

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i2.931>

Optimización del Proceso de Distribución de Insumos en el Área de Bodega en una Empresa de Repuestos Automotrices, para la Mejora de la Capacitación Operativa a Través del Uso de Realidad Virtual

Optimization of the Supply Distribution Process in the Warehouse Area of an Automotive Parts Company for the Improvement of Operational Training through the Use of Virtual Reality

Kevin Mauricio Madril Zapata

kevin.madril8052@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-7451-7227>

Universidad Técnica de Cotopaxi
Latacunga – Ecuador

José Ezequiel Naranjo-Robalino

jose.naranjo0463@utc.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2884-1667>

Universidad Técnica de Cotopaxi
Latacunga – Ecuador

Artículo recibido: 10 marzo 2025

- Aceptado para publicación: 20 abril 2025

Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

La logística operativa en almacenes representa un reto fundamental a la hora de mejorar la eficiencia y reducir errores durante los procesos de inducción del nuevo personal, en consecuencia, esta investigación propone la implementación de tecnologías 4.0 como la Realidad Virtual (RV) para optimizar la formación del nuevo personal en entornos de almacén. La propuesta de aplicación inmersiva fue diseñada con el software de desarrollo Unity, utilizando XR Plugin Management e Interaction Toolkit, las actividades interactivas fueron programadas con C# en Visual Studio, la aplicación desarrollada incluye módulos introductorios, con pantallas amigables basadas en los estándares ISA 101, y módulos de entrenamiento que simulan tareas como clasificación y almacenamiento de insumos. Para medir la efectividad del método se realizó una comparación con una capacitación tradicional, donde los resultados mostraron que el tiempo de entrenamiento se redujo en un 31,20 %. Además, la tasa de errores operativos disminuyó en un 57.75%. Finalmente, se aplicó la Escala de Usabilidad del Sistema (SUS), en la que el grupo evaluado obtuvo una calificación promedio de 83.

Palabras clave: realidad virtual, capacitación operativa, logística, optimización

ABSTRACT

Operational logistics in warehouses represents a fundamental challenge when it comes to improving efficiency and reducing errors during the induction processes of new staff, consequently, this research proposes the implementation of 4.0 technologies such as Virtual Reality (VR) to optimise the training of new staff in warehouse environments. The immersive application proposal was designed with Unity development software, using XR Plugin Management and Interaction Toolkit, the interactive activities were programmed with C# in Visual Studio, the application developed includes introductory modules, with friendly screens based on ISA 101 standards, and training modules that simulate tasks such as classification and storage of supplies. To measure the effectiveness of the method, a comparison was made with traditional training, where the results showed that training time was reduced by 31.20 %. In addition, the operational error rate decreased by 57.75%. Finally, the System Usability Scale (SUS) was applied, where the evaluated group obtained an average score of 83.

Keywords: virtual reality, operational training, logistics, optimization

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

La adopción de tecnologías inmersivas, como la Realidad Virtual (RV), propone una evolución los procesos de capacitación en diversos sectores, un claro ejemplo es el área de logística y distribución de insumos en empresas de autopartes, en donde la tecnología posibilita el desarrollo de experiencias interactivas e inmersivas sin restricciones por espacios físicos (García et al., 2019). Actualmente, la capacitación basada en RV ofrece beneficios educativos que, según (Ewais et al., 2024) llegan a mejorar los actuales métodos tradicionales que no pueden replicar prácticas funcionales fuera aulas físicas. El uso de estas tecnologías permite ser eficiente en una amplia gama de procesos productivos, tomando como ejemplo la industria de la construcción, donde se evidenció mejora en la respuesta de solicitudes entre desarrolladores, contratistas y otras partes interesadas (Johari et al., 2024). Otro ejemplo claro de aplicación de la RV es el ámbito de la educación, donde la escalabilidad de la tecnología no sólo permitió un aprendizaje interactivo, sino que también mejoró la retención de conocimientos y, por tanto, los costes asociados, al prescindir de complejas instalaciones físicas para el desarrollo de habilidades prácticas (Perno et al., 2025). La versatilidad que presenta la tecnología posibilita la aplicación en todo tipo de sectores (Guzmán et al., 2018), como en entornos industriales, donde se están explorando métodos que combinan el uso de los mandos a distancia con la RV para la manipulación de tareas en entornos industriales (Jeong et al., 2025), así como en el ejército, donde la adopción de esta tecnología inmersiva ha mostrado resultados prometedores en la formación práctica sobre la aplicación de procesos médicos en catástrofes (Abensur Vuillaume et al., 2024). Del mismo modo, en los estudiantes de soldadura, la RV ha contribuido al desarrollo de las capacidades cognitivas y psicomotoras (Chan et al., 2022), inclusive en el campo cognitivo, en donde se investigó la viabilidad y los efectos de un programa de entrenamiento motor - cognitivo en realidad virtual, que permite a los participantes practicar habilidades de la vida diaria en un entorno virtual, con el fin de mejorar tanto su función cognitiva como su condición y salud física (Kwan et al., 2021).

El potencial de la RV en la academia y la industria va en aumento, por ejemplo, la capacitación en seguridad es uno de los casos de uso más populares en la industria, en donde a pesar de la aplicación de diversos protocolos y procedimientos de seguridad, se ha detectado que la formación convencional no siempre proporciona adecuadamente a los trabajadores las habilidades y conocimientos necesarios (Rodríguez Romero et al., 2022). Además, en industrias que cuentan con restricciones de acceso a instalaciones especializadas propias complican la formación técnica en el campo a laborar, como las restricciones de acceso a las instalaciones de iluminación de los aeropuertos, dificultando el reconocimiento y la formación técnica que requiere la empresa (Amalia et al., 2024). Para las industrias, esto pone de manifiesto la necesidad de soluciones innovadoras que optimicen los procesos, enfrenten estos problemas de raíz y se

centren en la formación de operarios familiarizados con las áreas, evitando pérdidas de recursos y aumento de errores operativos, que complica las operaciones logísticas diarias (Murdivien & Um, 2023).

Las investigaciones existentes demuestran que la formación convencional es eficaz, sin embargo, actualmente en entornos dinámicos en los que el aprendizaje activo y la comprensión práctica son esenciales, se requiere que la formación sea eficiente. Si bien se ha demostrado que integración de las tecnologías inmersivas ha permitido grandes avances en la optimización de procedimientos complejos como el montaje y el mantenimiento (Ottogalli et al., 2019), aún sigue existiendo un vacío importante en la investigación centrada en aplicaciones específicas dentro de los sectores industriales, como la gestión de almacenes y la distribución (Figueroa-Rivera et al., 2022). En este ámbito, la bibliografía no ofrece una amplia gama de estudios aplicados. Dichas propuestas de mejora carecen de una sistematización y exploración guiadas con base en aplicaciones (Rathinam et al., 2025), por lo tanto, la falta de estudios e iniciativas en este ámbito ha permitido que se priorice la aplicación de sistemas de gestión tradicionales, ignorando la incorporación de métodos innovadores que tengan como efecto la transferencia de habilidades motrices a habilidades cognitivas, lo cual es fundamental para una formación eficaz en el área de almacén (Maranesi et al., 2022).

En este contexto, la presente investigación pretende reducir la brecha de investigación existente en el área de la logística, analizando el impacto generado por la aplicación de la RV en la formación operativa del personal en el proceso de distribución de suministros en el área de almacén de una empresa de repuestos. Para ello, se realizará un levantamiento de la información actual de los procesos internos del almacén, con la finalidad de identificar las áreas y actividades que representen un cuello de botella, posteriormente, se desarrollará una aplicación de RV inmersiva e interactiva que simule escenarios reales de capacitación y entrenamiento en la distribución de suministros. La efectividad de esta aplicación será evaluada en los usuarios, en donde se incluirá análisis de tiempos y comparación con los métodos tradicionales de entrenamiento a través de indicadores de desempeño (KPI), este enfoque pretende contribuir a la mejora de la eficacia operativa y la retención de conocimientos del personal de bodega.

Caso de estudio

En una de las empresas líderes en el Ecuador, en donde el manejo adecuado de un almacén físico es fundamental para garantizar el desempeño operativo, se han presentado complicaciones importantes en el proceso de inducción para el personal de nuevo ingreso, ya que el reclutamiento para las sucursales de todo el país requiere que los aspirantes asistan al proceso de manera presencial en las agencias principales. Este requisito genera costos logísticos para el aspirante, quien debe asumírselos si desea participar en la capacitación pertinente para la vacante, todo el proceso de inducción se centra en el aprendizaje basado en la experiencia operativa. La inducción general inicia con una charla presentada por el supervisor de almacenes de la región,

posteriormente, se inicia la fase de capacitación con un reconocimiento de todas las áreas de la empresa, junto con una explicación de temas, uso de herramientas, reconocimiento de tipos de repuestos y su embalaje. Una vez terminada esta etapa, el supervisor genera una serie de pruebas prácticas, con el fin de evaluar la capacidad de retención de conocimientos y adaptación del aspirante, el proceso se repite por un periodo aproximado de dos semanas, al final del cual se selecciona al personal que haya demostrado mayor capacidad, adaptación y aprendizaje.

En la tabla 1 se describe la secuencia del proceso, que refleja las actividades desarrolladas para una correcta gestión del almacén, así como las interacciones entre las etapas de proceso de formación, recepción, distribución y registro, estas actividades son realizadas de forma autónoma por el supervisor encargado de la actividad y el solicitante.

Tabla 1
Actividades del proceso de formación

| N° | Actividades |
|------|---|
| 1.1 | Presentación de las áreas de la bodega |
| 1.2 | Presentar el área para recepción de paquetes |
| 1.3 | Principales zonas para perchado en la bodega |
| 2.1 | Explicación para la recepción y el conteo de paquetes |
| 2.2 | Presentar paquetes aceptados y rechazados por la empresa |
| 2.3 | Capacitación sobre manipulación de paquetes llegados |
| 2.4 | Presentación de tipos de repuestos en buen estado y en mal estado |
| 2.5 | Explicación de la zona buffer y de cuarentena |
| 2.6 | Explicación del uso de coche de seguridad y montacargas |
| 2.7 | Explicación de tipos de rotación |
| 2.8 | Como definir ubicaciones en la bodega |
| 2.9 | Como almacenar sustancias peligrosas o especiales |
| 2.10 | Sistema LIFO |
| 2.11 | Sistema FIFO |
| 3 | Capacitación sobre el conteo sin afectar empaques |
| 4 | Como embalar productos |
| 5 | Como hacer un picking eficiente |
| 6.1 | Identificar insumos y su rotación |
| 6.2 | Evaluar el peso por insumo |
| 6.3 | Identificar estantes destinados a cada tipo de rotación |
| 6.4 | Colocar en el lugar correcto para cada paquete |
| 6.5 | Retroalimentación del proceso y errores |
| 7 | Recepción de mercadería |
| 8 | Conteo de paquetes según orden de remisión |
| 9 | Informar al transporte en caso de novedad |
| 10 | Sellar orden de remisión incluyendo observaciones |
| 11 | Reservar en el área de cuarentena |
| 12 | Informar al inmediato superior |
| 13 | Reservar en la zona de Buffer |
| 14.1 | Abrir paquetes llegados en buen estado a agencia |
| 14.2 | Verificar /imprimir documento de transferencia a bodega |

| | |
|-------|--|
| 14.3 | Colocarse los EPP necesarios para manipulación de insumos |
| 14.4 | Verificar que los insumos se encuentren en estado óptimos de comercialización |
| 14.5 | Identificar el código único de insumo |
| 14.6 | Buscar en la base de datos el insumo por código |
| 14.7 | Contabilizar las piezas totales |
| 14.8 | Observar estado físico del insumo |
| 15 | Transportar insumo al área de cuarentena |
| 16 | Reservar en el área de cuarentena |
| 17 | Trasladar el montacargas a la zona buffer/cuarentena |
| 18 | Colocar los insumos en el montacargas o coche de seguridad |
| 19.1 | Ubicar el coche con insumos en la zona de entrada de la bodega |
| 19.2 | Ubicar el coche con insumos en la zona media de la bodega |
| 19.3 | Ubicar el coche con insumos en la zona final de la bodega |
| 20.1 | Evaluar el peso del insumo |
| 20.2 | Colocar a nivel del suelo o en estantes bajos |
| 20.3 | Colocar en estantes medios |
| 20.4 | Colocar en estantes altos |
| 20.5 | Verificar si el insumo es perecible |
| 21.1 | Aplicar método FIFO |
| 21.2 | Aplicar método LIFO |
| 22 | Organizar los insumos en el estante |
| 23.1 | Verificar el tipo de consideración del repuesto |
| 23.2 | Informar al asesor sobre llegada del insumo pre vendido |
| 23.3 | Generar reserva en el sistema |
| 23.4 | Transportar insumo a vitrinas de sucursal |
| 23.5 | Reservar el insumo en vitrinas principales con llave de sucursal |
| 23.6 | Identificar el área designada contra incendios para insumos inflamables |
| 23.7 | Transportar con cuidado el insumo hasta el área contra incendios |
| 23.8 | Verificar que los elementos activos y pasivos de seguridad se encuentren funcionando |
| 23.9 | Colocarse los epp necesarios para manipulación de insumos delicados |
| 23.10 | Transportar los insumos con las vitrinas con seguridad |
| 23.11 | Validar que los soportes y empaque sean firmes |
| 23.12 | Ubicar en vitrinas con soportes o correas de seguridad |
| 23.13 | Colocarse los epp necesarios para manipulación de insumos premium |
| 23.14 | Validar que los soportes y empaque sean firmes |
| 23.15 | Transportar el insumo al final de la bodega |
| 23.16 | Colocar en locker bajo llaves |
| 24 | Trasladar el montacargas a la zona de espera designado |
| 25 | Generar informe |
| 26 | Registrar en el sistema |
| 27 | Conteo físico y sistemático de totales |

Las actividades descritas reflejan todo el proceso que se lleva a cabo en cada fase del proceso de inducción, desde la capacitación hasta el registro de documentos, procesos necesarios para

completar una correcta inducción en el área logística del almacén, sin embargo, para determinar los factores clave del proceso, se han establecido indicadores clave de desempeño, siendo estos:

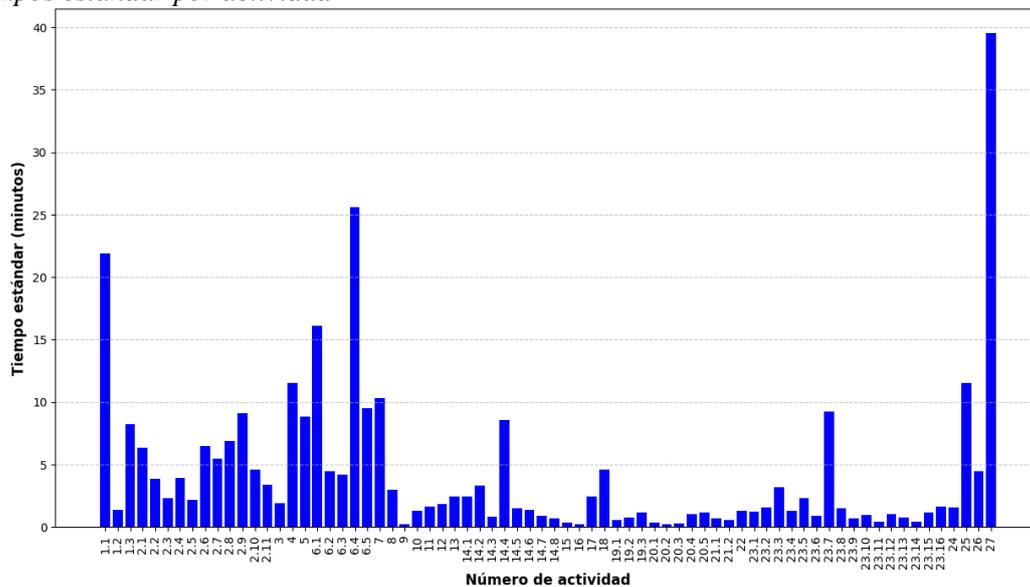
- Primer Kpi: Duración del ciclo.
- Segundo Kpi: Número de errores por entrenamiento.

Además, se utilizarán dos grupos para el estudio, el grupo de control, que realizará el proceso según el método tradicional, y el grupo experimental, que utilizará el método propuesto para la optimización del proceso.

El proceso actual, desarrollado bajo un método completamente inferencial y tradicional, carece de una estandarización de métodos. Por lo tanto, no cuenta con una base sólida para la investigación, por esta razón empleando un grupo control de 5 personas sin entrenamiento previo para evitar posibles sesgos en los resultados, se realizó un levantamiento de la información del proceso para hacer una evaluación inicial aplicando un estudio de tiempos, en donde se determinó que el tiempo estándar para el proceso completo de inducción es de 5 horas y 8 minutos.

La figura 1 presenta la totalidad de actividades del proceso de capacitación, con la respectiva representación gráfica de los tiempos, en donde se identifican las actividades más conflictivas y que consumen más tiempo en la jornada de inducción.

Figura 1
Tiempos estándar por actividad



Las actividades conflictivas corresponden en su mayoría al proceso de capacitación, desde la actividad 1.1 hasta la 6.5, esta fase es la que toma más tiempo en comparación con las actividades de las diferentes etapas del proceso de inducción. Además, en el grupo de control se presentó 23 errores prácticos en la actividad 6.1 de identificación del tipo de rotación de los insumos, 8 errores en la actividad 6.2 de evaluación de pesos, 17 errores en la actividad 6.3 correspondiente a la identificación de los estantes por tipo de rotación y 23 errores en la actividad 6.4 al colocar los paquetes en los lugares correctos. Por lo tanto, para determinar el principal

problema se empleó el diagrama causa-efecto para un análisis de la problemática y los motivos que alimentan el problema.

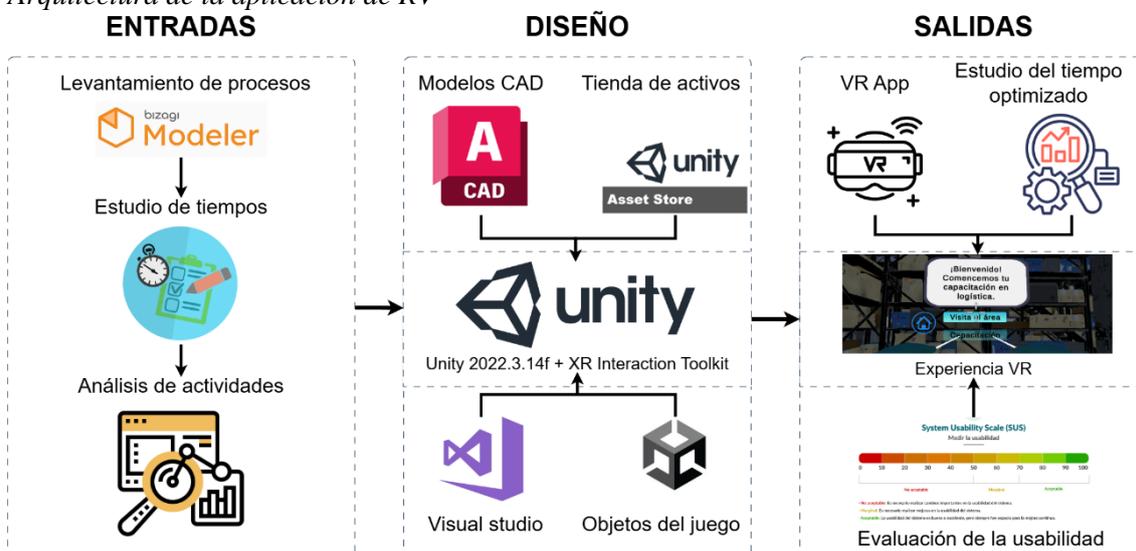
De esta forma, el principal inconveniente identificado fue la extensa duración y la baja eficiencia en la formación de los nuevos responsables de la logística del almacén, debido a la formación tradicional basada en explicaciones verbales carentes de apoyo visual o documental, la inexperiencia, el estrés del nuevo personal, la falta de retroalimentación efectiva y un entorno físico no adaptado para la enseñanza, contribuyen a alargar los tiempos de aprendizaje, los errores operativos y los costes adicionales para la empresa debido a la utilización del tiempo de reentrenamiento por parte del supervisor. Además de considerar gastos de traslado, alimentación y alojamiento por parte del trabajador que viaja por la capacitación, esto genera un ambiente propenso a la deserción del personal lo que agrava aún más esta situación, aumentando los reprocesos y las pérdidas.

Al identificar las actividades conflictivas y el motivo de los errores, se plantea el diseño y construcción de la aplicación de RV inmersiva, que permita la adaptación de las actividades a un entorno controlado, enfocado e inmersivo, que cuente con apoyo práctico, visual y personalizado para mejorar la retención de conocimiento mediante un método de enseñanza basado en tecnologías 4.0.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el diseño del entorno virtual, se analizan las actividades de estudio del tiempo a incluir en la aplicación, éstas se engloban en tres procesos importantes, tal y como se muestra en la figura 2. La etapa de modelado inicia con la importación de elementos como assets que permiten replicar una escena del almacén real, y modelos CAD de los insumos didácticos que serán implementados como objetos dentro de la aplicación. Estos son esenciales para la construcción y diseño del entorno virtual, estos elementos se integran a la plataforma Unity versión 2022.3.14f.

Figura 2
Arquitectura de la aplicación de RV



El entorno de la aplicación se centra en la reproducción virtual e industrial de un almacén real, que pretende replicar la escala, estructura, elementos y diseños de la empresa, para familiarizar al usuario con el almacén real. Para esto, se implementan una serie de configuraciones necesarias para el funcionamiento de la aplicación en RV, como las herramientas XR plugin Management para la gestión de proveedores y la herramienta interaction toolkit, que proporciona múltiples recursos para la interacción con objetos en entornos de RV. Estas herramientas son necesarias para la usabilidad de la aplicación, en la arquitectura de las instalaciones y elementos, para la formación se utilizaron diversos recursos como assets, cámaras, paneles y objetos de juego.

Para la interacción de movimientos y funcionalidades dentro del sistema, se utilizaron una serie de configuraciones y diferentes scripts en lenguaje C#, integrados a través de la plataforma Visual Studio, lo que permite el desarrollo una aplicación inmersiva. Esta se encuentra compuesta por una serie de ventanas, escenas y actividades interactivas para el usuario, que permite abordar el entrenamiento a través del uso de la tecnología RV y esto se analiza bajo un nuevo estudio de tiempo junto con la medición de la usabilidad del sistema con la escala SUS.

Una vez iniciado el programa, el usuario se sumerge en la representación virtual de un almacén, con un mensaje de bienvenida, que permite al participante navegar secuencialmente a través de selecciones de botones didácticos, el recorrido continúa presentando las distintas áreas del almacén, con el apoyo de señales visibles y animaciones dinámicas, fomentando un proceso de reconocimiento de áreas interactivas. El módulo de prácticas permanece bloqueado hasta que el participante complete la revisión de los videos tutoriales, lo que garantiza una secuencia de aprendizaje estructurada, el usuario participa en simulaciones realistas de identificación y clasificación de entradas, estas tareas están adaptadas para reflejar las actividades reales del almacén, ofreciendo entradas libremente manipulables para fomentar el aprendizaje práctico y didáctico.

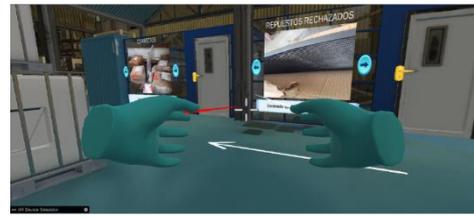
El módulo introductorio de la figura 3 presenta paneles de inicio basados en el diseño de las normas ISA 101 en cuanto al desarrollo de interfaces amigables, el módulo como se ve en la subfigura a) recibe al usuario con un mensaje de bienvenida en un panel de colores neutros, además, en la subfigura b) se muestra una colección que ejemplifica, paquetes rechazados, repuestos rechazados e instructivos. En la subfigura c) el programa replica escenarios apegados a un almacén real, presentando en el ambiente la posibilidad de interactuar con los objetos, que guían al usuario a interacciones educativas.

Figura 3

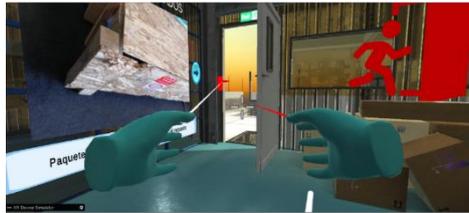
Módulo introductorio



(a) Mensaje de bienvenida



(b) Recursos didácticos



(c) Elementos interactivos

Además, como se puede observar en el módulo de formación de la figura 4, se ofrece al usuario dos métodos de enseñanza. El que se observa en la figura subfigura a), que corresponde a una pantalla en modo cine para la reproducción de video tutoriales enfocados, claros y puntuales sobre los temas que son necesarios comprender para la correcta gestión del almacén. Por otro lado, la opción presentada en la subfigura b) corresponde a una práctica totalmente interactiva e inmersiva en la que se puede practicar la distribución de entradas, ya que cada entrada cuenta con una descripción e información que permite al usuario generar una valoración por tipo de movimiento del insumo, peso y consideraciones a tomar. Además, como se presenta en la subfigura c), dispone de feedback amigable al participante y en tiempo real del error o acierto en la disposición de cada repuesto, esta práctica también incluye áreas para entradas especiales a tener en cuenta, como las entradas inflamables que se presentan en la subfigura d).

Figura 4

Módulo de formación



(a) Pantalla tutorial



(b) Práctica interactiva



(c) Mensajes de retroalimentación



(d) Elementos interactivos

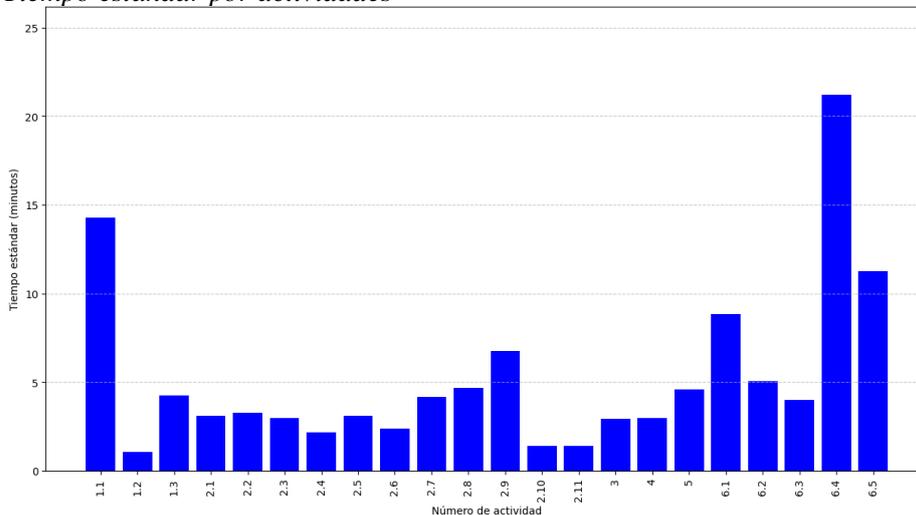
Este diseño de práctica permite al usuario familiarizarse con los tipos de repuestos del almacén, el proceso de formación finaliza cuando se completa la práctica y el usuario vuelve a la pantalla inicial, que tiene la opción de reiniciar la formación operativa, de lo contrario se permite al usuario navegar y reforzar los temas que requieran un mayor repaso, lo que permite un aprendizaje personalizado y flexible.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para evaluar objetivamente el impacto mediante RV, se formó un nuevo grupo experimental con el mismo número de participantes, a los que se entrenó con el sistema propuesto. Se obtuvo los resultados presentados en la figura 5, en donde se identifica una reducción visible de tiempos en la mayoría de actividades.

Figura 5

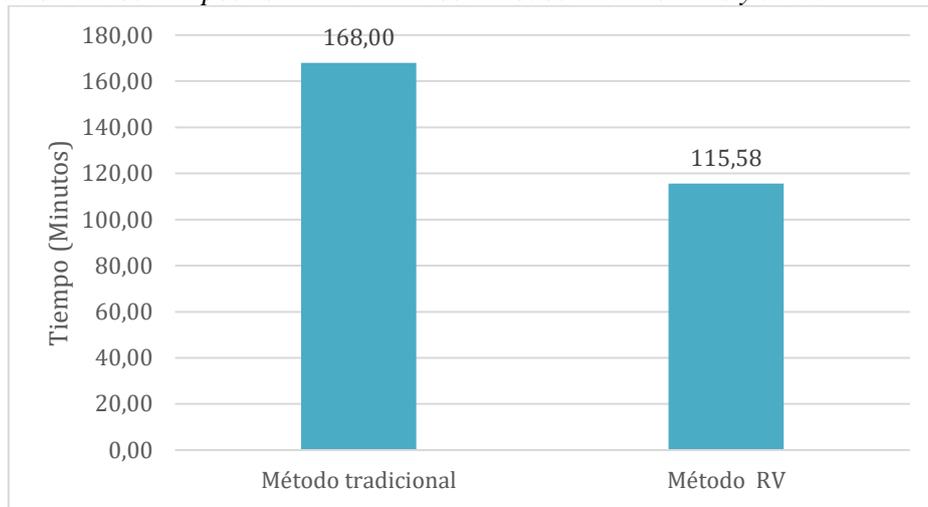
Tiempo estándar por actividades



El entrenamiento ofreció al usuario una forma de aprendizaje enfocado y guiado, lo que contribuye a la curva de aprendizaje del operador, esto reflejó una reducción del tiempo empleado en el nuevo entrenamiento. El proceso aplicado RV presenta un tiempo de ciclo estándar de 1 hora y 55 minutos, valores contrastados con el proceso generado de forma convencional, como se identifica en la figura 6, presenta una reducción del tiempo de entrenamiento de 31,20%. Además, posterior al entrenamiento en RV se continuó con la evaluación física de los insumos empleados con el primer grupo de control, en donde se presenta una notable reducción en la tasa de errores. El nuevo grupo experimental cometió 11 errores en la actividad 6.1 de identificación del tipo de rotación de los insumos, 2 errores en la actividad 6.2 de evaluación de pesos, 8 errores en la actividad 6.3 correspondiente a la identificación de los estantes por tipo de rotación y 9 errores en la actividad 6.4 al colocar los paquetes en los lugares correctos, un total de 30 errores en el proceso de evaluación en el que se presentó la misma cantidad de muestras a evaluar con el mismo número de participantes, este resultado representa una disminución del 57,75% de los errores en comparación con el método de entrenamiento tradicional.

Figura 6

Comparación de los tiempos estándar entre los métodos tradicionales y de RV

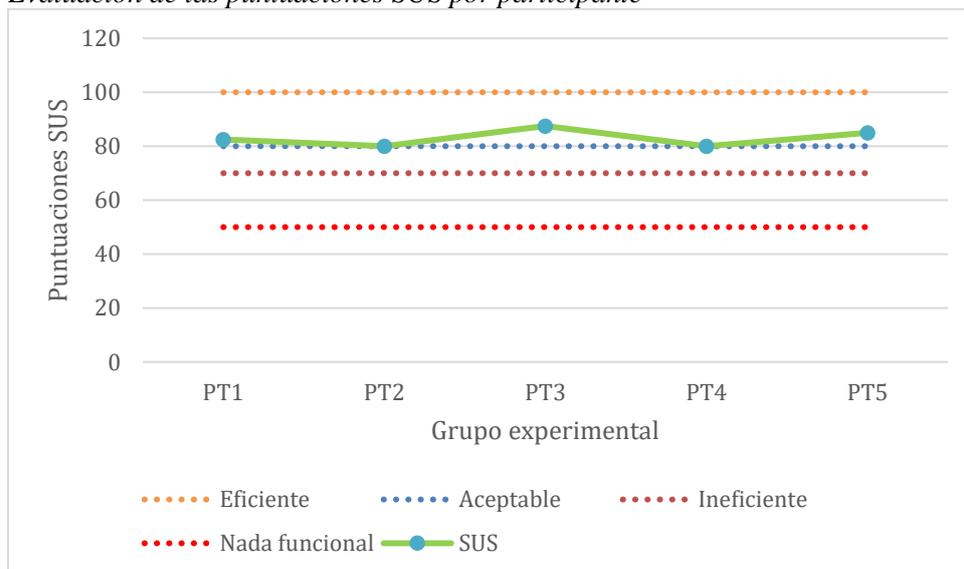


El proceso requiere un análisis en profundidad, por lo que se incorporó una evaluación sobre el uso del sistema inmersivo, que consta de 10 preguntas y una valoración de 1 a 5, donde 1 indica una opinión personal de "totalmente en desacuerdo" y 5 "totalmente de acuerdo". La suma de las puntuaciones de todas las preguntas impares, que son de carácter positivo, y las otras cinco, las pares, que son de carácter negativo, se restan 5 puntos al resultado, mientras que para las preguntas pares, se restan 25 puntos al total obtenido, la suma de estos resultados multiplicada por un factor 2.5 proporciona la puntuación final del sistema (Pfyl et al., 2025).

Se presentó el cuestionario como un test final, después del primer uso del sistema para cada participante del grupo experimental, la figura 7 presenta la ponderación de las calificaciones otorgadas por los participantes al proyecto de realidad virtual enfocado en la capacitación operativa en la logística de bodegas.

Figura 7

Evaluación de las puntuaciones SUS por participante



CONCLUSIONES

La investigación presentada determinó el estado actual del proceso de inducción y el principal cuello de botella, directamente relacionado con un tiempo extenso e ineficaz en el método de capacitación, por lo anterior, se desarrolló e implementó un método de capacitación utilizando tecnología de realidad virtual, esta metodología permitió a los usuarios interactuar con ambientes virtuales replicando escenarios reales de almacén, de esta manera, se realizó una comparación práctica de las dos metodologías de capacitación. El método de RV arrojó un tiempo de ciclo en el proceso de formación de 1 hora y 55 minutos, lo que refleja una diferencia del 31,20% en el tiempo empleado y una reducción del 57,75% de errores operacionales en las evaluaciones prácticas, estos resultados demuestran que la implementación de aplicaciones basadas en RV proporciona a los entornos industriales una propuesta de un sistema escalable, flexible y estandarizado que puede ser utilizado en diversas áreas de la industria, como la logística de distribución de almacenes, generando beneficios en la eficiencia operativa del sistema, mejora en la retención de conocimiento práctico, adaptabilidad y aceptación por parte de los trabajadores.

Aunque la investigación ha demostrado que la implementación de la RV favorece la optimización del proceso de entrenamiento, se identifican áreas de interés que pueden enriquecer futuros estudios, entre ellas, se recomienda explorar aplicaciones en industrias enfocadas a niveles tácticos e incluso estratégicos, así como agregar análisis numéricos que valoren la curva de aprendizaje en todo el proceso de optimización, además, se recomienda analizar la factibilidad económica considerando costos y beneficios, generando una investigación más profunda sobre los impactos a corto, mediano y largo plazo, tanto para la empresa como para los usuarios finales.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su gratitud a la red de investigación INTELIA, respaldada por la REDU, por su valiosa ayuda a lo largo de este trabajo. Adicionalmente, se agradece a la Universidad Técnica de Cotopaxi por su apoyo en los procesos de investigación.

REFERENCIAS

- Abensur Vuillaume, L., Goffoy, J., Dubois, N., Almoynier, N., Bardet, C., Dubreucq, E., Klenkenberg, S., Donneau, A.-F., Dib, C., & Ghuysen, A. (2024). Collaborative virtual reality environment in disaster medicine: moving from single player to multiple learners. *BMC Medical Education*, 24(1), 422. <https://doi.org/10.1186/s12909-024-05429-8>
- Amalia, D., Suryan, V., Septiani, V., Komalasari, Y., Rizko, R., Febriansyah, A., Ristumanda, S. S., Kristiawan, M., & Hendra, O. (2024). Development of a Game-Based Learning: Airfield Lighting System Simulator Using Virtual Reality and Augmented Reality. *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, 5(2), 978–994. <https://doi.org/10.37385/jaets.v5i2.3253>
- Chan, V. S., Haron, H. N. H., Isham, M. I. B. M., & Mohamed, F. Bin. (2022). VR and AR virtual welding for psychomotor skills: a systematic review. *Multimedia Tools and Applications*, 81(9), 12459–12493. <https://doi.org/10.1007/s11042-022-12293-5>
- Ewais, A., Mystakidis, S., Khalilia, W., Diab, S., Christopoulos, A., Khasib, S., Yahya, B., & Hatzilygeroudis, I. (2024). Virtual Reality Immersive Simulations for a Forensic Molecular Biology Course—A Quantitative Comparative Study. *Applied Sciences*, 14(17), 7513. <https://doi.org/10.3390/app14177513>
- Figuroa-Rivera, E., Bautista-Gonzales, A., & Quiroz Flores, J. C. (2022). Increased productivity of storage and picking processes in a mass-consumption warehouse applying Lean Warehousing tools: A Research in Peru. *Proceedings of the 20th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology: “Education, Research and Leadership in Post-Pandemic Engineering: Resilient, Inclusive and Sustainable Actions.”* <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.120>
- Garcia, C. A., Naranjo, J. E., Alvarez-M., E., & Garcia, M. V. (2019). *Training Virtual Environment for Teaching Simulation and Control of Pneumatic Systems* (pp. 91–104). https://doi.org/10.1007/978-3-030-25965-5_8
- Guzman, D., Brito, G., Naranjo, J. E., Garcia, C. A., Saltos, L. F., & Garcia, M. V. (2018). Virtual Assistance Environment for Deaf People Based on an Electronic Gauntlet. *2018 IEEE Third Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ETCM.2018.8580281>
- Jeong, J., Choi, H., & Lee, D. (2025). Multi-Mode Hand Gesture-Based VR Locomotion Technique for Intuitive Telemanipulation Viewpoint Control in Tightly Arranged Logistic Environments. *Sensors*, 25(4), 1181. <https://doi.org/10.3390/s25041181>
- Johari, M. S., Mahmud, S. H., Mohamed, S. F., Misnan, M. S., Kamarudin, T., Mat Dzahir, M. A., & P. Utama, W. (2024). Digitalization: Potentials of Digital Technology in Construction

- Industry. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 50(1), 136–150. <https://doi.org/10.37934/araset.50.1.136150>
- Kwan, R. Y. C., Liu, J. Y. W., Fong, K. N. K., Qin, J., Leung, P. K.-Y., Sin, O. S. K., Hon, P. Y., Suen, L. W., Tse, M.-K., & Lai, C. K. (2021). Feasibility and Effects of Virtual Reality Motor-Cognitive Training in Community-Dwelling Older People With Cognitive Frailty: Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games*, 9(3), e28400. <https://doi.org/10.2196/28400>
- Maranesi, E., Casoni, E., Baldoni, R., Barboni, I., Rinaldi, N., Tramontana, B., Amabili, G., Benadduci, M., Barbarossa, F., Luzi, R., Di Donna, V., Scendoni, P., Pelliccioni, G., Lattanzio, F., Riccardi, G., & Bevilacqua, R. (2022). The Effect of Non-Immersive Virtual Reality Exergames versus Traditional Physiotherapy in Parkinson's Disease Older Patients: Preliminary Results from a Randomized-Controlled Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22), 14818. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214818>
- Murdivien, S. A., & Um, J. (2023). BoxStacker: Deep Reinforcement Learning for 3D Bin Packing Problem in Virtual Environment of Logistics Systems. *Sensors*, 23(15), 6928. <https://doi.org/10.3390/s23156928>
- Ottogalli, K., Rosquete, D., Amundarain, A., Aguinaga, I., & Borro, D. (2019). Flexible Framework to Model Industry 4.0 Processes for Virtual Simulators. *Applied Sciences*, 9(23), 4983. <https://doi.org/10.3390/app9234983>
- Perno, M., Hvam, L., & Haug, A. (2025). Uses and challenges of digital twins-based augmented reality in operator training and data visualization in process manufacturing lines. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10696-025-09605-w>
- Pfyl, N., Ettlin, L., Niedermann, K., & Rausch, A.-K. (2025). Evaluation of usability, feasibility and acceptance of the digital training diary Trainingslog for individuals with axSpA: a mixed-method study. *BMC Rheumatology*, 9(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s41927-025-00463-5>
- Rathinam, C., Farr, W., Ray, D., & Gupta, R. (2025). Factors influencing virtual reality use in paediatric acquired brain injury upper limb rehabilitation: a qualitative study. *BMJ Open*, 15(1), e083120. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-083120>
- Rodríguez Romero, Y., Cespón Castro, R., & Tovar Perilla, N. J. (2022). Estudio empírico sobre curvas de aprendizaje en sistemas de gestión logística. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 30(4), 794–802. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052022000400794>