejorar la experiencia inmersiva del usuario. Aunque los resultados preliminares muestran la fidelidad del entorno virtual y su potencial para reducir costos y mejorar la efectividad de la preparación para el examen práctico, aún no se han realizado pruebas empíricas con usuarios. Este trabajo en progreso busca sentar las bases para estudios futuros que validen la efectividad del simulador en contextos prácticos y exploren la integración de tráfico simulado y condiciones ambientales dinámicas.***

Palabras clave– ***Realidad virtual, formación vial, simulación dinámica, seguridad vial, preparación de conductores.***

I. Introducción

Obtener una licencia de conducción (brevete) es un requisito fundamental para la movilidad individual en el Perú, administrado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Este proceso implica la superación de exámenes teóricos y prácticos que evalúan las habilidades y conocimientos necesarios para manejar de manera segura y eficiente en diversas condiciones de tráfico [1]. Específicamente, el brevete tipo A1, la licencia de conducción básica, autoriza a los ciudadanos a operar una variedad de vehículos particulares, excluyendo motocicletas y maquinaria agrícola, asegurando que los conductores posean las competencias esenciales para la circulación vial [2].

El examen práctico para obtener el brevete tipo A1 se realiza en un circuito establecido por el MTC, donde se evalúan aspectos cruciales como el control de la velocidad, el uso adecuado de los espejos, el respeto a las señalizaciones y las habilidades de estacionamiento [3]. En la región de Huánuco, la Dirección de Transportes ha implementado un circuito específico para estos exámenes, facilitando una evaluación más precisa y adaptada a las condiciones locales [4]. Sin embargo, el proceso de preparación para esta prueba enfrenta diversas limitaciones, incluyendo costos elevados, riesgos asociados al aprendizaje en condiciones no supervisadas y dificultades logísticas en el acceso a espacios adecuados para la práctica [5], [6]. Estos factores pueden restringir la formación de calidad, particularmente en regiones con menores recursos.

A nivel global, diversas tecnologías han sido adoptadas para mejorar la accesibilidad y eficacia del entrenamiento práctico en conducción. Entre ellas, la realidad virtual (VR) se destaca por su capacidad para recrear entornos realistas y situaciones de alto riesgo sin comprometer la seguridad de los usuarios [7], [8]. Los simuladores de VR han demostrado ser herramientas efectivas para la formación de conductores, permitiendo la práctica en entornos seguros y replicando con alta fidelidad las condiciones de exámenes oficiales [9]. Además, la integración de sensores y retroalimentación en tiempo real ha mejorado la experiencia de aprendizaje, proporcionando métricas precisas sobre el desempeño del usuario [10], [11].

En el contexto de Huánuco, la implementación de un simulador de realidad virtual podría ofrecer una solución accesible y eficiente para la preparación del examen práctico de manejo. Estudios recientes han señalado que los simuladores de VR no solo mejoran la retención de conocimientos y habilidades prácticas, sino que también permiten la adaptación de escenarios de entrenamiento a diversas condiciones de tráfico y clima [12], [13]. La simulación de situaciones de alto riesgo, como intersecciones complejas y condiciones meteorológicas adversas, brinda a los aspirantes la oportunidad de enfrentar desafíos realistas sin exponerse a peligros físicos [14].

Este trabajo en progreso presenta el desarrollo inicial de un simulador de realidad virtual diseñado para facilitar la preparación de aspirantes a conductores en Huánuco, replicando con precisión el circuito oficial del MTC. El simulador incorpora modelado tridimensional detallado, interacción háptica y simulación de conducción realista para proporcionar un entorno de aprendizaje inmersivo. Aunque el diseño preliminar ha demostrado su viabilidad técnica, aún no se han realizado estudios de validación con usuarios. Por ello, este estudio sienta las bases para futuras investigaciones que evaluarán la efectividad del simulador en términos de aprendizaje y desempeño en la prueba de manejo, así como la

posible integración de tráfico simulado y condiciones ambientales dinámicas [15].

II. Materiales y Métodos

A. *Diseño general*

El diseño del simulador de realidad virtual tuvo como objetivo replicar fielmente las condiciones del examen práctico para obtener el brevete tipo A1, conforme a los estándares del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Los requisitos del software se definieron directamente a partir de la normativa oficial del MTC para el examen A1 y mediante la observación y medición directa del circuito físico en Huánuco, asegurando una réplica precisa de las condiciones y maniobras de la prueba. Se modeló un circuito virtual que recrea con precisión las pruebas oficiales realizadas en Huánuco, incluyendo maniobras críticas como estacionamientos en paralelo, diagonal y perpendicular, además de giros cerrados y pruebas de control del tamaño del vehículo. Este circuito virtual se desarrolló utilizando el software Blender, que permitió mapear con exactitud las dimensiones reales y las señalizaciones del campo físico.

Para este trabajo en progreso, se considera que la fidelidad del diseño es prometedora, pero requiere validación mediante pruebas empíricas con usuarios.

En la Fig. 1, se observa la versión digital del circuito de pruebas completo, donde se destacan las áreas específicas diseñadas para cada maniobra. Este diseño permitió integrar elementos clave como conos, delimitadores de carril y zonas de estacionamiento, esenciales para simular los desafíos del examen oficial.

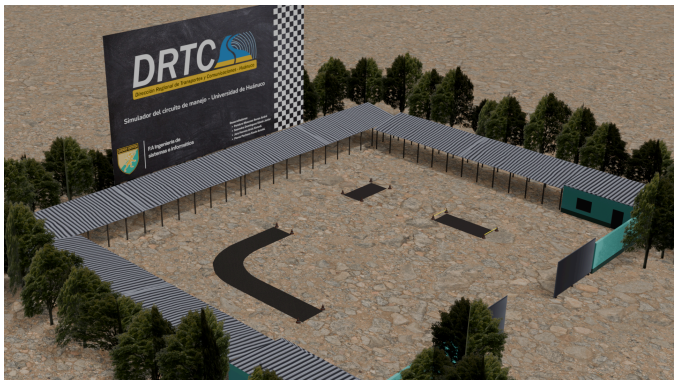

Fig. 1 Vista digital del campo completo de prueba.

B. *Herramientas utilizadas*

El desarrollo del simulador combinó herramientas de software y hardware que garantizan precisión y realismo en las simulaciones. El proceso de desarrollo implicó el uso de Blender para el modelado tridimensional detallado del terreno, las marcas viales y la señalización del circuito, basándose en las especificaciones oficiales y mediciones in situ. Por otro lado, la plataforma de simulación Assetto Corsa, reconocida en el estado del arte de la simulación de conducción por su motor de físicas realista y capacidades de modificación (modding), se utilizó para implementar las propiedades dinámicas del entorno, como la adherencia del pavimento y el comportamiento físico de los vehículos, permitiendo la importación del modelo 3D personalizado.

En términos de hardware, se integraron periféricos Logitech, incluyendo volante, pedales y una palanca de cambios, que proporcionaron una experiencia inmersiva gracias a la retroalimentación háptica. Estos dispositivos fueron configurados para simular las condiciones reales del manejo, ajustando parámetros como la sensibilidad del volante y la resistencia en giros.

C. *Escenarios de entrenamiento*

El simulador incluye dos escenarios principales diseñados para optimizar el aprendizaje práctico:

1) Circuito oficial virtualizado: Este escenario replica el campo de pruebas del MTC en Huánuco, diseñado para evaluar maniobras como estacionamiento paralelo, diagonal y perpendicular, además de pruebas de control del tamaño del vehículo en espacios reducidos. Aunque este circuito virtual se ha modelado con precisión, se debe validar empíricamente su efectividad en un contexto real de entrenamiento. En la Fig. 2, se presenta un diagrama explicativo *que* detalla las fases de preparación y ejecución dentro del simulador, mostrando cómo los usuarios progresan desde la selección de escenarios hasta la práctica en condiciones simuladas.

Fig. 2 Aspectos del simulador y su funcionamiento.

2) Campo físico complementario: Aunque el enfoque principal del estudio fue la virtualización, también se consideró el diseño del campo físico como referencia para validar la precisión del simulador. La Fig. 3, muestra una sección real del circuito físico utilizado para documentar las dimensiones y condiciones de prueba.

Fig. 3 Vista real de una parte del campo de prueba.

D. Diseño de las maniobras

El simulador permite a los usuarios practicar maniobras específicas evaluadas durante el examen de manejo. Estas maniobras incluyen el estacionamiento en paralelo, diagonal y perpendicular, así como el control del tamaño del vehículo y los giros cerrados. El diseño de estas maniobras ha sido adaptado de acuerdo a las pruebas estándar del MTC en Huánuco, aunque aún está pendiente una validación más profunda sobre la eficacia del entrenamiento en comparación con la formación tradicional en vehículos reales.

En la Fig. 4, se detalla un esquema visual que resume estas maniobras, resaltando la secuencia de pruebas y los criterios evaluados en cada una.

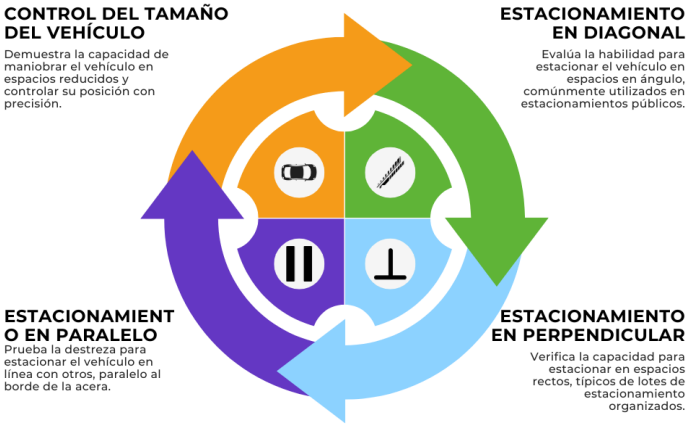

Fig. 4 Esquema de las maniobras evaluadas en el examen de manejo

.

E. Configuración técnica

La configuración del simulador se diseñó para adaptarse tanto a usuarios principiantes como avanzados. Los parámetros iniciales incluían asistencias visuales y guías, mientras que las configuraciones avanzadas las desactivan para una experiencia más realista. Se incorporaron vehículos como el Toyota Corolla y Yaris, ajustados para emular su comportamiento dinámico real. El proceso técnico incluyó la calibración del hardware (periféricos Logitech) y la integración del modelo 3D del circuito y los modelos vehiculares dentro del entorno de Assetto Corsa.

La configuración específica utilizada para el desarrollo y las pruebas iniciales (aplicación actual) consiste en un PC compatible con Assetto Corsa, los periféricos Logitech mencionados y una pantalla (en este caso, ultrawide para ampliar el campo visual, como se ve en Fig. 5). La aplicación final prevista sería en centros de formación o para uso individual, requiriendo un equipamiento similar (PC, software Assetto Corsa con el mod del circuito, y periféricos de conducción estándar o VR). Aunque la integración muestra resultados preliminares positivos, se requieren pruebas con usuarios para afinar la interacción y validar la configuración.

La Fig. 5, muestra a un usuario interactuando con el simulador, utilizando los periféricos Logitech y una pantalla ultrawide que amplió el campo de visión, permitiendo una percepción espacial óptima durante las maniobras

.

Fig. 5 Usuario utilizando el simulador.

F. Resultados implícitos en el diseño

Aunque no se realizó una validación formal con usuarios externos, el simulador mostró gran potencial como herramienta educativa. La fidelidad del diseño permitió replicar las maniobras del examen oficial, y las métricas generadas por el sistema facilitaron la retroalimentación inmediata. Se observó que las prácticas repetitivas ayudaron a familiarizarse con las condiciones de examen, reduciendo riesgos y potencialmente los costos de preparación. Si bien un objetivo clave es la reducción de costos frente a la formación tradicional (alquiler de vehículo, instructor, uso de circuito físico), un análisis detallado de los costos finales de implementación y operación del simulador (hardware, licencias de software si aplicasen, mantenimiento) está pendiente y formará parte de evaluaciones futuras, dependiendo de los escenarios de despliegue. Esta combinación de tecnología y diseño funcional posiciona al simulador como una alternativa potencialmente accesible y eficiente, especialmente en regiones como Huánuco, pero requiere validación exhaustiva.

Además, se observó que las prácticas repetitivas en el simulador ayudaron a los usuarios a familiarizarse con las condiciones de examen, reduciendo los riesgos asociados al aprendizaje en vehículos reales y los costos de preparación.

Esta combinación de tecnología avanzada y diseño funcional posiciona al simulador como una alternativa accesible y eficiente para la formación vehicular, especialmente en regiones con recursos limitados como Huánuco. Sin embargo, se requiere una validación más exhaustiva para determinar el impacto de estas prácticas en la preparación real para los exámenes de manejo.

III. Discusión

El diseño del simulador de realidad virtual (VR) presentado en este trabajo aborda de manera prometedora los desafíos asociados a la preparación para el examen práctico de manejo tipo A1 en Huánuco. El simulador, al replicar con alta precisión el circuito oficial del MTC, permite a los aspirantes practicar maniobras críticas como estacionamientos y giros cerrados en un entorno controlado y seguro. Los resultados preliminares del diseño muestran un gran potencial para reducir costos y riesgos asociados a la formación vehicular, al tiempo que ofrece una experiencia inmersiva mediante el uso de hardware háptico.

Investigaciones previas han integrado sistemas de tutoría inteligente y plataformas de retroalimentación en tiempo real, demostrando su utilidad para mejorar las habilidades de conducción [7]. En contraste, el simulador diseñado en este trabajo se enfoca en la replicación precisa del circuito oficial en Huánuco, añadiendo valor contextual al considerar las particularidades locales, como las dimensiones exactas del circuito y las señales específicas del área. Esta adaptación, que ha sido subrayada en estudios previos, se considera fundamental para la efectividad de los simuladores de VR, especialmente en regiones con características geográficas y climáticas particulares [9].

El uso de hardware háptico, como volantes y pedales con retroalimentación táctil, ha demostrado ser una herramienta efectiva para fomentar comportamientos de conducción seguros. Este diseño se alinea con otros trabajos que resaltan la efectividad de los estímulos visuales y hápticos en la simulación de experiencias de conducción [13]. No obstante, a pesar de la alta fidelidad en el diseño, se identifican varias limitaciones que deben ser consideradas en estudios posteriores.

Una de las principales limitaciones es la ausencia de una validación empírica con usuarios. Aunque el simulador presenta una alta fidelidad en el diseño y ha sido probado técnicamente, no se ha evaluado aún su efectividad en términos de la tasa de éxito de los aspirantes en el examen real de manejo. En estudios previos, la validación de simuladores ha mostrado mejoras significativas en la precisión y reducción de errores en el desempeño de los usuarios [3]. Por tanto, un siguiente paso crucial en este trabajo será la implementación de pruebas piloto con usuarios reales para evaluar el impacto del simulador en su preparación para el examen práctico.

Otro aspecto importante a considerar es la inclusión de dinámicas adicionales que podrían enriquecer la experiencia del usuario. Actualmente, el simulador se centra en un circuito estático, sin incorporar variables dinámicas como tráfico controlado por inteligencia artificial ni condiciones climáticas adversas. Estos elementos han sido incorporados en otros simuladores de conducción, ampliando el rango de habilidades evaluadas y ofreciendo a los aspirantes la oportunidad de enfrentarse a situaciones más complejas [14]. La integración de estas características podría incrementar la versatilidad y efectividad del simulador como una herramienta de formación integral.

En términos de impacto práctico, el simulador ofrece ventajas significativas, especialmente en regiones con recursos limitados como Huánuco. La posibilidad de practicar en un entorno seguro y controlado reduce los riesgos inherentes al aprendizaje en vehículos reales y contribuye a la reducción de los costos asociados con la preparación para el examen. La evidencia sugiere que la simulación en VR puede mejorar la retención de habilidades prácticas y teóricas, optimizando así los resultados del entrenamiento [12].

En conclusión, el diseño del simulador de realidad virtual presentado en este trabajo en progreso representa un avance importante en la modernización de la formación vehicular en Huánuco. Aunque el simulador muestra un alto potencial, es necesario realizar más investigaciones y validaciones empíricas para confirmar su efectividad y explorar la posibilidad de integrar características avanzadas que enriquezcan la experiencia del usuario. Las futuras iteraciones del proyecto deberán enfocarse en la incorporación de condiciones dinámicas y en la evaluación directa con usuarios para determinar su aplicabilidad en contextos más diversos.

Agradecimiento/Reconocimiento

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento al Mg. Aldo Ramírez Chaupis por su valioso apoyo en la formulación y desarrollo de este proyecto. Asimismo, extendemos nuestro reconocimiento a todo el equipo del Vicerrectorado de Investigación de la Universidad de Huánuco, por su colaboración y compromiso en este trabajo.

Referencias

[1] P. M. R. Berríos, “Brevete A1 2024: los únicos vehículos que puedes conducir con esta licencia en Perú”, infobae. Consultado: el 25 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.infobae.com/peru/2024/05/16/brevete-a1-2024-los-vehiculos-que-puedo-manejar-con-esta-licencia-en-peru/

[2] “Obtener licencia de conducir (brevete) por primera vez - Rendir examen de reglas de tránsito para obtener licencia de conducir (brevete)”. Consultado: el 25 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.gob.pe/196-rendir-examen-de-reglas-de-transito-para-obtener-licencia-de-conducir-brevete

[3] L.-K. Lee *et al.*, “A Virtual Reality Simulator for Learner Drivers to Prepare for Driving Test in Hong Kong”, en *2024 International Symposium on Educational Technology (ISET)*, Macau, Macao: IEEE,

jul. 2024, pp. 213–216. doi: 10.1109/ISET61814.2024.00049.
[4] "Dirección de Transportes construye circuito para examen de manejo – Tu Diario Huánuco". Consultado: el 25 de enero de 2025. [En línea]. Disponible en: https://tudiariohuanuco.pe/actualidad/direccion-de-transportes-construye-circuito-para-examen-de-manejo/
[5] H. S. Kang, M. K. A. Jalil, y M. Mailah, "A PC-based driving simulator using virtual reality technology", en *Proceedings of the 2004 ACM SIGGRAPH international conference on Virtual Reality continuum and its applications in industry - VRCAI '04*, Singapore: ACM Press, 2004, p. 273. doi: 10.1145/1044588.1044646.
[6] P. Kruachottikul *et al.*, "Car Drive Simulation in Metaverse with VR Glasses for Testing Driver's License", en *2023 First International Conference on Advances in Electrical, Electronics and Computational Intelligence (ICAEECI)*, Tiruchengode, India: IEEE, oct. 2023, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICAEECI58247.2023.10370994.
[7] S. Ropelato, F. Zünd, S. Magnenat, M. Menozzi, y R. Sumner, "Adaptive Tutoring on a Virtual Reality Driving Simulator", ene. 2018, doi: 10.3929/ETHZ-B-000195951.
[8] K. Poddar, B. Sharma, y S. Sharma, "Development and Evaluation of a VR-based Driving Test Simulator", en *2024 8th International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud) (I-SMAC)*, Kirtipur, Nepal: IEEE, oct. 2024, pp. 1486–1491. doi: 10.1109/I-SMAC61858.2024.10714852.
[9] A. D. Ermolaeva, M. E. Eliseev, y T. N. Tomchinskaya, "VR-simulator for Driver Training in an Urban Environment with Difficult Terrain and Meteorological Conditions", en *Proceedings of the 33rd International Conference on Computer Graphics and Vision*, Keldysh Institute of Applied Mathematics, 2023, pp. 923–932. doi: 10.20948/graphicon-2023-923-932.
[10] R. G. Boboc, E. V. Butilă, y S. Butnariu, "Leveraging Wearable Sensors in Virtual Reality Driving Simulators: A Review of Techniques and Applications", *Sensors*, vol. 24, núm. 13, p. 4417, jul. 2024, doi: 10.3390/s24134417.
[11] R. Raman y A. Shrivastava, "IoT-Enhanced Driver Training Simulators for Real-Time Performance Monitoring and Analysis", en *2024 International Conference on Automation and Computation (AUTOCOM)*, Dehradun, India: IEEE, mar. 2024, pp. 416–421. doi: 10.1109/AUTOCOM60220.2024.10486091.
[12] N. Muhammad Amirul Fawwaz Nik Abdullah, A. Huzaifah Ahmad Sharipuddin, S. Mustapha, y M. N. Mohammed, "The Development of Driving Simulator Game-Based Learning in Virtual Reality", en *2022 IEEE 18th International Colloquium on Signal Processing & Applications (CSPA)*, Selangor, Malaysia: IEEE, may 2022, pp. 325–328. doi: 10.1109/CSPA55076.2022.9781976.
[13] A. Pietra *et al.*, "Promoting eco-driving behavior through multisensory stimulation: a preliminary study on the use of visual and haptic feedback in a virtual reality driving simulator", *Virtual Real.*, vol. 25, núm. 4, pp. 945–959, dic. 2021, doi: 10.1007/s10055-021-00499-1.
[14] T. Oh, Y. Xu, Z. Li, y I. Kim, "Driving Risk Analysis Based on Driving Experience at Hook-Turn Intersection Using the Emerging Virtual Reality Technology", *J. Adv. Transp.*, vol. 2022, pp. 1–12, ago. 2022, doi: 10.1155/2022/8929826.
[15] N.-A. Tocu, V.-C. Govoreanu, T.-M. Nitescu, y G.-A. Luca, "Multi-Control Virtual Reality Driving Simulator", en *2019 21st International Symposium on Symbolic and Numeric Algorithms for Scientific Computing (SYNASC)*, Timisoara, Romania: IEEE, sep. 2019, pp. 280–283. doi: 10.1109/SYNASC49474.2019.00046.
[16] Y. Ding, X. Zhao, Y. Yao, C. He, R. Chai, y S. Liu, "Analysis of the Outcome of the Driving Test for Learner Drivers Based on an Interpretable Machine Learning Framework", *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, vol. 2678, núm. 11, pp. 1917–1934, nov. 2024, doi: 10.1177/03611981241246775.
[17] A. L. Gorbunov, B. Eliseev, A. Kaurov, y A. Gorbunova, "Augmented reality for driving simulators", en *2016 SAI Computing Conference (SAI)*, London, UK: IEEE, jul. 2016, pp. 238–242. doi: 10.1109/SAI.2016.7555989