

## Aplicación gamificada de Realidad Virtual para la capacitación del personal que ejecuta trabajos de riesgo en espacios confinados

### Gamified Virtual Reality Application for Training Personnel Performing High-Risk Tasks in Confined Spaces

Brandon Trejo-Hernández <sup>a</sup>, Gonzalo-Alberto Torres Samperio <sup>b</sup>, Juan-Carlos González-Islas <sup>c</sup>

---

#### Abstract:

The integration of virtual reality and gamification has significantly transformed learning processes, fostering innovation in education and workplace training. Notable projects include the development of a didactic video game for teaching social sciences to high school students (Torres, 2022), as well as virtual scientific laboratories and interactive museums, such as the Virtual Museum of the Palace of Fine Arts, the Museum of the Mayan People, and the Museum of Modern Art, which aim to promote autonomous, participatory, and experiential learning. In the workplace, training is crucial, considering that (Gobierno de México, n.d.) reports that every 15 seconds a worker dies due to work-related accidents or illnesses, often caused by insufficient preventive training. (Yanira Moguel, 2022) highlights that virtual reality and gamification-based sessions enable employees to understand organizational culture and their responsibilities, accelerate learning, and enhance motivation and engagement. This project proposes the design of a three-dimensional simulator of confined spaces, such as tunnels and wells, allowing interaction in an immersive environment without real hazard exposure. The methodology involves requirements analysis, scenario and dynamics design, 3D model development, and user experience evaluation. The aim is to strengthen understanding of occupational risks, encourage proper safety practices, and optimize learning processes, demonstrating that gamified virtual training contributes to accident reduction and the development of key competencies in high-risk contexts.

#### Keywords:

*Virtual reality, gamification, immersive learning, workplace training, 3D simulation, occupational safety, motivation*

---

#### Resumen:

La integración de realidad virtual y gamificación ha transformado significativamente los procesos de aprendizaje, promoviendo la innovación en educación y capacitación laboral. Entre los proyectos destacados se encuentra el desarrollo de un videojuego didáctico en ciencias sociales para estudiantes de secundaria (Torres, 2022), así como laboratorios científicos virtuales y museos interactivos, como el Museo Virtual del Palacio de Bellas Artes (Instituto Nacional de Bellas Artes, 2012), el Museo del Pueblo Maya (Secretaría de Cultura & Instituto Nacional De Antropología, n.d.) y el Museo de Arte Moderno (Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura, n.d.), que fomentan un aprendizaje autónomo, participativo y experiencial. En el contexto laboral, la capacitación es crítica, considerando que (Gobierno de México, n.d.) indica que cada 15 segundos un trabajador muere por accidentes o enfermedades relacionadas con sus labores, frecuentemente por carencias en la formación preventiva. (Yanira Moguel, 2022) enfatiza que la implementación de sesiones basadas en realidad virtual y gamificación permite a los empleados comprender la cultura organizacional y sus funciones, acelerar el aprendizaje y aumentar la motivación e interés durante la capacitación. Este proyecto propone el diseño de un simulador tridimensional de espacios confinados, como túneles y pozos, que permite la interacción en un entorno inmersivo sin exposición a riesgos reales. La metodología contempla análisis de requerimientos, diseño de escenarios y dinámicas, desarrollo de modelos 3D y evaluación de la experiencia del usuario. Se busca fortalecer la comprensión de riesgos, promover el uso adecuado de medidas de seguridad y optimizar el aprendizaje, demostrando que la capacitación virtual gamificada contribuye a la reducción de accidentes y al desarrollo de competencias clave en contextos de alto riesgo.

---

<sup>b</sup> Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Área Académica de Computación y Electrónica | Mineral de la Reforma | Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-9328-6970>, Email: [torres@uaeh.edu.mx](mailto:torres@uaeh.edu.mx)

<sup>a,c</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Área Académica de Computación y Electrónica | Mineral de la Reforma | Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0006-6772-4566>, <https://orcid.org/0000-0002-2190-0660>, Email: [\(tr355937,juan\\_gonzalez7024\)@uaeh.edu.mx](mailto:(tr355937,juan_gonzalez7024)@uaeh.edu.mx)

**Palabras Clave:**

Realidad virtual, gamificación, aprendizaje inmersivo, capacitación laboral, simulación 3D, seguridad ocupacional, motivación

## 1. Introducción

En las últimas décadas, se ha observado un avance significativo en la aplicación de tecnologías orientadas al aprendizaje, destacando particularmente la realidad virtual y la gamificación. Desde 1993, la combinación de estas herramientas ha transformado la manera de promover el conocimiento, posibilitando la creación de entornos inmersivos, interactivos y motivadores para los usuarios. Estas tecnologías se han implementado en diversos sectores, incluyendo la educación a distancia, la simulación científica mediante laboratorios virtuales, como los desarrollados por VRLab Academy (VRLab Academy, 2025), y la industria, a través de programas de formación en empresas como DHL, que han incorporado entornos virtuales para capacitar a su personal operativo. El uso de entornos virtuales gamificados en el ámbito laboral ha crecido debido a su eficacia en fomentar la participación activa y el desarrollo de habilidades entre los trabajadores (Sanchez Pacheco, 2019).

La integración de elementos lúdicos, como recompensas, niveles y desafíos, en entornos profesionales permite aumentar la motivación y el compromiso, tal como lo señala (Sanchez Pacheco, 2019). Especialmente en la formación para la prevención de riesgos laborales, la gamificación facilita que los trabajadores experimenten simulaciones de situaciones reales sin exponerse a peligros concretos, desarrollando competencias mediante experiencias interactivas y respondiendo de manera efectiva según sus conocimientos y habilidades previas. Se ha demostrado que la gamificación contribuye a mejorar los indicadores de desempeño dentro de la gestión laboral (Romero & Cuy, 2022). Su ausencia, por el contrario, puede generar desmotivación, resistencia al aprendizaje y falta de sensibilidad hacia la seguridad, disminuyendo el autocuidado individual y colectivo en el trabajo. En particular, los espacios confinados constituyen escenarios de alto riesgo que requieren especial atención. Estos pueden encontrarse tanto en la superficie como bajo tierra, están presentes en la mayoría de los espacios laborales y no necesariamente son de tamaño reducido (G., 2016). La limitada movilidad y la complejidad de las tareas en dichos espacios demandan medidas de seguridad específicas, como una adecuada administración del aire y el uso de equipos de protección

personal, aplicables en situaciones como inundaciones, trabajos subterráneos o en alturas.

### 1.1 Afectados en situaciones de riesgo laboral

En el contexto de actividades laborales consideradas de alto riesgo, resulta crucial identificar las posibles consecuencias derivadas de incidentes que puedan ocurrir durante su ejecución. Aunque el trabajador es quien enfrenta directamente los peligros, las repercusiones de un accidente no se limitan a su persona, sino que pueden extenderse a la empresa, la familia y la sociedad en general (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2017). Las afectaciones directas se manifiestan de manera inmediata tras la ocurrencia del incidente. Para el trabajador, esto puede traducirse en daños físicos que limitan o impiden la continuidad de sus actividades laborales, situación que, en determinados contextos, puede derivar en exclusión o marginación social. En términos económicos, la disminución o pérdida de ingresos, junto con los gastos médicos, especialmente sin cobertura aseguradora, genera un impacto significativo a nivel individual y familiar (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2017). Desde la perspectiva organizacional, los accidentes laborales pueden afectar la capacidad productiva, al requerir la sustitución del trabajador lesionado, comprometiendo la continuidad y eficiencia de los procesos. Además, la empresa asume gastos médicos, traslados de emergencia, evaluaciones clínicas y posibles sanciones legales por incumplimiento de normas de seguridad y salud laboral, sumándose las pérdidas materiales derivadas del incidente (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2017).

El impacto social también es considerable, principalmente en el ámbito económico, dado que los sistemas de seguridad social deben movilizar recursos para atender al trabajador afectado, sobrecargando los servicios públicos de salud y afectando la disponibilidad de atención para otros usuarios. Las afectaciones indirectas emergen a mediano o largo plazo e incluyen el deterioro de la imagen institucional, incremento de presión social, interrupción de actividades productivas, pérdida de experiencia técnica acumulada y necesidad de capacitar a nuevos trabajadores. Asimismo, el núcleo familiar del trabajador puede experimentar estrés emocional, cambios en la rutina y exigencias prolongadas de cuidado, afectando su estabilidad y productividad general (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2017). La identificación de estas repercusiones evidencia que los accidentes laborales generan impactos múltiples y complejos. Por

ello, resulta indispensable fortalecer estrategias de prevención de riesgos y promover una cultura de seguridad que asegure el cumplimiento riguroso de las normativas correspondientes por parte del personal involucrado.

### 1.2 Gamificación como estrategia formativa.

Una estrategia efectiva para abordar la problemática de la seguridad en actividades laborales de alto riesgo, incluyendo el manejo de sustancias peligrosas o trabajos en alturas, es la gamificación. Esta permite transformar el aprendizaje tradicional en una experiencia significativa, estructurada y motivadora, donde los trabajadores asimilan los procedimientos de seguridad de manera efectiva.

La gamificación centra su acción en la motivación del propio usuario para participar activamente, cumplir objetivos y consolidar un aprendizaje significativo, como lo indica en la figura 1. Para su correcta aplicación, el primer paso consiste en definir un objetivo claro, estableciendo qué conocimientos específicos se desea que el usuario adquiera, ya sea sobre el contenido general o sobre un tema que resulte complejo o poco atractivo (Ortiz-Colón & Juan Jordán, 2018).

Posteriormente, se transforma el proceso de aprendizaje en una experiencia similar a un juego, representando de forma lúdica lo que tradicionalmente se abordaba de manera estructurada. Se recomienda iniciar con opciones sencillas, inspiradas en juegos tradicionales ampliamente reconocidos, para facilitar la interacción y la accesibilidad de los participantes.

Una vez diseñado el juego, es esencial establecer reglas que refuercen el objetivo principal de la dinámica y eviten la pérdida de control durante su desarrollo. Para ello, las normas deben ser claras, revisadas previamente y detalladas, asegurando su cumplimiento a lo largo de toda la experiencia (Guzmán Rivera et al., 2020).

De esta manera, la gamificación se configura como una herramienta poderosa en la capacitación laboral de alto riesgo, promoviendo tanto la participación activa como la retención de conocimientos y el desarrollo de habilidades prácticas.

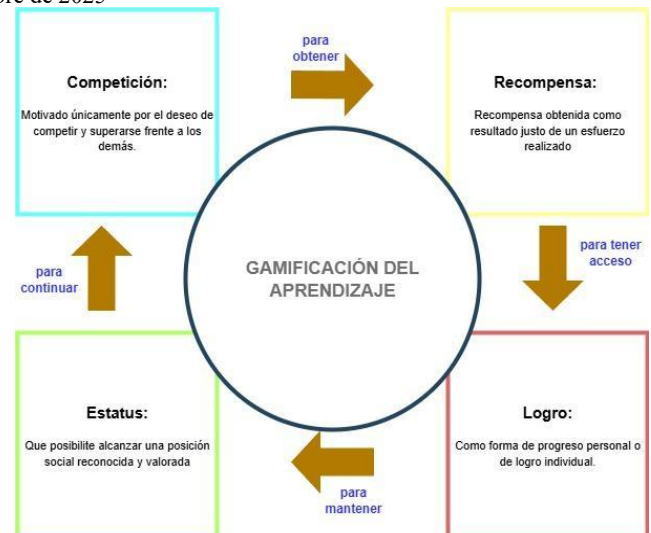


Figura 1. Componentes de la gamificación del aprendizaje.  
Fuente: (Torres Samperio et al., 2019)

Uno de los elementos esenciales de la gamificación es el sistema de recompensas, ya que permite evaluar no solo la adquisición de contenidos, sino también el comportamiento del trabajador durante la actividad y la colaboración en el trabajo en equipo (Contreras Espinosa & Eguia, 2016). Las recompensas pueden definirse como beneficios obtenidos a partir del mérito generado por las acciones realizadas durante la dinámica. La acumulación de estas recompensas puede conferir un estatus frente a otros participantes, reflejando logros relacionados con la superación personal y la satisfacción individual. Este enfoque se desarrolla, generalmente, en un entorno competitivo cuyo objetivo principal es incentivar a los trabajadores a mejorar su desempeño en comparación con sus compañeros (Ortiz-Colón & Juan Jordán, 2018).

Asimismo, es fundamental establecer niveles de dificultad que aumenten progresivamente a lo largo de la actividad, basándose en un equilibrio entre el desafío propuesto y la recompensa obtenida al superarlo. Este diseño contribuye a mantener el interés del usuario y fomenta tanto la motivación como el aprendizaje activo.

De esta manera, la gamificación puede entenderse como una estrategia orientada a mejorar el rendimiento en el entorno laboral, aprovechando el apoyo de diversas tecnologías, las cuales actúan como herramientas que facilitan la consecución de los objetivos de aprendizaje (Torres Samperio et al., 2019). La correcta implementación de estos elementos permite generar experiencias de aprendizaje más dinámicas, participativas y efectivas, adaptadas a contextos educativos y laborales diversos.

### **1.2 Realidad virtual y la gamificación**

La incorporación de la realidad virtual en videojuegos ha propiciado una evolución significativa en los procesos de aprendizaje, logrando que la inmersión modifique la percepción del trabajador y le permita experimentar situaciones del mundo real en un entorno simulado (Torres Samperio et al., 2019). Los videojuegos basados en realidad virtual aplicados a trabajos laborales de alto riesgo constituyen una alternativa innovadora para la capacitación, al generar materiales interactivos que representan un desafío estimulante para los trabajadores. Los componentes de estos juegos permiten que los participantes enfrenten situaciones específicas durante el desarrollo de la dinámica, no solo observando y analizando el entorno, sino también asimilando y reteniendo información relevante (Sanchez Pacheco, 2019). Esta interacción facilita la construcción de razonamientos inductivos y deductivos que, mediante estrategias organizadas, posibilitan la resolución efectiva de problemas concretos (Torres-Samperio et al., 2019).

Un entorno de realidad virtual gamificado proporciona una inmersión tanto visual como auditiva, favoreciendo la creación de dinámicas de juego en contextos tradicionalmente no lúdicos, lo que fortalece el proceso de enseñanza-aprendizaje. Esta metodología supera las limitaciones de los entornos bidimensionales y el uso exclusivo de pantallas, promoviendo experiencias más significativas, participativas y efectivas en la capacitación laboral.

### **1.3 Gamificación y Realidad Virtual en la Capacitación para Trabajos en Espacios Confinados.**

Los espacios confinados son considerados como un espacio con mayor probabilidad de riesgo debido a sus características. Se tratan de lugares con difícil acceso, con escasa ventilación y no ideados para trabajar de manera continua (Ludus Global, 2023). Estos pueden presentar gases o vapores tóxicos e inflamables debido a la baja ventilación del terreno. La realización de este tipo de trabajo ha ocasionado la pérdida de muchas vidas debido a diversos factores: falta de señalización, mala planificación de actividades, desconocimiento de los peligros y el no uso, o mal uso de herramientas de seguridad.

Como objetivo del presente proyecto, es generar un material de apoyo que, con el uso de gamificación y realidad virtual, las empresas puedan capacitar a sus

trabajadores de manera dinámica. Se desarrollarán escenarios que representen una simulación en 3D sobre un túnel en construcción y el trabajo dentro de un pozo, para mejorar la comprensión de la correcta ejecución de estas actividades. Ambos eventos muestran al trabajador aspectos importantes, como el correcto uso de equipo de trabajo y de seguridad dentro de cada evento en primera persona, con cuestionarios que coadyuven a su aprendizaje.

El trabajador realizará un recorrido por el terreno en el cual se encontrará con objetos y eventos que deberá analizar para poder responder el cuestionario. Se usarán elementos típicos de juego, como el sistema de puntaje, consulta de información y captura de objetos. Con esta dinámica se pretende incrementar la motivación por parte de los trabajadores, desarrollar capacidades en torno al pensamiento crítico y la conciencia sobre la seguridad en el ámbito laboral.

## **2. Metodología**

La aplicación de la metodología MEDEERV mostró una adecuada adaptabilidad para el desarrollo del presente proyecto, dado que se orienta a entornos educativos basados en realidad virtual (Torres Samperio et al., 2019). Esta metodología se estructura en tres etapas principales, las cuales se ilustran en la Figura 2. En estas etapas se contempla la determinación de los componentes tridimensionales y el modelado mediante técnicas de realidad virtual. MEDEERV permite diseñar ambientes lúdicos e interactivos, en los cuales los usuarios pueden aprender y experimentar con objetos y entidades dentro de un mundo virtual, favoreciendo la adquisición de conocimientos mediante experiencias inmersivas y participativas (Torres Samperio et al., 2019). El enfoque metodológico facilita la planificación de escenarios educativos que integran elementos de gamificación, promoviendo la motivación y el compromiso de los usuarios. De esta manera, los entornos virtuales generados no solo transmiten información de manera dinámica, sino que también potencian la comprensión y retención de los contenidos, así como el desarrollo de habilidades prácticas en contextos simulados.

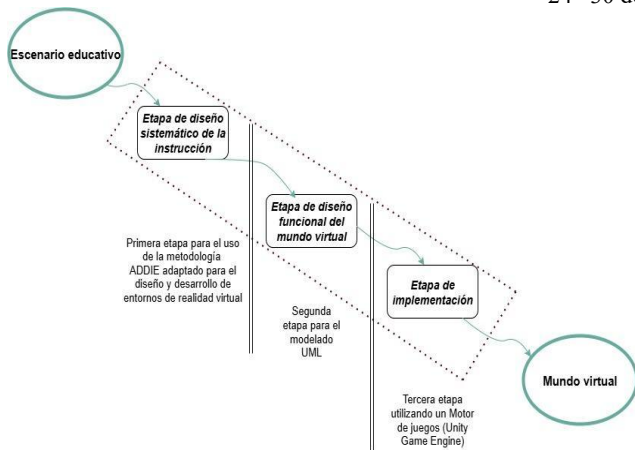


Figura 2. Etapas del desarrollo de la metodología MEDEERV.  
 Fuente: (Torres Samperio et al., 2019)

La inclusión de la evaluación de la Experiencia de Usuario (UX) dentro de la metodología resulta fundamental para verificar si la aplicación de realidad virtual promueve efectivamente la comprensión de los riesgos y las medidas de seguridad durante los procesos de capacitación. La UX permite analizar la calidad de la interacción entre el usuario y el entorno virtual desde una perspectiva cognitiva, emocional y conductual, lo cual posibilita determinar no solo la usabilidad técnica del sistema, sino también su eficacia pedagógica (Cordeiro et al., 2025).

En este contexto, la UX aporta métricas objetivas y subjetivas que permiten evaluar la inmersión, la atención sostenida y la toma de decisiones del usuario ante situaciones simuladas de riesgo (Pribadi et al., 2024). Estos indicadores permiten correlacionar el desempeño dentro del entorno virtual con la transferencia del aprendizaje a contextos reales, ofreciendo evidencia sobre la disminución de errores o incidencias en el entorno laboral. Asimismo, la UX contribuye al diseño de interacciones seguras e intuitivas, evitando la sobrecarga cognitiva y garantizando una experiencia de aprendizaje fluida, centrada en la comprensión significativa del peligro y en la aplicación correcta de medidas preventivas (Stefan et al., 2023).

Además, el análisis de la UX incluye la dimensión emocional del aprendizaje, identificando niveles adecuados de estrés, motivación y confianza que inciden directamente en la retención y aplicación del conocimiento (Yoo et al., 2023). La recopilación sistemática de estos datos, mediante observación, métricas de desempeño y retroalimentación del usuario, permite alimentar un proceso de mejora continua dentro de la metodología, ajustando la interfaz, la narrativa inmersiva y las condiciones de interacción para maximizar la efectividad formativa (Alhamad et al., 2024).

En suma, la UX se constituye en un mecanismo de verificación y validación pedagógica, que garantiza que la aplicación de

realidad virtual no solo transmite información, sino que genere cambios observables en la comprensión y en la conducta preventiva de los usuarios, contribuyendo así a la reducción de incidencias y al fortalecimiento de una cultura de seguridad en los procesos de capacitación (Mäkinen et al., 2022).

## 2.1 Etapa de diseño sistemático para la instrucción.

Durante esta etapa se lleva a cabo un análisis instruccional enfocado en las habilidades subordinadas que se desean desarrollar dentro del proceso del juego. Los resultados obtenidos constituyen los prerrequisitos esenciales para diseñar un entorno funcional que se adapte a las características específicas de la aplicación (Torres Samperio et al., 2022). Para guiar el diseño instruccional del juego, se tomó como referencia el modelo ADDIE, al cual se le realizaron adaptaciones con el fin de adecuarlo a las necesidades particulares del proyecto. Este modelo, que se muestra en la figura 3, permitió determinar de manera sistemática los componentes necesarios para construir un diseño funcional del juego, asegurando que la implementación computacional posterior se desarrollara de manera coherente con los objetivos instruccionales planteados.



Figura 3. Etapas del desarrollo de la metodología ADDIE.  
 Fuente: (Torres Samperio et al., 2022)

La adaptación de este modelo para el desarrollo del juego permitió que, durante la etapa de análisis, se identificarán los requerimientos instruccionales necesarios, mientras que en la fase de diseño se definieron las especificaciones del material didáctico. Durante la etapa de desarrollo, se detallaron los medios instruccionales, el flujo de trabajo, los escenarios, los objetos, las

simulaciones y los modelos a crear. En la fase de implementación, se determinó la manera en que el usuario interactúa con el juego, garantizando una experiencia coherente con los objetivos educativos planteados. Finalmente, en la etapa de evaluación, se incorporaron elementos clave para valorar la experiencia del usuario y su desempeño durante la interacción con el juego. Los resultados correspondientes a la etapa de análisis se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Población meta y situación actual

Análisis	Descripción
Población Meta	Trabajadores que desempeñan labores en espacios confinados de alto riesgo, así como personas interesadas en temas relacionados con la seguridad y prevención en este tipo de entornos laborales.
Situación Actual	Actualmente, los trabajadores han tenido que adaptarse a nuevas tecnologías y protocolos de seguridad, transformando la manera tradicional de capacitar en ambientes más controlados y tecnológicos. Este cambio ha representado un desafío para todos los involucrados en la seguridad y operación de estos trabajos, ya que no siempre se alcanzan los niveles óptimos de capacitación y prevención. Se requieren herramientas innovadoras y efectivas que puedan apoyar a los trabajadores para lograr un desempeño seguro y eficiente, adaptándose a las nuevas normas y condiciones que, probablemente, se mantendrán por un tiempo prolongado.

Una vez realizado el análisis, se procede a establecer las metas y objetivos instruccionales mostrados en la tabla 2.

Tabla 2. Metas instruccionales y necesidades educativas.

Análisis	Descripción
Meta instruccional	El trabajador podrá aprender la correcta utilización de herramienta, equipo de seguridad y ejecución de sus actividades mediante la interacción con el contenido y un recorrido virtual de los eventos presentados.
Necesidades educativas	Conocimientos básicos sobre el uso de herramienta y situaciones de peligro que se pueden presentar en el área de trabajo donde se desarrollaran

Tras identificar la meta instruccional y la necesidad formativa, se lleva a cabo un análisis minucioso que posibilita delimitar los objetivos, diseñar las actividades y precisar las habilidades que se pretende fortalecer mediante el uso de la herramienta instruccional, lo cual se ejemplifica en la Tabla 3.

Tabla 3. Objetivos, actividad instruccional y habilidades subordinadas.

Etapa	Objetivo	Actividad instruccional	Habilidad subordinada
1	Identificar la herramientas tanto de utilidad como de seguridad que se pueden utilizar dentro de un espacio confinado	Con ayuda del personaje en primera persona, el trabajador podrá desplazarse hacia la mesa de herramientas, analizará y contestará una pregunta que le mostrará la aplicación.	identificar que herramientas de protección y utensilios de trabajo utilizar para cada actividad, por lo menos un 70% de certeza
2	Identificar y asociar los riesgos, condiciones ambientales, y medidas de seguridad antes del ingreso.	Mediante una interfaz de realidad virtual puede observar las condiciones ambientales y riesgos más relevantes dentro del espacio confinado.	Comprender, identificar y asociar el entorno en el cual el trabajador realizara sus actividades al menos con un 70% de certeza
3	Adquirir conocimiento sobre los posibles eventos de riesgo que pueden presentarse durante las actividades realizadas por el trabajador.	En el momento que el trabajador ingrese al espacio confinado, visualizará un evento de emergencia ante una situación de peligro dentro del área de trabajo	Responder correctamente a la situación en la cual se encuentra el trabajador, con al menos un 70% de certeza.

De acuerdo con la Tabla 3, se procede a crear un diagrama de flujo de la instrucción y habilidades que contribuyen a la ejecución de los objetivos.

Se analizarán tres etapas en las que se examinará el flujo de la instrucción y se desglosan las habilidades, como se ilustra en la Figura 4. Este proceso es continuo y cíclico, finalizando únicamente al alcanzar el nivel más elemental, es decir, al pasar de lo general a lo particular, momento en el cual no es posible seguir subdividiendo en habilidades subordinadas (Torres Samperio et al., 2022).

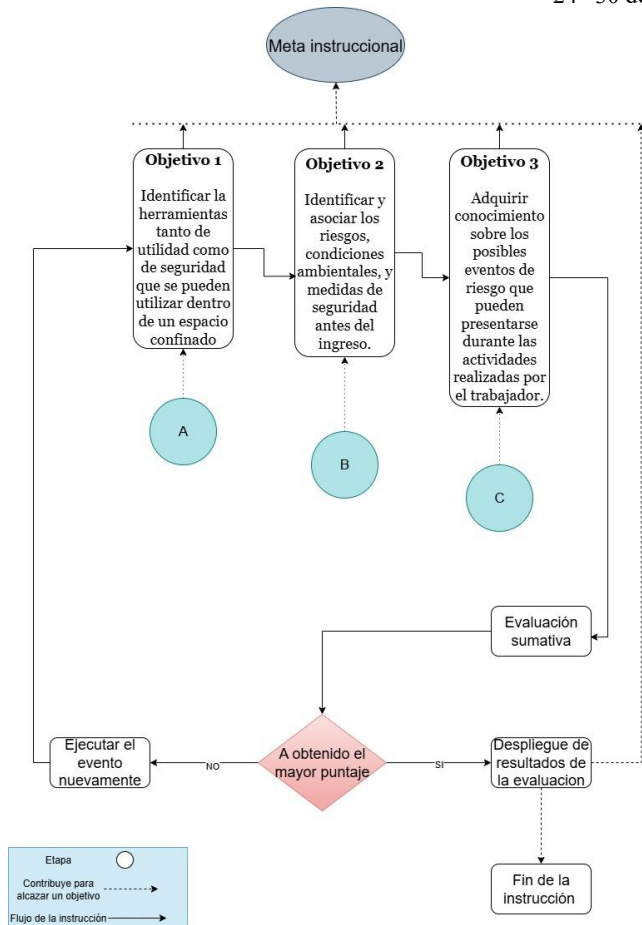


Figura 4. Representación del flujo de la instrucción.  
 Fuente: Elaboración propia

En la figura 5 se muestra el desglose de la habilidad subordinada de la etapa A, tomando en cuenta los requisitos fundamentales para lograr el objetivo de aprendizaje de esa fase.

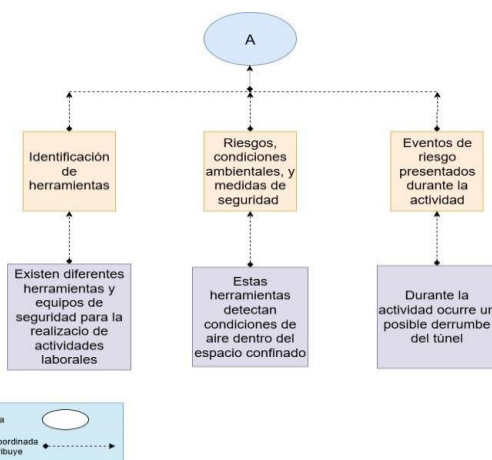


Figura 5. Habilidades subordinadas de la Etapa 1 “A”  
 Fuente: Elaboración propia

## 2.2 Estrategias Instruccionales

De acuerdo con los resultados obtenidos de cada trabajador que realice la capacitación, se implementó un sistema de recompensas acorde a su esfuerzo por cumplir con los objetivos de aprendizaje, como se muestra en la figura 6. Esto con el fin de que el trabajador tienda a mejorar sus resultados y, al mismo tiempo, se garantice su interés y compromiso para fortalecer su aprendizaje.



Figura 6. Sistema de recompensa de medalla de oro, plata o bronce.

Estas estrategias de enseñanza buscan que las actividades estén vinculadas a un aprendizaje significativo. En un entorno de realidad virtual se combinan recursos como audio, video, texto, gráficos y modelos 3D interactivos, proporcionando al usuario una experiencia innovadora y atractiva (Torres Samperio et al., 2022). La figura 7 muestra lo explicado anteriormente.



Figura 7. Elementos de interfaz gráfica.

## 2.3 Evaluación de aprendizaje

El desempeño del trabajador se evaluará mediante un cuestionario interactivo, en el que podrá obtener puntuación en función de las respuestas correctas proporcionadas durante la actividad gamificada. La evaluación se realiza a lo largo de toda la capacitación y tiene un carácter sumativo. Este sistema constituye el único medio mediante el cual el trabajador puede avanzar de nivel, tal como se ilustra en la figura 8.



Figura 8. Evaluación de actividades.

### 2.4 Etapa del diseño funcional

Durante esta etapa se determinan las funciones y el comportamiento esperado de cada objeto o nivel dentro del juego, procediendo al modelado de los componentes y funcionalidades del entorno virtual de acuerdo con los requerimientos definidos en el diseño instruccional. Se diseña un modelado visual con UML, en el cual se muestran las partes fundamentales del sistema, comenzando por un diagrama de casos de uso que especifica la comunicación y el comportamiento entre el usuario y el sistema, como se muestra en la figura 9.

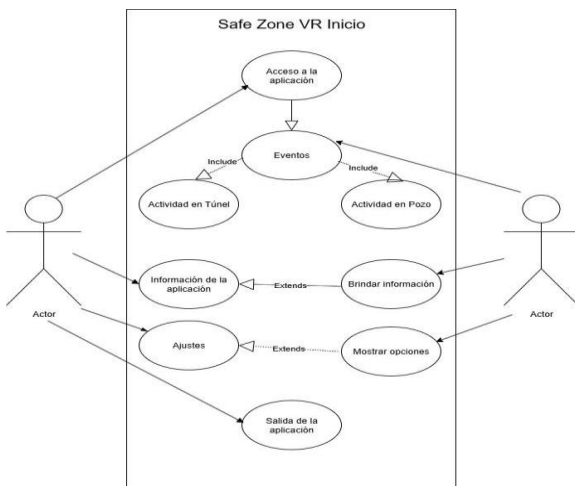


Figura 9. Caso de uso: menú principal de la aplicación Safe Zone VR.

Una vez finalizada la construcción de los diagramas de caso de uso, se elaboró un diagrama de componentes con el propósito de representar de manera estática las interrelaciones entre los distintos elementos que conforman la aplicación. Este diagrama contempla los módulos correspondientes a lecciones, actividades, recursos multimedia (incluyendo audio e imágenes) y los escenarios del juego. Asimismo, permite documentar las dependencias y relaciones entre los componentes, detallando cómo las lecciones se integran con las actividades del juego y el sistema de puntaje e incentivos, ofreciendo así una visión integral del funcionamiento del sistema, como se ilustra en la figura 10.

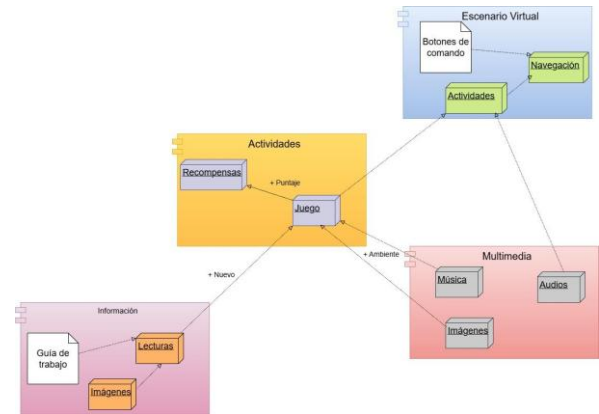


Figura 10. Diagrama de componentes de la aplicación Safe Zone VR.

El diagrama que se elabora a continuación, posterior al diagrama de componentes, es el diagrama de secuencia. Este representa las líneas de vida y los procesos involucrados en el funcionamiento del sistema, mostrando el intercambio de mensajes entre ellos, tales como la revisión del entorno y de los objetos, entre otros, hasta la finalización de la línea de vida del sistema. Este resultado se ilustra en la figura 11.

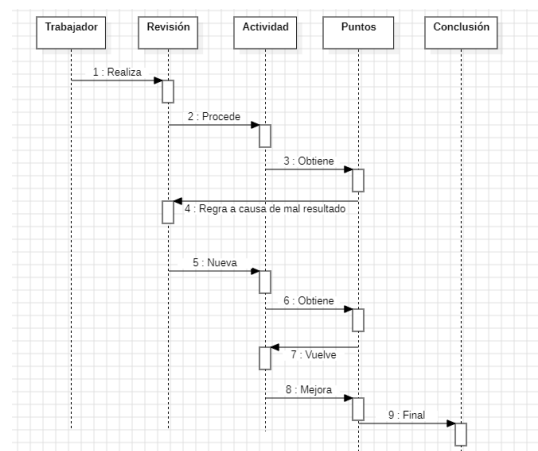


Figura 11. Diagrama de secuencia de la aplicación Safe Zone VR.

El diagrama presentado en la figura 12 ilustra el flujo de trabajo que sigue el usuario en función de las opciones seleccionadas. Las actividades se desarrollan en modo arcade, en el cual el participante debe superar un puntaje predeterminado con un margen mínimo de error para completar la tarea (Torres Samperio et al., 2022). Al concluir la actividad, se proporciona una evaluación del desempeño, tras lo cual el usuario retorna al inicio, donde puede optar por repetir la actividad o finalizar la interacción con el sistema.



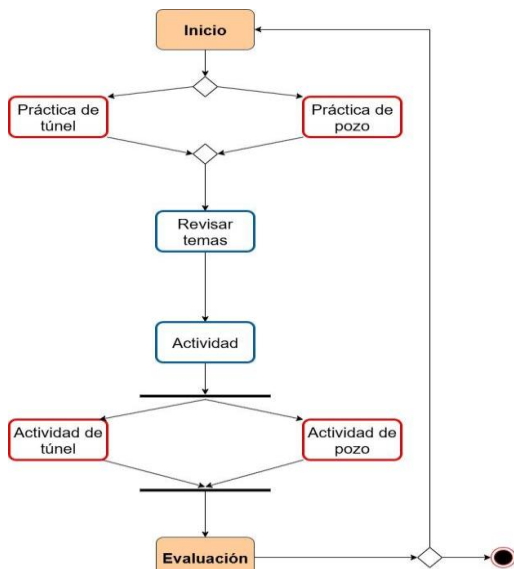


Figura 12. Diagrama de actividades de la aplicación Safe Zone VR.

Una vez finalizado el análisis de los componentes, la secuencia de acciones, las actividades y los distintos elementos del sistema, se procederá a elaborar un mapa de navegación con el propósito de representar de manera integral el contenido para el trabajador. De igual manera, se determina el modo de navegación e interacción con el sistema. El resultado se muestra en la figura 13.

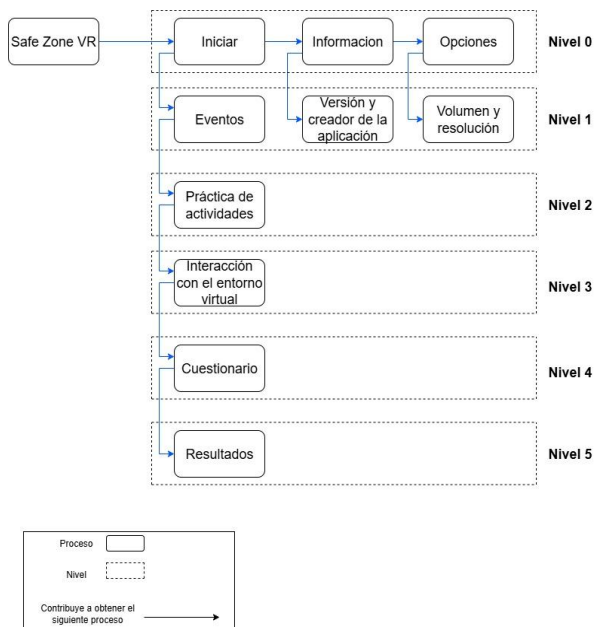


Figura 13. Mapa de navegación de la aplicación Safe Zone VR

En general, el diseño funcional tiene como propósito orientar la operatividad y los objetivos de un producto, de manera que este cumpla, de forma directa o indirecta, con las necesidades del usuario final y los requerimientos establecidos por el cliente (Torres Samperio et al., 2022, 75). La implementación de esta etapa dentro de un proyecto implica abordar con precisión la descripción y funcionalidad de cada objeto, dado que estos constituyen elementos fundamentales dentro de la especificación del sistema, como se muestra en la figura 14.



Figura 14. Diseño de interfaz de acuerdo al desarrollo de la etapa de diseño funcional.

## 2.5 Etapa de implementación

En esta sección se expone el proceso de construcción de la aplicación. Para su desarrollo, se especifican los algoritmos y componentes de software empleados, considerando las particularidades de cada elemento y atendiendo a las especificaciones derivadas del diseño funcional (Torres Samperio et al., 2022, 75). La creación del entorno se llevó a cabo mediante el motor de videojuegos Unity (unity.com, 2025), mientras que la integración de modelos 3D gratuitos y de libre acceso se realizó con el apoyo de los recursos proporcionados por RightModels (Sketchfab, 2019). Por su parte, la incorporación de audios e imágenes se efectuó a través de la plataforma Pixabay (Pixabay, 2025), y la programación de comportamientos se implementó en el lenguaje C#. Finalmente, en la Figura 15 se presenta la propuesta de arquitectura de la aplicación, donde se ilustran los recursos utilizados en el entorno 3D y su correspondencia con las directrices definidas en el diseño funcional.

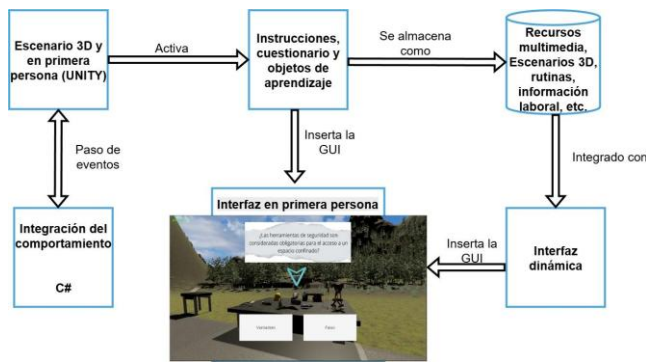


Figura 15. Diagrama a bloques de la Arquitectura de la aplicación.

### 2.6 Comportamientos de animación e interacción del sistema

Para ello, se elabora un grafo de escena, como el de la figura 16, que nos permite entender cómo desarrollar la programación de comportamientos y navegación en la realidad virtual.

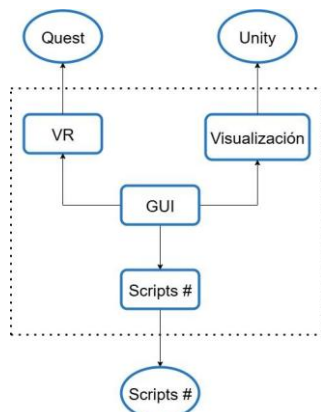


Figura 16. Grafo de escena.

En la figura 15 podemos observar la interfaz de usuario, cómo integra componentes (assets) de Unity, objetos 3D de RightModels y la programación de comportamientos en C#. Para finalizar el proceso, se lanza una aplicación ejecutable de Unity, que puede ser ejecutada en una computadora que cumpla con los requerimientos mínimos, como Windows 7, 4 GB de memoria RAM y procesador modelo Core i3.

## 3. Resultados

Una forma de comprobar que el prototipo de interfaz desarrollado se ajusta a las especificaciones definidas en la fase de análisis de necesidades, y que además garantiza una adecuada calidad del software, consiste en

llevar a cabo una evaluación tomando como referencia la norma ISO/IEC 25010:2023 (International Organization for Standardization, 2023). Para iniciar dicho proceso, se aplicaron una serie de pruebas en las cuales el trabajador utilizó libremente la aplicación y posteriormente compartió sus impresiones acerca de la experiencia de uso, señalando aspectos positivos, negativos, el grado de comodidad, las dificultades de interacción y la facilidad de uso percibida.

Concluida esta primera fase, se procedió a una evaluación más formal mediante métodos estadísticos, empleando cuestionarios estructurados con reactivos basados en la escala de Likert, solicitando a los trabajadores que evalúen la aplicación con valores de 1 como totalmente en desacuerdo (TA), 2 en desacuerdo (ED), 3 ni de acuerdo ni en desacuerdo (NI), 4 de acuerdo (DA) y 5 como totalmente de acuerdo (TD). Aunque la norma contempla siete características de evaluación, en este estudio se consideraron únicamente tres: eficiencia, funcionalidad y usabilidad. A continuación, en la Tabla 4 se presenta la ponderación correspondiente a dicha escala.

Tabla 4. Ponderación de evaluación de acuerdo a escala Likert.

Valor	Opción de respuesta	Forma reducida
1	Total desacuerdo	TA
2	En desacuerdo	ED
3	Ni de acuerdo ni desacuerdo	NI
4	De acuerdo	DA
5	Totalmente de acuerdo	TD

El cuestionario estuvo conformado por un total de quince reactivos, distribuidos en tres dimensiones: cinco para eficiencia, cuatro para funcionalidad y seis para usabilidad. La evaluación se aplicó a una muestra de quince participantes, compuesta por diez trabajadores y cinco ingenieros en prevención de riesgos.

A los trabajadores se les consultó, con base en las actividades realizadas durante la simulación, si estas resultaron motivadoras, si lograron adquirir nuevos aprendizajes tras el uso de la aplicación y si alcanzaron la máxima puntuación. Por otro lado, a los ingenieros se les solicitó su opinión respecto a la pertinencia y atractivo de las actividades, así como su capacidad para motivar al trabajador en el uso de la aplicación y fomentar la toma

de decisiones. Asimismo, se les pidió emitir un criterio sobre el grado en que los trabajadores cumplieron con los objetivos de aprendizaje establecidos en relación con las actividades propuestas.

Para la categoría de eficiencia se crearon las siguientes preguntas, como se muestra en la figura 17.

**Dimensión 1: Eficiencia**

La aplicación me permitió completar las tareas de forma rápida.

TA  ED  NI  DA  TD

Puede realizar los procedimientos sin errores importantes.

TA  ED  NI  DA  TD

La aplicación redujo la cantidad de pasos necesarios para cumplir la tarea.

TA  ED  NI  DA  TD

La información presentada me ayudó a tomar decisiones con facilidad.

TA  ED  NI  DA  TD

La aplicación contribuyó a un trabajo más organizado.

TA  ED  NI  DA  TD

*Figura 17. Preguntas en base a eficiencia.*

Después de aplicar la encuesta, los resultados se reflejaron rápidamente, como se muestra en la Tabla 5, donde se presentan las respuestas proporcionadas por los trabajadores.

Tabla 5. Resultado de respuestas de la dimensión de eficiencia.

Dimensión / Ítem	TA (1)	ED (2)	NI (3)	DA (4)	TD (5)	Promedio
<b>Eficiencia</b>						
1. Completó tareas rápidamente	0	1	1	7	6	4.3
2. Realizó procedimientos sin errores	0	1	1	8	5	4.2
3. Redujo pasos innecesarios	0	1	2	7	5	4.1
4. Información facilitó decisiones	0	0	3	6	6	4.2
5. Contribuyó a trabajo organizado	0	1	1	7	6	4.3
<b>Promedio Eficiencia</b>	-	-	-	-	-	<b>4.22</b>

En términos de eficiencia, los resultados indican que los usuarios perciben que la aplicación permite completar las tareas de forma ágil y organizada, minimizando errores y pasos innecesarios. Los promedios obtenidos en cada ítem de esta dimensión oscilaron entre 4.1 y 4.3 sobre 5, con un promedio general de 4.22, lo que refleja una sólida aceptación de su desempeño operativo.

Respecto a la dimensión de funcionalidad, se formularon las preguntas que se muestran en la Figura 18, las cuales fueron respondidas por los 15 participantes.

Todas las funciones necesarias estaban disponibles en la aplicación.

TA  ED  NI  DA  TD

Las funciones de la aplicación respondieron correctamente a mis acciones.

TA  ED  NI  DA  TD

La aplicación mostró información precisa y confiable.

TA  ED  NI  DA  TD

Los controles de la aplicación son adecuados para las tareas realizadas.

TA  ED  NI  DA  TD

*Figura 18. Preguntas en base a funcionalidad.*

Las respuestas de las preguntas anteriores se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Resultado de respuestas de la dimensión de eficiencia.

Dimensión / Ítem	TA (1)	ED (2)	NI (3)	DA (4)	TD (5)	Promedio
<b>Funcionalidad</b>	-	-	-	-	-	-
6. Todas las funciones disponibles	0	1	1	6	7	4.3
7. Funciones respondieron correctamente	0	1	2	6	6	4.2
8. Información precisa y confiable	0	1	1	7	6	4.3
9. Controles adecuados	0	0	2	7	6	4.3
<b>Promedio Funcionalidad</b>	-	-	-	-	-	<b>4.28</b>

Respecto a la funcionalidad, los ítems evaluados indican que las funciones de la aplicación están disponibles y operan correctamente, proporcionando información precisa y confiable, así como controles adecuados para el usuario. Los promedios individuales oscilan entre 4.2 y 4.3, alcanzando la dimensión un promedio global de 4.28, lo que sugiere que la aplicación cumple eficazmente con los requerimientos funcionales esperados.

Finalmente, en la última parte del cuestionario se aplicaron las preguntas relacionadas con la usabilidad, las cuales se presentan en la Figura 19.

**Dimensión 3: Usabilidad**

La aplicación es fácil de aprender a usar.

TA  ED  NI  DA  TD

La navegación dentro de la aplicación es clara e intuitiva.

TA  ED  NI  DA  TD

La interfaz es agradable y motivadora.

TA  ED  NI  DA  TD

Me sentí cómodo utilizando la aplicación durante la simulación.

TA  ED  NI  DA  TD

Las instrucciones y retroalimentación de la aplicación son claras.

TA  ED  NI  DA  TD

Me gustaría usar esta aplicación en futuras simulaciones.

TA  ED  NI  DA  TD

Figura 19. Preguntas en base a funcionalidad.

Los resultados de las respuestas se muestran en la tabla 6.

Tabla 6. Resultado de respuestas de la dimensión de usabilidad.

Dimensión / Ítem	TA (1)	ED (2)	NI (3)	DA (4)	TD (5)	Promedio
<b>Usabilidad</b>	–	–	–	–	–	–
10. Fácil de aprender	0	0	1	6	8	4.5
11. Navegación clara	0	0	2	7	6	4.3
12. Interfaz agradable	0	0	2	7	6	4.3
13. Comodidad en uso	0	0	1	7	7	4.4
14. Instrucciones claras	0	1	1	6	7	4.3
15. Deseo de uso futuro	0	0	2	6	7	4.3
<b>Promedio Usabilidad</b>	–	–	–	–	–	<b>4.37</b>

La dimensión de usabilidad obtuvo la calificación más alta, con promedios individuales que varían entre 4.3 y 4.5, y un promedio general de 4.37. Esto indica que los usuarios consideran que la aplicación es fácil de aprender, intuitiva y agradable en su interacción, además de mostrar un interés favorable hacia su uso futuro. Esta valoración resalta la importancia de la experiencia del usuario como un factor determinante en la aceptación de la herramienta.

En términos generales, los resultados reflejan una percepción altamente positiva por parte de los evaluadores, con la mayoría de las respuestas concentradas en los niveles de acuerdo y total acuerdo, y sin opiniones negativas. Por tanto, la aplicación demuestra un equilibrio adecuado entre eficiencia,

funcionalidad y usabilidad, constituyéndose en una herramienta confiable y atractiva para los usuarios. No obstante, se recomienda prestar atención a posibles mejoras en la eficiencia para optimizar aún más la experiencia de uso.

A continuación, en la figura 20, se presenta el promedio obtenido en las tres categorías evaluadas.

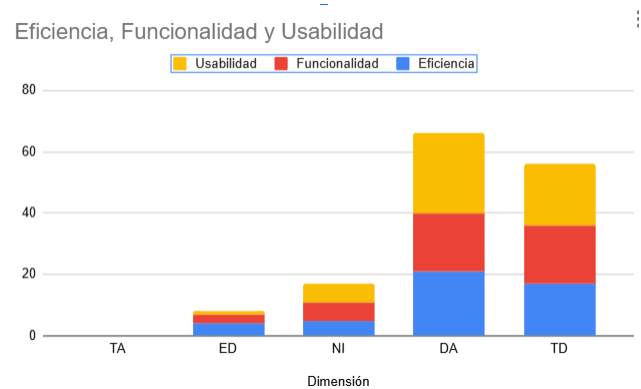


Figura 20. Resultado de las tres categorías evaluadas.

**4. Conclusiones**

El desarrollo e implementación de la aplicación basada en realidad virtual y gamificación ha demostrado ser una estrategia altamente efectiva para la capacitación de trabajadores en entornos de alto riesgo, específicamente en espacios confinados. La integración de elementos inmersivos, dinámicas lúdicas y sistemas de recompensas favorece no solo la motivación y el compromiso de los usuarios, sino también la adquisición de competencias prácticas esenciales para la prevención de accidentes laborales.

El desarrollo de este material de capacitación requiere la colaboración estrecha de expertos en seguridad laboral, ya que la calidad y pertinencia del proyecto dependen de conocimientos especializados y experiencia en la gestión de riesgos. Un aspecto fundamental fue la aplicación de la metodología MEDEERV, la cual facilitó el diseño de escenarios tridimensionales coherentes con los objetivos instruccionales, permitiendo un flujo de instrucción progresivo y adaptado a las necesidades de los trabajadores. La incorporación de cuestionarios interactivos y elementos característicos de los juegos garantiza que el aprendizaje sea participativo, autónomo y evaluable en tiempo real, optimizando la retención de conocimientos y la capacidad de toma de decisiones en situaciones de riesgo.

## 5. Trabajo a futuro

Como parte de los trabajos a futuro, se propone retomar el desarrollo del presente proyecto mediante la implementación del evento del "pozo" en un entorno de realidad virtual inmersiva. Para ello, se plantea el uso de tecnologías de interacción XR a través de dispositivos como los lentes Oculus Rift, lo cual permitirá al usuario experimentar una simulación más realista e inmersiva del escenario de riesgo. Esta mejora tecnológica no solo proporcionará una visión completa del entorno, sino que también integrará un sistema de recompensas, fomentando la participación activa del usuario mediante la interacción con herramientas y personajes secundarios incorporados en la simulación.

De igual manera, se prevé incorporar un sistema de evaluación alineado con los lineamientos establecidos en la norma oficial mexicana **NOM-033-STPS-2015**, con el objetivo de asegurar que la capacitación proporcionada por la aplicación cumpla con los requerimientos legales en materia de seguridad en espacios confinados. Esta evaluación normativa permitirá fortalecer la validez técnica del sistema propuesto y garantizar su aplicabilidad en contextos reales de formación.

Finalmente, se considera pertinente, como una línea de investigación futura, incluir un análisis desde la perspectiva institucional. Específicamente, se sugiere evaluar el impacto de la aplicación gamificada mediante la comparación entre los niveles de incidencia reportados por trabajadores que utilizaron la herramienta frente a aquellos que no participaron en su uso. Este tipo de evaluación, de carácter cuantitativo y longitudinal, permitiría validar de forma más objetiva la efectividad de la aplicación en la reducción de riesgos laborales. Si bien este enfoque requiere acceso a datos internos y un seguimiento en campo, su inclusión representaría un aporte significativo al fortalecimiento del presente estudio y a su aplicabilidad en entornos industriales.

## Referencias

Contreras Espinosa, R. S., & Eguia, J. L. (2016). *Gamificación en aulas universitarias*. Retrieved agosto 05, 2025, from <https://core.ac.uk/download/pdf/78545392.pdf>

G., O. G. (2016, September 1). *GUÍA PARA LOS TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS*. GUÍA PARA LOS TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS.

Retrieved Junio 28, 2025, from <https://multimedia.3m.com/mws/media/1571801O/guia-trabajos-espacios-confinados.pdf>

Gobierno de México. (n.d.). *¿Qué es la Seguridad y Salud en el Trabajo?* Gob.mx. Retrieved Junio 24, 2025, from [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/713145/seguridad\\_y\\_salud\\_laboral.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/713145/seguridad_y_salud_laboral.pdf)

Guzmán Rivera, M. Á., Escudero-Nahón, A., & Anchola-Magdaleno, S. L. (2020, Agosto 07). "Gamificación" de la enseñanza para ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas: cartografía conceptual. *Scielo*. [https://doi.org/10.31391/s2007-7033\(2020\)0054-002](https://doi.org/10.31391/s2007-7033(2020)0054-002)

Instituto Nacional de Bellas Artes. (2012, 02 20). *Recorrido Virtual 360° Palacio de Bellas Artes*. Palacio de Bellas Artes. Retrieved October 11, 2025, from <https://palacio.inba.gob.mx/recorrido/virtualtour.html>

Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura. (n.d.). *Recorrido Virtual 360° Palacio de Bellas Artes*. INBAL. Retrieved 10 11, 2025, from <https://inba.gob.mx/sitios/recorridos-virtuales/museo-de-arte-moderno/>

International Organization for Standardization. (2023). *Systems and software engineering — Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product quality model*. Retrieved Agosto 20, 2025, from <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/07/81/78176.html>

Ludus Global. (2023, Octubre 10). *Espacios confinados: características, riesgos y accidentes*. Retrieved Junio 13, 2025, from <https://www.ludusglobal.com/blog/espacios-confinados-caracteristicas-riesgos-y-accidentes>

Ortiz-Colón, A. M., & Juan Jordán. (2018, Abril). *Gamificación en educación: una panorámica sobre el estado de la cuestión*. ResearchGate. Retrieved Junio 28, 2025, from [https://www.researchgate.net/publication/324704639\\_Gamificacion\\_en\\_educacion\\_una\\_panoramica\\_sobre\\_el\\_estado\\_de\\_la\\_cuestion](https://www.researchgate.net/publication/324704639_Gamificacion_en_educacion_una_panoramica_sobre_el_estado_de_la_cuestion)

Pixabay. (2025). Pixabay: Más de 1 millón de Imágenes Gratis para Descargar. Retrieved Agosto 20, 2025, from <https://pixabay.com/es/>

Romero, D. Z., & Cuy, S. P. M. (2022). *GAMIFICACIÓN COMO ESTRATEGIA DE FORMACIÓN EN SST* (1st ed.). ResearchGate. Retrieved Junio 28, 2025, from [https://www.researchgate.net/publication/379532535\\_GAMIFICACION\\_COMO ESTRATEGIA DE FORMACION EN SST](https://www.researchgate.net/publication/379532535_GAMIFICACION_COMO ESTRATEGIA DE FORMACION EN SST)

- Sanchez Pacheco. (2019, July 16). *ELEMENTOS DE LA GAMIFICACIÓN Y SUS IMPACTOS EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE | Identidad Bolivariana*. Identidad Bolivariana. Retrieved August 27, 2025, from <https://identidadbolivariana.itb.edu.ec/index.php/identidadbolivariana/article/view/56>
- Secretaría de Cultura & Instituto Nacional De Antropología. (n.d.). *Recorrido Virtual del Museo del Pueblo Maya*. INAH. Retrieved 10 11, 2025, from <https://inah.gob.mx/imagenes/recorridos-virtuales/museodelpueblomaya/>
- Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (2017). *EL COSTO DE LOS ACCIDENTES Y ENFERMEDADES DE TRABAJO*. Trabajoseguro. Retrieved agosto 23, 2025, from [https://trabajoseguro.stps.gob.mx/bol086/vinculos/nota\\_2\\_bol086.pdf](https://trabajoseguro.stps.gob.mx/bol086/vinculos/nota_2_bol086.pdf)
- Sketchfab. (2019, March 12). *VR Headset Free Model - Download Free 3D model by Vitamin (@btrseller)*. Sketchfab. Retrieved Agosto 22, 2025, from <https://sketchfab.com/3d-models/vr-headset-free-model-51b8dbff65e247979f068914f6197909>
- Torres, D. H. (2022, 14 17). *Gamificación y Realidad Virtual: desarrollo y aplicación de un videojuego como complemento didáctico en Ciencias Sociales*. Retrieved Junio 17, 2025, from <http://hdl.handle.net/10803/675740>
- Torres Samperio, G. A., Franco Árcaga, A., Gutiérrez Sánchez, M. d. J., & Suarez Navarrete, A. (2019). LA GAMIFICACIÓN EN LOS AMBIENTES DE REALIDAD VIRTUAL MÓVIL (THE GAMIFICATION IN THE ENVIRONMENTS OF MOBILE VIRTUAL REALITY). *pistaseducativas*, 41(133). <https://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2054>
- Torres Samperio, G. A., Gutiérrez-Sánchez, M. d. J., Suárez-Navarrete, A., Hernández Sánchez, D., & Curiel Anaya, A. (2022, Agosto 31). Realidad extendida gamificada en la enseñanza de las ciencias naturales. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 10, 69-79. [https://scholar.google.com/citations?view\\_op=view\\_citation&hl=es&user=0zBGQRwAAAAJ&citation\\_for\\_view=0zBGQRwAAAAJ:e5wmG9Sq2KIC](https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=0zBGQRwAAAAJ&citation_for_view=0zBGQRwAAAAJ:e5wmG9Sq2KIC)
- unity.com. (2025). Plataforma de desarrollo en tiempo real Unity | Motor 3D, 2D, VR y AR. Retrieved Agosto 18, 2025, from <https://unity.com/es>
- VRLab Academy. (2025). *Transforme la enseñanza de las ciencias con laboratorios virtuales interactivos*. VRLab Academy | Experiments | VR Education | Virtual Laboratories. Retrieved Junio 28, 2025, from <https://www.vrlabacademy.com/Default>
- Yanira Moguel. (2022, Enero 12). *Realidad Virtual y Gamificación: Una nueva manera de aprender*. Retrieved Junio 24, 2022, from <https://es.linkedin.com/pulse/realidad-virtual-y-gamificaci%C3%B3n-una-nueva-manera-de->
- Cordeiro, A., Leite, R., Almeida, L., Neves, C., Silva, T., Siqueira, A., Catapan, M., & Winkler, I. (2025). Preliminary Design Guidelines for Evaluating Immersive Industrial Safety Training. *Informatics*, 12(3), 88. <https://doi.org/10.3390/informatics12030088>
- Pribadi, A. P., et al. (2024). Analysis of the effectiveness and user experience of employing virtual reality to enhance the efficacy of occupational safety and health learning for electrical workers and graduate students. [Revista / Journal]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11320216/>
- Stefan, H., Mortimer, M., & Horan, B. (2023). Evaluating the effectiveness of virtual reality for safety-relevant training: a systematic review. *Virtual Reality*, 27, 2839–2869. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00843-7>
- Yoo, J. W., et al. (2023). Understanding VR-Based Construction Safety Training: The Role of Telepresence and Risk Perception. *Applied Sciences*, 13(2), 1135. <https://doi.org/10.3390/app13021135>
- Alhamad, A., Gilanyi, A., & Csernoch, M. (2024). Virtual Reality Safety Training in Warehouses: Evaluating User Experience. SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5030070>
- Mäkinen, H. (2022). User experiences of virtual reality technologies: a review. *Behaviour & Information Technology*. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2020.1788162>