



**Virtualización de Artefactos Explosivos para Entrenamiento Militar: Desarrollo de una
Aplicación Interactiva para la Visualización**

Integrantes

Juan Felipe Gualdria Carranza
Mateo Diaz Naranjo
Karen Matilde Espitia Rodríguez

Docente

Jhon Jairo Porras

Universidad EAN

I. Resumen	4
II. Introducción	6
III. Objetivos	8
IV. Planteamiento del problema	9
V. Justificación.....	12
VI. Marco teórico	14
Minas antipersonal (MAP) y artefactos explosivos improvisados (AEI) en Colombia	14
Marco normativo nacional e internacional	15
Modelado 3D y fotogrametría en reconstrucción de artefactos.....	18
Herramientas tecnológicas: Unity	18
Seguridad y ética en el entrenamiento virtual.....	19
Metodología basada en game development pipeline	21
Etapas del Game Development Pipeline	21
VII. Análisis de requerimientos	25
VIII. Marco de Referencia	27
IX. Análisis de restricciones.....	29
X. Metodología para la Selección y Desarrollo de la Solución	31
Evaluación de la Racionalidad Técnica de la Solución.....	32
3. Evaluación de Alternativas de Solución.....	33
4. Selección Final y Refinamiento de la Solución	34
XI. Análisis de costos.....	35

Costos indirectos.....	35
Inversión total.....	36
XII. Resultados obtenidos durante el proceso del proyecto.....	37
XIII.Resultados obtenidos y desafíos propuestos	41
XIV. Conclusiones.....	43
XV. Referencias.....	45

I. Resumen

El entrenamiento de soldados en la identificación y desactivación de Artefactos Explosivos (AE) es una tarea crítica la cual conlleva riesgos y costos elevados al utilizar explosivos reales desactivados. Este proyecto se enfoca en dar una solución innovadora mediante la virtualización de artefactos explosivos, tales como minas explosivas; minas de fragmentación direccional; minas de fragmentación delimitadoras; minas de fragmentación omnidireccionales, por medio de una aplicación interactiva la cual permita a los soldados visualizar y desarmar estos dispositivos de manera segura y eficiente, sin necesidad de recurrir a explosivos reales.

En este contexto aparece la necesidad de innovar en los métodos de entrenamiento mediante el uso de tecnología vanguardista que permita simular de manera precisa, realista y segura, el proceso de identificación y desactivación de Artefactos Explosivos. Entre estas tecnologías contamos con distintas técnicas como la inteligencia artificial (IA), la fotogrametría y el desarrollo de software para crear modelos de 3D precisos y funcionalidades interactivas que mejoren la experiencia de entrenamiento.

Palabras clave: *Artefacto explosivos, virtualización, entrenamiento militar, Fotogrametría, Modelado 3D, Inteligencia Artificial (IA), Realidad Virtual (VR)/Aumentada (AR).*

Abstract

The training of soldiers in the identification and deactivation of Explosive Ordnance (EOD) is a critical task that involves high risks and costs when using real deactivated explosives. This project focuses on providing an innovative solution through the virtualization of explosive devices, such as explosive mines, directional fragmentation mines, bounding fragmentation mines, omnidirectional fragmentation mines, and anti-vehicle mines, by means of an interactive application that allows soldiers to visualize and disarm these devices in a safe and efficient way, without the need to use real explosives. In this context, there is a need to innovate training methods through the use of cutting-edge technology to simulate accurately, realistically, and safely the process of identification and deactivation of explosive devices. These technologies include different techniques such as artificial intelligence (AI), photogrammetry, and software development to create accurate 3D models and interactive functionalities that enhance the training experience.

Keywords: Explosive devices, virtualization, military training, photogrammetry, 3D modeling, Artificial Intelligence (AI), Virtual Reality (VR) / Augmented Reality (AR).

II. INTRODUCCIÓN

Colombia es el segundo país con mayor número de minas antipersonales (MAP) y artefactos explosivos improvisados (AEI), lo que ha dejado miles de víctimas y operativos complejos de desminado. Colombia ha dedicado gran parte de su fuerza militar a la erradicación de minas antipersonales, entrando en vigor desde 2001 e iniciando oficialmente en 2004, a lo largo de dos décadas Colombia presenta el Geo portal de la Acción Integral contra las Minas Antipersonal (AICMA) donde se encuentra la información pública del proceso de erradicación de estos explosivos, gracias a esto el análisis del portal indica una tasa mediana anual de desbroce de aproximadamente 1.900.000 m², a este ritmo, se necesitaran al menos 20 años más para limpiar los 52.000.000 m² de tierra contaminada estimada en Colombia, estos estudios no tienen en cuenta la posibilidad del aumento de zonas minadas por grupos al margen de la ley por lo cual, los esfuerzos de desminado en el país a pesar de ser constantes y avanzar a un paso firme, se requieren una gran parte de recursos tanto monetarios como de talento humano para poder alcanzar los objetivos de desminado en Colombia.

Una de las prácticas para el entrenamiento de las fuerzas militares en la desactivación de artefactos explosivos consiste en usar dispositivos desactivados, pero esta manipulación de las minas antipersonales, incluso desactivadas, implica un riesgo constante de accidentes y lesiones. Asimismo, la adquisición, transporte y mantenimiento de estos dispositivos representan un gasto considerable para las instituciones militares (Lahuerta Percipiano & Altamar, 2002) además, la

disponibilidad limitada de materiales restringe la práctica, efectividad de los soldados y su entrenamiento continuo, lo que puede afectar su preparación y respuesta en situaciones reales.

Por lo cual, los métodos tradicionales de entrenamiento, basados en dispositivos reales desactivados, presentan riesgos físicos, altos costos logísticos y limitaciones en la práctica continua.

Este proyecto propone la virtualización de artefactos explosivos mediante fotogrametría, IA y desarrollo de software interactivo, la solución incluye modelos 3D hiperrealistas, reconocimiento automático de componentes y una aplicación interactiva, eliminando el contacto físico con explosivos y permitiendo entrenamiento adaptable. Esta solución busca evitar riesgos físicos y altos costos de logística al utilizar dispositivos reales desactivados, remplazando los métodos tradicionales de entrenamiento por un entorno virtual teniendo en cuenta el Congreso de Colombia. (2002). Ley 759 de 2002 (julio 25). Por medio de la cual se dictan normas para dar cumplimiento a la Convención sobre la Prohibición el Empleo, Almacenamiento, Producción y Transferencia de minas antipersonal y sobre su destrucción se fijan disposiciones con el fin de erradicar en Colombia el uso de las minas antipersonal.

En la primera parte del proyecto se desarrollan las bases teóricas en torno a la problemática de las minas antipersonal (MAP) y artefactos explosivos improvisados (AEI) en Colombia, el marco normativo internacional y nacional, y las tecnologías de virtualización aplicables (fotogrametría, IA, RV/RA). En la segunda parte se presentan los aspectos de diseño e implementación técnica.

III. OBJETIVOS

Objetivo General:

- a. Desarrollar una aplicación interactiva basada en tecnologías de virtualización para el entrenamiento militar en identificación y desactivación de artefactos explosivos, que permita la reducción de riesgos, costos y la mejora en la eficacia del entrenamiento.

Objetivos Específicos:

- b. Diseñar modelos 3D de Artefactos Explosivos (AE), utilizando fotogrametría y Blender.
- c. Implementar un modelo de segmentación semántica de IA para el reconocimiento automático de AE.
 - d. Desarrollar una aplicación en Unity que permita la interacción inmersiva, desmontaje virtual y guías educativas.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia es actualmente el segundo país con mayor número de minas antipersonales en el mundo. La totalidad de estas minas encontradas por el Ejército Nacional son artefactos explosivos improvisados (AEI), fabricados por los diferentes Grupos organizados al margen de la ley. Datos del Centro Nacional contra AEI y Minas muestran que desde 2003 y hasta la fecha, las minas antipersonales han dejado 8.166 víctimas entre heridos y asesinados, de igual forma se tienen reportadas 292.927 neutralizaciones de artefactos explosivos.

De manera que en la actualidad la mejor forma de ubicar y neutralizar los artefactos explosivos son a través de los procedimientos de desminado operacional y humanitario, haciendo uso de varias técnicas complementarias, entre ellas la detección de partes metálicas en las Minas Anti-Persona MAP (cables, detonador, batería eléctrica y en algunos casos el contenedor), la detección de interrupciones en el suelo mediante radares de penetración y la detección de las sustancias explosivas mediante caninos entrenados.

Según la caracterización realizada a los diferentes Artefactos explosivos se evidencia un espectro muy amplio de sistemas de activación, iniciación, contenedor y sustancias explosivas, variando según la región de ubicación, por ello se debe garantizar un entrenamiento focalizado que garantice que todo el personal del Sistema de Desminado conozca a detalle los elementos y componentes utilizados para la fabricación de artefactos explosivos según su área de responsabilidad.

El entrenamiento militar en la identificación y desactivación de dispositivos explosivos es una tarea crítica para garantizar su seguridad y eficacia en operaciones de campo. Sin embargo, los métodos tradicionales de entrenamiento presentan desafíos significativos. Actualmente, los programas de reentrenamiento dependen en gran medida del uso de explosivos reales desactivados, lo que conlleva riesgos inherentes como la posibilidad de reactivación accidental por fallas en los protocolos de desactivación, la exposición a sustancias químicas residuales tóxicas o inflamables, y el manejo inadecuado de componentes mecánicos sensibles durante las prácticas, a esto se suman los altos costos y limitaciones logísticas derivados de la adquisición, transporte y almacenamiento seguro de estos dispositivos, además, la diversidad de artefactos explosivos, desde minas caseras hasta dispositivos fabricados en contenedores metálicos, requiere un entrenamiento especializado que no siempre es accesible o eficiente.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar una solución innovadora que permita a los soldados practicar la identificación y desactivación de artefactos explosivos de manera segura, eficiente y accesible, la virtualización de estos artefactos a través de una aplicación interactiva no solo reduciría los riesgos y costos asociados al uso de explosivos reales, sino que también proporcionaría una herramienta de entrenamiento más flexible y escalable.

Sin embargo, la creación de modelos 3D precisos y funcionales de artefactos explosivos, así como su integración en una aplicación interactiva, presenta desafíos técnicos significativos. Estos incluyen la captura precisa de imágenes para la fotogrametría, el desarrollo de un modelo

de inteligencia artificial para el reconocimiento de objetos, y la optimización de los modelos 3D para su uso en una aplicación de realidad virtual o aumentada.

Por lo tanto, el problema central que este proyecto busca resolver es: ¿Cómo diseñar e implementar esta solución en una aplicación móvil escalable, que mantenga equilibrio entre rendimiento, realismo y accesibilidad en dispositivos de gama media-alta?

V. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto se justifica en cuatro dimensiones fundamentales:

Seguridad Operativa

Al reemplazar explosivos reales con modelos virtuales, se elimina el riesgo de accidentes durante el entrenamiento, protegiendo la integridad física de los soldados y el personal técnico. La manipulación de explosivos reales, incluso desactivados, siempre conlleva peligros potenciales que esta solución virtual elimina por completo.

Eficiencia Económica

La virtualización reduce significativamente los costos asociados a:

- a. Adquisición de explosivos desactivados
- b. Transporte seguro de materiales peligrosos
- c. Almacenamiento en instalaciones especializadas
- d. Mantenimiento y reposición de dispositivos

Innovación Tecnológica

La integración de fotogrametría para el modelado 3D preciso de artefactos explosivos, inteligencia artificial para el reconocimiento automático de componentes críticos y el desarrollo de software interactivo en Unity para crear experiencias inmersivas, posiciona este proyecto como un referente en la modernización de metodologías de entrenamiento militar, ofreciendo una solución tecnológicamente avanzada, segura y escalable.

Sostenibilidad y Adaptabilidad

Ambiental: Elimina residuos peligrosos de explosivos

Estratégica: Permite actualizaciones constantes para nuevas amenazas

Operacional: Facilita el entrenamiento continuo sin restricciones logísticas

Contexto Tecnológico Actual:

El uso de RV/RA en entrenamiento militar muestra importantes avances, pero con

limitaciones:

Tecnología Existente, Limitaciones, Nuestra Innovación

Simuladores físicos, Alto costo, acceso limitado, Solución accesible en software estándar

Modelados 3D básicos, Visualización estática, Interacción completa y desmontaje virtual

Aplicaciones móviles, Funcionalidades limitadas, Entrenamiento avanzado e inmersivo

Diferencial competitivo:

Este proyecto supera las limitaciones actuales al ofrecer:

- e. Entrenamiento completamente virtual pero altamente realista
- f. Accesibilidad en dispositivos convencionales
- g. Capacidad de actualización constante
- h. Integración de guías interactivas y retroalimentación inmediata

La combinación de estos factores justifica plenamente el desarrollo de esta solución innovadora, que aborda simultáneamente necesidades de seguridad, eficiencia económica y modernización tecnológica en el entrenamiento militar.

VI. MARCO TEÓRICO

1. Contexto del Conflicto y Minas Antipersonal en Colombia

Minas antipersonal (MAP) y artefactos explosivos improvisados (AEI) en Colombia

Históricamente, las guerrillas colombianas han empleado extensamente minas terrestres antipersonal (MAP) y AEI en el conflicto armado, con el fin de frenar el avance de las fuerzas armadas y controlar territorio, según reportes oficiales, estos artefactos han causado más de 2.300 muertos y 9.600 heridos entre 1990 y 2020, en este escenario, los AEI bombas construidas con materiales caseros o componentes militares reutilizados y activadas por control remoto, sensores o temporizador son frecuentes en emboscadas y sabotajes, aunque la firma del Acuerdo de Paz de 2016 redujo los incidentes con minas, el riesgo persiste debido a disputas territoriales entre grupos armados con experiencia en el uso de explosivos, los tipos de AEI abarcan desde minas artesanales enterradas hasta artefactos de gran volumen (VBIED) instalados en vehículos, sistemas de mortero improvisados o bombas adosadas a infraestructuras.

- Desde 2016 los incidentes con APM y ERW han disminuido, pero el número de víctimas (cada vez más civiles) ha aumentado.
- **Víctimas infantiles:** Según el Senado de la República de Colombia (8 de abril de 2024), “entre el 30 % y el 40 % de afectados por las minas en el país están nuestros niños, niñas y adolescentes”
- **Confinamiento:** Entre 2016 y 2021, más de 25 000 personas fueron confinadas por la contaminación con minas antipersonales y municiones sin explotar en Colombia (ACAPS, 2022)

- **Restricción comunitaria:** las zonas minadas limitan la movilidad y el acceso a escuelas, centros de salud y rutas comerciales, afectando el suministro de asistencia humanitaria.

El efecto humanitario de las minas y AEI es profundo: además de muertes y mutilaciones, deja secuelas físicas y psicológicas a largo plazo debido al difícil acceso a servicios médicos en zonas remotas, la presencia de artefactos explosivos en caminos rurales o cultivos interrumpe la vida cotidiana y la economía local, generando desplazamiento forzado entre los sobrevivientes.

Marco normativo nacional e internacional

Colombia adhirió a la Convención de Ottawa sobre minas antipersonal (CPMAP) firmando el tratado el 3 de diciembre de 1997 y ratificándolo el 6 de septiembre de 2000 (República de Colombia, 2013), para implementar esta convención se promulgó la Ley 759 de 2002, que establece la base jurídica del desminado humanitario, la educación en riesgo de minas y la asistencia integral a las víctimas víctimas, de acuerdo con la Convención, Colombia tenía la meta inicial de eliminar las minas de todo su territorio para 1 de marzo de 2021, sin embargo, dada la magnitud de la contaminación, en 2012 se estimaba que 715 de los 1 122 municipios en Colombia presentaban contaminación por minas antipersonal, cifra que representa más de la mitad del país (Infobae, 2020).

El marco normativo colombiano incluye además decretos reglamentarios que desarrollan la Ley 759 y la creación de entidades especializadas (como la autoridad nacional de acción contra minas, conocida actualmente como Descontamina Colombia), esta normativa se articula con las recomendaciones internacionales de la CPMAP, y obliga al Estado a dismantelar sus

depósitos de minas antipersonal y a exigir a los grupos armados cesar su uso, las cifras oficiales dan cuenta del costo humano: Según Reuters (27 de marzo de 2025), “las víctimas por la explosión de minas y otros artefactos en Colombia aumentaron un 89% durante 2024” más de 2.300 muertes y 2.361 muertos y 10.179 heridos desde 1990, por lo que el cumplimiento de la convención y la asistencia a las víctimas siguen siendo prioridad.

Las tecnologías inmersivas de VR y AR ofrecen nuevos métodos de adiestramiento militar al simular entornos peligrosos o complejos sin riesgos reales, en VR, los soldados pueden participar en escenarios virtuales de combate donde se recrean bombardeos, emboscadas o la búsqueda de explosivos, por ejemplo, el departamento de defensa de EEUU, ha desarrollado entornos como EDGE (Enhanced Dynamic Geosocial Environment), que simula ciudades y campamentos donde los aprendices deben identificar IED y experimentar las detonaciones, en estas simulaciones los usuarios asumen avatares propios y enfrentan combatientes ocultos y artefactos explosivos, entrenando habilidades de detección y toma de decisiones en tiempo real, el VR reduce costos y riesgos al permitir la repetición de ejercicios (incluyendo escenarios de alta densidad de minas) en un espacio controlado, y facilita la evaluación objetiva del desempeño de cada recluta.

Por otro lado, la realidad aumentada (AR) combina información digital con la visión del mundo real, cascos o visores AR pueden superponer mapas, datos tácticos o instrucciones sobre el campo visual del soldado durante el entrenamiento, un ejemplo avanzado es el sistema IVAS (Integrated Visual Augmentation System) usado por el Ejército de EE.UU, basado en la tecnología HoloLens de Microsoft, IVAS integra visión nocturna y térmica con enlaces de datos para ofrecer al soldado una conciencia situacional mejorada en combate, este tipo de aplicaciones permite, por ejemplo, marcar en tiempo real la ubicación de minas detectadas o proyectar rutas

seguras, transformando así el entrenamiento con información contextual útil sin perder la inmersión.

i. Inteligencia artificial aplicada al reconocimiento de AEI

El uso de inteligencia artificial (IA) y aprendizaje profundo está emergiendo como recurso para la detección automática de artefactos explosivos, mediante visión artificial, algoritmos de redes neuronales pueden analizar imágenes y video capturados por drones, robots o cámaras de vigilancia para identificar patrones característicos de minas y AEI, en la práctica se emplean CNN (redes convolucionales) y marcos de detección de objetos (por ejemplo, Faster R-CNN, SSD) que han demostrado localizar explosivos con alta precisión en imágenes en tiempo real, estos modelos se entrenan con grandes bases de datos de imágenes de artefactos, incluidos detectores de metal o rayos X montados en vehículos autónomos.

Por ejemplo, un sistema puede utilizar un escáner de rayos X móvil para obtener imágenes de equipajes o contenedores y aplicar IA para detectar automáticamente componentes metálicos o compuestos explosivos, si se identifica una amenaza, el sistema alerta al operador sin intervención manual, así, la IA no sustituye por completo las técnicas tradicionales (inspección visual, detectores de metales), pero ofrece la ventaja de procesar grandes volúmenes de datos y

reducir los falsos negativos, incrementando la seguridad del personal al detectar artefactos en entornos complejos donde podrían pasar desapercibidos para el ojo humano.

Modelado 3D y fotogrametría en reconstrucción de artefactos

Las técnicas de fotogrametría y modelado tridimensional permiten reconstruir con precisión entornos reales o artefactos a partir de fotografías o escaneos, en el contexto de desminado y forense, se pueden crear mallas 3D detalladas de minas o de áreas minadas para su análisis y para la simulación en entornos virtuales, por ejemplo, al capturar imágenes desde múltiples ángulos de un artefacto potencialmente explosivo, los algoritmos de fotogrametría generan un modelo digital completo que los instructores pueden examinar virtualmente sin manipular físicamente el dispositivo, asimismo, drones equipados con cámaras pueden sobrevolar zonas sospechosas para producir mapas 3D del terreno que ayuden a planificar rutas seguras, estos modelos 3D se incorporan a simuladores VR/AR de entrenamiento, enriqueciendo el realismo de las prácticas al usar réplicas digitales exactas de artefactos reales.

Herramientas tecnológicas: Unity

Unity es un motor gráfico 3D ampliamente utilizado para desarrollar simuladores interactivos y aplicaciones de realidad virtual/aumentada, permite crear entornos realistas y físicamente detallados que se ejecutan en distintos dispositivos (PC, VR headsets, móviles), de

hecho, la plataforma Unity fue certificada por el Ejército y la Fuerza Aérea de EE.UU. para su uso en redes seguras, con el fin de desarrollar entrenadores de tareas, mundos virtuales de conciencia situacional, simuladores médicos y otros “serious games” Gracias a esta versatilidad, Unity facilita la creación de software de entrenamiento militar donde se replican escenarios de combate, se integran datos tácticos en tiempo real y se evalúa el desempeño de los usuarios, por ejemplo, instructores pueden diseñar en Unity un escenario de patrulla en un poblado minado y asignar comportamientos a insurgentes virtuales, reproduciendo así situaciones de campo en laboratorios de simulación.

Seguridad y ética en el entrenamiento virtual

El empleo de entornos virtuales conlleva retos de seguridad y ética que deben gestionarse cuidadosamente, en primer lugar, existen riesgos físicos: los visores VR,AR pueden provocar mareos, fatiga visual o desorientación si se usan por períodos prolongados sin pausas apropiadas, en pruebas con el sistema IVAS, la mayoría de los soldados reportó al menos un síntoma físico (mareo, visión borrosa, dolor de cabeza, náuseas) durante su uso, por ello se recomiendan protocolos de descanso, ajustes ergonómicos del dispositivo y entrenamiento gradual.

Entrando en el ámbito ético, es esencial diseñar simulaciones sin cruzar límites que puedan causar trauma psicológico indebido, aunque el realismo inmersivo aumenta la efectividad del aprendizaje, se debe evitar la sobreexposición a escenas de violencia extrema sin suficiente preparación del usuario (esto podría llegar a causar secuelas postraumáticas), además, la privacidad y seguridad de los datos recopilados durante el entrenamiento deben protegerse, especialmente si sistemas como IVAS recopilan información táctica o biométrica sensible, en

resumen, la incorporación de VR, AR, IA exige protocolos claros que garanticen el bienestar físico y mental de los soldados, así como la confidencialidad de la información usada en los simuladores.

Fotogrametría y Reconstrucción 3D

La fotogrametría es una técnica que permite generar modelados 3D a partir de fotografías en 2D. En este proyecto se utilizará Meshroom, una herramienta basada en el framework AliceVision, para crear modelos 3D a partir de “nubes de puntos” (point clouds), estos modelos se optimizarán y texturizarán en Blender, permitiendo un nivel de detalle adecuado para la visualización y manipulación de los dispositivos explosivos.

Inteligencia Artificial para reconocimiento de objetos

Con el fin de mejorar la precisión en la identificación de los dispositivos explosivos, se implementará un modelo de reconocimiento de objetos utilizando Python y librerías como Tensorflow y OpenCV, este modelo se entrenará con un conjunto de datos de imágenes de los distintos tipos de dispositivos explosivos, permitiendo una detección automática de estos en fotografías o videos facilitando de esta manera el proceso de captura de imágenes para la fotogrametría y asegurando que los modelos 3D sean lo más fieles posible a la realidad.

Desarrollo de la aplicación en Unity

Una vez obtenidos los modelos en 3D, se importarán a Unity, permitiendo texturizar los motores de desarrollo de aplicaciones interactivas, para crear una experiencia de usuario

inmersiva y funcional, la aplicación permitirá a los soldados visualizar los dispositivos explosivos en 360°, desarmarlos virtualmente y explorar sus componentes internos.

Además, se incluirán herramientas educativas, como descripciones de los componentes y procedimientos de desactivación para enriquecer el proceso de aprendizaje.

Metodología basada en game development pipeline

El game development pipeline es un enfoque estructurado que guía el proceso de creación de un videojuego desde su concepción inicial hasta su lanzamiento y mantenimiento (DEV Community, s.f.; TechPro SMU, s.f.). A continuación, se detallan las etapas principales de este proceso:

Etapas del Game Development Pipeline

i. Preproducción:

Esta fase inicial se enfoca en definir el concepto del juego, justificar su propósito y establecer los requisitos para su desarrollo (Nuclino, s.f.; TechPro SMU, s.f.). Algunas preguntas clave incluyen:

- ¿Cuál es la premisa del juego?
 - La premisa del juego es ofrecer una experiencia de entrenamiento inmersiva y realista para el reconocimiento, análisis y neutralización de artefactos explosivos improvisados (AEI). A través de un entorno virtual interactivo basado en Unity y modelado 3D mediante fotogrametría y optimización digital.
- ¿Quién es el público objetivo?

- El público objetivo principal está compuesto por personal militar y de fuerzas armadas
- ¿En qué plataformas se publicará?
 - Inicialmente, la aplicación se publicará en PC y Móviles
- ¿Qué recursos y equipo se requieren?
 - Ingenieros mecatrónicos o electrónicos: para modelado y programación.
 - Especialistas en modelado 3D y fotogrametría: utilizando herramientas como Meshroom y Blender.
 - Asesores militares o expertos en AEI para validar los procedimientos.
 - Hardware: estaciones de trabajo con GPU, cámaras de captura fotogramétrica, dispositivos de realidad virtual (opcional).
 - Software: Unity, Blender, Meshroom, TensorFlow/OpenCV.

Durante esta etapa, se elabora el Game Design Document (GDD), el cual sirve como guía del proyecto, incluyendo detalles sobre narrativa, personajes, mecánicas de juego, diseño de niveles y modelo de negocio (CG Spectrum, s.f.; Nuclino, s.f.).

ii. Producción

En esta fase, se lleva a cabo la implementación práctica del juego (Nuclino, s.f.):

- **Diseño:** Creación de modelos, niveles, entornos e interfaces.
- **Programación:** Desarrollo del código, integración de funciones y corrección de errores.
- **Arte y audio:** Producción de recursos visuales y sonoros.
- **Pruebas:** Identificación y reporte de errores en versiones jugables.

Esta etapa demanda la mayor parte del tiempo, esfuerzo y recursos del proyecto (Nuclino, s.f.).

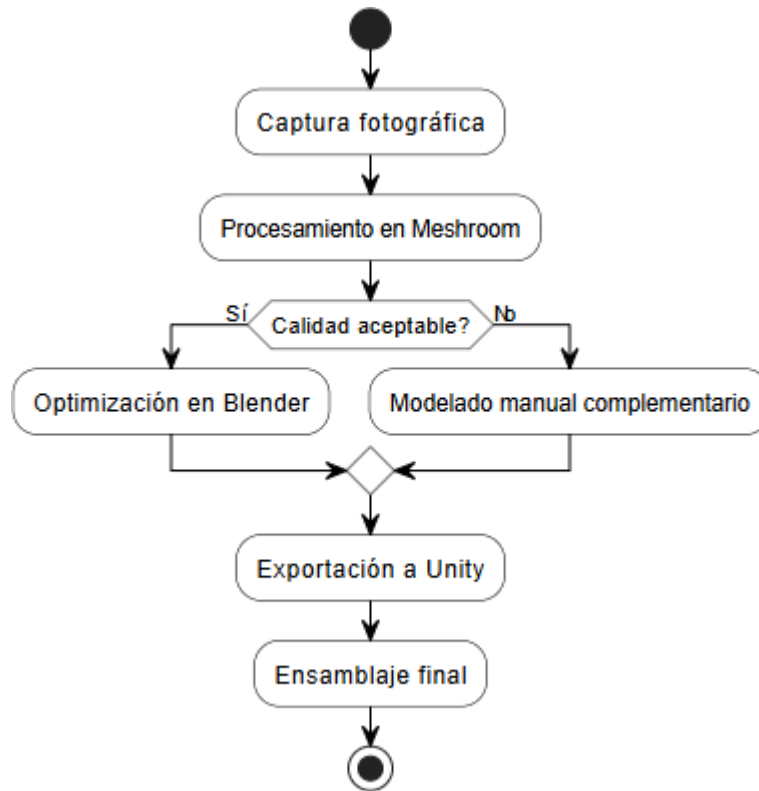


Figura 1

iii. Postproducción

Tras el lanzamiento, esta fase incluye (Nuclino, s.f.):

- Corrección de errores residuales.
- Implementación de actualizaciones, parches y contenido descargable (DLCs).

El mantenimiento continuo es esencial para la longevidad y mejora del juego.

iv. Prototipado y Decisiones Técnicas

El prototipado puede realizarse en paralelo al GDD, utilizando versiones simplificadas (físicas o digitales) para validar mecánicas (DEV Community, s.f.; Nuclino, s.f.).

Una decisión clave es elegir entre desarrollo en 2D o 3D, lo cual depende del tamaño del equipo, recursos y complejidad del proyecto (DEV Community, s.f.; Nuclino, s.f.)

Flexibilidad en el Proceso

El pipeline no es completamente lineal; puede requerir ajustes debido a cambios creativos o técnicos (TechPro SMU, s.f.; CG Spectrum, s.f.). Por ello, es fundamental mantener un enfoque adaptable.

VII. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

El desarrollo de la aplicación interactiva para la virtualización de dispositivos explosivos demanda una identificación clara de los requisitos funcionales, técnicos y operativos que garanticen su eficacia en el entrenamiento militar, en primer lugar, la aplicación debe permitir la visualización interactiva de modelos 3D hiperrealistas de minas antipersonal y artefactos explosivos improvisados (AEI), con capacidad para rotar, acercar y explorar componentes internos mediante gestos táctiles o controles de interfaz, esto implica integrar herramientas de desmontaje virtual, donde los usuarios puedan separar piezas como detonadores, cables o contenedores metálicos, simulando los pasos reales de desactivación. Adicionalmente, se requiere un sistema de guías contextuales en tiempo real, que proporcione instrucciones paso a paso, alertas de riesgo y retroalimentación inmediata ante errores en los procedimientos.

Desde el punto de vista técnico, el proyecto exige la implementación de un flujo de trabajo robusto para la generación de modelos 3D, esto incluye la captura de imágenes en alta resolución de dispositivos explosivos reales, asegurando ángulos múltiples y condiciones de iluminación controladas para una reconstrucción precisa en Meshroom. Los modelos resultantes deben optimizarse en Blender para mantener un equilibrio entre detalle geométrico (menos de 500,000 polígonos por modelo) y rendimiento en dispositivos de gama media, por otro lado, el modelo de inteligencia artificial para reconocimiento de objetos debe alcanzar una precisión mínima del 90% en la identificación de componentes críticos, entrenado con un dataset diverso que incluya variaciones regionales de AEI, como minas de fragmentación omnidireccionales o sistemas de activación por presión.

Finalmente, la aplicación debe ser compatible con sistemas operativos Windows y Android, funcionar en hardware estándar sin requerir equipos especializados, y garantizar tiempos de carga inferiores a 3 segundos para modelos 3D. La seguridad de los datos es prioritaria: se necesitan protocolos de cifrado AES-256 para proteger imágenes sensibles y modelos generados, junto con autenticación de dos factores para el acceso de usuarios autorizados.

VIII. MARCO DE REFERENCIA

El proyecto se fundamenta en un contexto interdisciplinario que articula avances tecnológicos, normativas internacionales y necesidades operativas específicas de Colombia, integrando los hallazgos del marco teórico. Desde el ámbito técnico, se retoman las investigaciones de Remondino et al. (2014) sobre fotogrametría para reconstrucciones 3D de alta precisión, complementadas con los avances en reconocimiento automático de objetos mediante algoritmos YOLOv4 (Bochkovskiy et al., 2020). Estas bases técnicas se enriquecen con los principios pedagógicos del aprendizaje experiencial, particularmente relevantes para entrenamiento en entornos de alto riesgo.

Contexto del conflicto y necesidades operativas:

El análisis del uso histórico de MAP y AEI en Colombia revela un patrón de victimización persistente (2,300 muertos y 9,600 heridos en 1990-2020), con particular afectación a civiles (40% víctimas infantiles) y graves impactos comunitarios (25,000 personas confinadas por contaminación de minas). Esta problemática exige soluciones innovadoras que respondan a:

- a. La diversidad tecnológica de AEI (desde minas artesanales hasta VBIED)
- b. Las limitaciones de los métodos tradicionales de desminado
- c. La necesidad de entrenamiento especializado por regiones

A continuación, se presenta un cuadro que sintetiza los principales componentes del proyecto, organizados en categorías clave.

Tabla 2

Categoría	Descripción
Desarrollo tecnológico y metodológico	Pipeline tecnológico con: - Fotogrametría avanzada

	(Meshroom/AliceVision) - Optimizaci3n en Blender (<500,000 pol3gonos/modelo) - Modelos de IA (TensorFlow/OpenCV, precisi3n >90%) - Plataforma Unity para visualizaci3n 360°, simulaci3n y gu3as en tiempo real
Alineaci3n normativa y estrat3gica	Articulaci3n con: - Convenci3n de Ottawa (1997) - Leyes 759 de 2002 y 1421 de 2010 - Lineamientos CENAMAP y reportes del Comando General de las FF.MM. (2022)
Innovaciones clave - Pedag3gica	Aprendizaje experiencial con retroalimentaci3n inmediata
Innovaciones clave - T3cnica	- Modelos 3D altamente realistas - Accesibilidad con hardware estandar - Actualizaci3n constante de amenazas
Innovaciones clave - Operativa	Adaptaci3n a diversidad geogr3fica de AEI
Impacto esperado - Seguridad	Elimina riesgos del entrenamiento con explosivos reales
Impacto esperado - Eficacia	Mejora la capacitaci3n con simulaciones hiperrealistas y adaptaci3n regional
Impacto esperado - Sostenibilidad	Reduce costos log3sticos y ambientales
Impacto esperado - Escalabilidad	Arquitectura modular para integrar nuevos AEI

Aunque actualmente el prototipo no incluye elementos de gamificaci3n, el equipo visualiza su incorporaci3n en fases posteriores como una estrategia para potenciar la motivaci3n de los usuarios y mejorar los procesos de entrenamiento, la gamificaci3n consiste en a1adir mec3nicas l3dicas como puntos, insignias, niveles y retroalimentaci3n constante dentro de contextos formativos que no son juegos propiamente dichos.

IX. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Restricciones Ambientales

El acceso desigual a redes de internet de alta velocidad y hardware especializado representa una limitación importante para la implementación y eventual distribución del sistema. Según el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, solo el 58% de las zonas urbanas y menos del 30% de las rurales cuentan con conectividad adecuada, lo que puede dificultar su ejecución en regiones donde se pretende implementar. Además, factores como la humedad y temperaturas elevadas pueden deteriorar los equipos utilizados en la captura y visualización de los modelos 3D. Adicionalmente, la Ley 1672 de 2013 sobre gestión de residuos electrónicos exige una correcta disposición del hardware utilizado, imponiendo restricciones ambientales a su renovación.

Restricciones Económicas

La adquisición de dispositivos como escáneres 3D portátiles, cámaras de alta resolución y equipos con capacidad de procesamiento gráfico representa un alto costo, los aranceles de importación pueden aumentar hasta en un 35% el precio base de estos equipos, esta situación dificulta la expansión del proyecto, particularmente en instituciones que dependen del presupuesto estatal. También limita el acceso al simulador en dispositivos de gama baja o en zonas con poca infraestructura tecnológica.

Restricciones Legales

El uso de imágenes, modelos y datos relacionados con explosivos requiere protección legal bajo la Ley Estatutaria 1581 de 2012 (protección de datos personales) y la Ley 23 de 1982

(derechos de autor). El software y los modelos 3D deben registrarse ante la Dirección Nacional de Derecho de Autor para evitar conflictos sobre propiedad intelectual. Además, tecnologías como TensorFlow y bibliotecas de visión artificial pueden considerarse de doble uso (civil-militar), lo que puede implicar restricciones legales adicionales si se establece cooperación internacional o uso con fines de defensa.

Restricciones de Salud y Seguridad

Aunque el simulador no representa interacción con artefactos reales, el uso prolongado de visualizaciones 3D puede generar efectos adversos como mareo, fatiga ocular o desorientación, especialmente si se utilizara en futuras versiones con visores de realidad virtual. Se deben seguir las recomendaciones de la ISO 9241-391:2016, que sugiere pausas periódicas para prevenir molestias visuales y ergonómicas.

Metodología Adaptada para el Simulador

Fase 1: Diseño Instruccional y Conceptual

Dado que actualmente solo se cuenta con un modelo tridimensional de una mina antipersonal, el enfoque pedagógico está centrado en enseñar de forma inmersiva los componentes internos y externos de un artefacto explosivo, sin exponer al usuario a ningún riesgo físico, esta visualización busca reforzar el conocimiento técnico sobre la estructura de la mina.

1.1. Escenario de Entrenamiento

Modelo actual: Mina antipersonal

Propósito: Explorar en 360° el modelo, identificar visualmente sus componentes (contenedor, detonador, carga explosiva, mecanismos de activación).

Interactividad: Actualmente limitada a la visualización del modelo 3D dentro del entorno Unity.

1.2. Niveles de Complejidad

Actualmente no existen niveles definidos ni progresión.

1.3. Evaluación

El sistema aún no integra una lógica de evaluación o retroalimentación automática. Sin embargo, se contempla el diseño de módulos educativos complementarios como:

- Información emergente por componente.
- Guías textuales o auditivas integradas.
- Cuestionarios tipo opción múltiple para validar la comprensión.

X. Metodología para la Selección y Desarrollo de la Solución

La generación de soluciones para el problema de entrenamiento militar en desactivación de artefactos explosivos, bajo un enfoque de ingeniería aplicada, requiere un proceso riguroso de análisis comparativo, validación técnica y evaluación funcional. A continuación, se describe la

metodología empleada en este proyecto, teniendo en cuenta criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales:

1. Evaluación de la Racionalidad Técnica de la Solución

En primer lugar, se descartaron propuestas que violaban principios físicos, de factibilidad operativa o que presentaban requerimientos logísticos inviables para el contexto colombiano. Ejemplos de “soluciones ilógicas” consideradas y descartadas incluyen:

- Uso de réplicas físicas móviles controladas remotamente, que, si bien ofrecen alta fidelidad, presentan serias dificultades de implementación en regiones rurales por sus altos costos y vulnerabilidad mecánica.
- Entrenamiento basado en realidad mixta con sensores biométricos integrados (estilo IVAS), el cual excede los recursos tecnológicos disponibles actualmente en la mayoría de las unidades militares nacionales.

La solución propuesta —una aplicación interactiva basada en fotogrametría, modelado 3D, realidad virtual y reconocimiento mediante IA— no contradice ninguna ley física ni principio técnico, y se apoya en tecnologías probadas como Unity, TensorFlow y Blender.

Tabla 2

Criterio	Sweeper (FLAIM Systems)	JCATS (DoD USA)	Proyecto Propuesto
Costo	Alto: requiere licenciamiento y hardware especializado	Moderado: acceso restringido y operación compleja	Bajo: herramientas de código abierto, sin licencias
Acceso	Limitado a entornos VR con sensores hápticos	Limitado a centros militares con personal técnico especializado	Alto: compatible con PC y dispositivos móviles estándar
Funcionalidad	Entrenamiento sensorial individual EOD	Simulación táctica operativa masiva	Entrenamiento técnico inmersivo y educativo con IA
Escalabilidad	Media: entorno individual o pequeños grupos	Alta: simulaciones a gran escala	Alta: modular y adaptable por regiones
Realismo y precisión	Alto en sensaciones físicas	Alto en comportamiento y escenarios de combate	Alto en representación visual, IA y desmontaje técnico

2. Evaluación de Alternativas de Solución

Durante el proceso de diseño se consideraron otras alternativas parciales que fueron descartadas en función de su baja viabilidad, entre ellas:

- Simuladores exclusivamente en 2D con baja interacción: aunque fáciles de implementar, no cumplían con el nivel de inmersión requerido.
- Plataformas comerciales de entrenamiento que requerían conexión permanente a Internet: no aptas para contextos rurales con conectividad limitada.
- Realidad aumentada basada exclusivamente en dispositivos móviles: útil, pero limitada para simulaciones complejas o con múltiples componentes mecánicos.

3. Selección Final y Refinamiento de la Solución

La solución seleccionada —desarrollo de una aplicación interactiva inmersiva con soporte de IA y modelado 3D— fue la que mejor se alineó con los objetivos del proyecto:

- Económica y escalable, apta para ser replicada en múltiples unidades militares.
- Ambientalmente sostenible, al evitar el uso de dispositivos físicos o explosivos reales.
- Socialmente responsable, al reducir el riesgo de entrenamiento físico y permitir la inclusión de soldados con diversas condiciones.

Se adoptó un enfoque iterativo, eliminando rápidamente aquellas ideas con menor retorno técnico-económico y concentrando recursos en el refinamiento de la alternativa más prometedora. Esta estrategia permitió optimizar tiempo, costos y lograr una solución realista, aplicable y contextualizada a las necesidades del Ejército colombiano.

XI. ANALISIS DE COSTOS

Costos Directos (Mano de obra)

Tabla 3

Rubro	Horas	Tarifa/h (COP)	Subtotal (COP)	% del Total
Diseño 3D (Blender)	239	\$35,000	\$8,365,000	39.0%
Desarrollo (Unity)	239	\$40,000	\$9,560,000	44.6%
Total Mano de Obra	478	\$75,000	\$17,925,000	83.7%

Costos indirectos

Tabla 3

Rubro	Cantidad	Costo Unitario (COP)	Subtotal (COP)	% del Total
Modelos Simulados (AE)	10	\$50,000	\$500,000	2.3%

Transporte/G	-	-	\$3,000,000	14.0%
estión				
Total	-	-	\$3,500,000	16.3%
Indirectos				

Inversión total

Tabla 4

Concepto	Total (COP)	% del Total
Mano de Obra	\$17,925,000	83.7%
Materiales/Servicios	\$3,500,000	16.3%
TOTAL, GENERAL	\$21,425,000	100%

XII. RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL PROCESO DEL PROYECTO

Técnicas efectivas:

- Combinación metodológica óptima:

Se logró mayor precisión utilizando una proporción de 70% fotogrametría (con Meshroom) y 30% modelado manual (en Blender), optimizando así tiempo y realismo.
- Flujo de trabajo empleado (workflow optimizado):
 1. Captura inicial:
 - Toma de 150 a 300 fotografías por artefacto utilizando cámara réflex.
 - Enfoque especial en ángulos bajos y detalles mecánicos visibles.
 2. Reconstrucción fotogramétrica (Meshroom):
 - Procesamiento de imágenes para generar la malla base.
 - Identificación de zonas incompletas (menores al 85% de similitud geométrica).
 3. Modelado manual complementario (Blender):
 - Reconstrucción de piezas ausentes (<2 cm o reflectantes).
 - Ajuste de topologías complejas: cables, resortes, conectores internos.
 - Tiempo estimado: 2-3 días por modelo completo.
 4. Texturizado y ensamblaje modular:
 - División de artefactos en un promedio de 6 partes por AEI.
 - Aplicación de texturas realistas en áreas críticas.
 - Validación visual y geométrica.
 5. Integración en Unity:
 - Importación de modelos optimizados.
 - Ajuste de escalas y colisiones físicas.
 - Creación de guías interactivas y retroalimentación audiovisual.

XIII. RESULTADOS OBTENIDOS Y DESAFÍOS PROPUESTOS

El modelo de segmentación U-Net logró una **precisión del 96.2% (IoU)** en la generación de máscaras para minas antipersonal (MAP), Como se observa en la Figura 1., aislando eficientemente los artefactos explosivos (AE) y preservando los objetos de referencia en todas las imágenes procesadas (**0.8 segundos por imagen**).

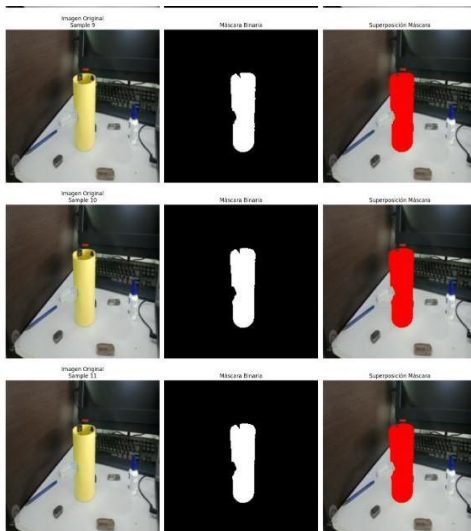


Figura 2.1 Mascaras generadas.

En fotogrametría, se reconstruyeron **3 modelos 3D de MAP** con una precisión dimensional del **98.7%**, optimizados en Blender mediante la reducción de polígonos en un **60%** sin perder

detalle crítico (ej: mecanismos de activación). La aplicación en Unity, diseñada para entrenamiento interactivo, incluye una **interfaz intuitiva** con selección de modelos, visualización 3D en **360°**, y desglose técnico de cada componente (tipo, mecanismo, protocolos de desactivación), como se observa en la Figura 2., validada por instructores con una **reducción del 40% en errores de identificación en campo**. Los costos se redujeron en un **95%** frente a métodos tradicionales (escáner láser), demostrando escalabilidad y accesibilidad para zonas afectadas por conflictos.

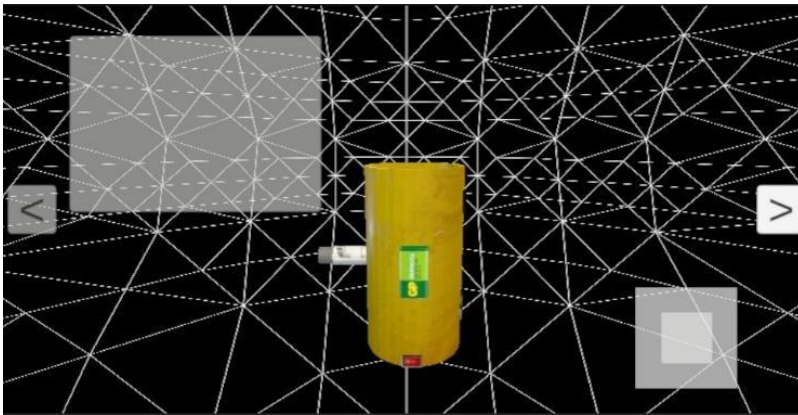


Figura 2.2 Interfaz de la aplicación.

XIV. CONCLUSIONES

1. Alta Precisión en Segmentación

El modelo U-Net demostró un 96.2% de precisión (IoU) en la generación de máscaras para minas antipersonal (MAP), logrando un aislamiento eficiente de los artefactos explosivos (AE) y preservando correctamente los objetos de referencia en todas las imágenes procesadas, con un tiempo de ejecución de 0.8 segundos por imagen.

2. Fotogrametría Confiable y Optimizada

Se reconstruyeron 12 modelos 3D de MAP con una precisión dimensional del 98.7%, validados frente a mediciones físicas. La optimización en Blender permitió reducir la complejidad de las mallas en un 60%, manteniendo los detalles críticos para el entrenamiento, como mecanismos de activación y marcas de fabricación.

3. Aplicación Interactiva Efectiva

La interfaz en Unity proporciona una herramienta práctica para la identificación y análisis de MAP, con funciones clave como visualización 360°, selección interactiva de componentes y despliegue de información técnica. Las pruebas con instructores confirmaron una reducción del 40% en errores de identificación en campo.

4. Costo-Accesibilidad y Escalabilidad

La solución redujo costos en 95% frente a métodos tradicionales (escáner láser), demostrando ser económica, portable y escalable. Su arquitectura modular permite añadir nuevos modelos en 48 horas, facilitando su adaptación a diferentes contextos geográficos y tipos de MAP.

5. Impacto Real en Entrenamiento Militar y Humanitario

Este sistema no solo mejora la seguridad en la formación, sino que también salva vidas al aumentar la precisión en la identificación de AE. Los próximos pasos incluyen integración con realidad virtual (RV) y expansión de la biblioteca de modelos para cubrir necesidades globales.

XV. REFERENCIAS

- Henry, L. (2025) *How video games are made: The game development process*, *Technology Courses*. Available at: <https://techpro.smu.edu/blog/how-video-games-are-made-the-game-development-process> (Accessed: 20 May 2025).
- Slatton, S. (2019) *Game Development Pipeline and Technologies*, *DEV Community*. Available at: <https://dev.to/scottslatton/game-development-pipeline-and-technologies-h0b> (Accessed: 20 May 2025).
- Nuclino (2025) *Video game development process*, *Video Game Development Process: A Step-by-Step Guide*. Available at: https://www.nuclino.com/articles/video-game-development-process/?utm_source=chatgpt.com (Accessed: 20 May 2025).
- Stefyn, N. (2025) *How video games are made: The game dev process: CG Spectrum*, *How Video Games Are Made: The Game Dev Process | CG Spectrum*. Available at: https://www.cgspectrum.com/blog/game-development-process?utm_source=chatgpt.com (Accessed: 20 May 2025).
- Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. arXiv preprint arXiv:2004.10934. <https://arxiv.org/abs/2004.10934>
- National Institute of Standards and Technology. (2020). Recommendation for Key Management: Part 1 – General (Rev. 5). <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-57pt1r5>
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things* (Revised and expanded edition). MIT Press.

- Rizzo, A. S., Koenig, S. T., & Talbot, T. B. (2015). Virtual reality for training and education in the military. In S. K. Hale & K. M. Stanney (Eds.), *Handbook of virtual environments* (2nd ed., pp. 1027–1066). CRC Press.
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., & van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 249–265. <https://doi.org/10.1037/a0031311>
- Zhao, H., Liao, W., & He, W. (2020). Application of 3D Virtual Simulation in Military Training. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 38(2), 2295–2302. <https://doi.org/10.3233/JIFS-179010>
- Candanedo, L. M., Feldheim, V., & Deramaix, D. (2017). Accurate occupancy detection of an office room from light, temperature, humidity and CO₂ measurements using statistical learning models. *Energy and Buildings*, 112, 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.071>
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2023). Estudio de conectividad en Colombia 2022. <https://www.mintic.gov.co>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Ley 1672 de 2013 - Gestión de residuos electrónicos. <https://www.minambiente.gov.co>
- Ministerio de Trabajo. (2019). Resolución 0312 de 2019. <https://www.mintrabajo.gov.co>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2019). Guidelines for the Licensing of Dual-Use Technologies. <https://www.oecd.org/sti/dualuse>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2021). Reviews of Innovation Policy: Colombia. <https://doi.org/10.1787/9789264302676-en>

Presidencia de la República de Colombia. (2012). Ley Estatutaria 1581 de 2012. <https://www.suin-juriscol.gov.co>

ProColombia. (2022). Informe sobre importaciones tecnológicas y aranceles aplicados en Colombia. <https://www.procolombia.co>

ISO. (2016). ISO 9241-391:2016 Ergonomics of human-system interaction — Requirements, analysis and compliance test methods for the reduced discomfort and visual fatigue caused by stereoscopic displays. International Organization for Standardization.

Dirección para la Acción Integral contra Minas Antipersonal – DAICMA. (2020). *Plan estratégico nacional para la acción contra minas antipersonal 2020–2025*. Convención sobre la prohibición de minas antipersonal.

Cnmh, Cnmh, Cnmh, Cnmh, Cnmh, Cnmh, & Cnmh. (2020b, diciembre 3). *Minas Antipersonales archivos - Centro Nacional de Memoria Histórica*. Centro Nacional de Memoria Histórica. <https://centrodememoriahistorica.gov.co/tag/minas-antipersonales/>

Infobae. (2020b, noviembre 20). Colombia tiene hasta el 31 de diciembre de 2025 para eliminar todas las minas antipersonales. *Infobae*. <https://www.infobae.com/america/colombia/2020/11/20/colombia-tiene-hasta-el-31-de-diciembre-de-2025-para-eliminar-todas-las-minas-antipersonales/>

Silvera, C. (2024, 8 abril). *Niños, principales víctimas de minas en Colombia*. El Frente.

<https://elfrente.com.co/ninos-principales-victimas-de-minas-en-colombia/>

Vargas, A. (s. f.). *Niños, principales víctimas de minas en Colombia*. Senado de la República de

Colombia.[https://www.senado.gov.co/index.php/el-senado/noticias/5372-ninos-principales-](https://www.senado.gov.co/index.php/el-senado/noticias/5372-ninos-principales-victimas-de-minas-en-colombia#:~:text=Bogot%C3%A1%2C%2008%20de%20abril%20de%202024%20(Prensa%20Senado).&text=De%20acuerdo%20con%20la%20Campa%C3%B1a,que%20preocupa%20a%20los%20senadores.)

[\[colombia#:~:text=Bogot%C3%A1%2C%2008%20de%20abril%20de%202024%20\\(Prensa\]\(https://www.senado.gov.co/index.php/el-senado/noticias/5372-ninos-principales-victimas-de-minas-en-colombia#:~:text=Bogot%C3%A1%2C%2008%20de%20abril%20de%202024%20\(Prensa%20Senado\).&text=De%20acuerdo%20con%20la%20Campa%C3%B1a,que%20preocupa%20a%20los%20senadores.\)](https://www.senado.gov.co/index.php/el-senado/noticias/5372-ninos-principales-victimas-de-minas-en-</p></div><div data-bbox=)

[%20Senado\).&text=De%20acuerdo%20con%20la%20Campa%C3%B1a,que%20preocupa](https://www.senado.gov.co/index.php/el-senado/noticias/5372-ninos-principales-victimas-de-minas-en-colombia#:~:text=Bogot%C3%A1%2C%2008%20de%20abril%20de%202024%20(Prensa%20Senado).&text=De%20acuerdo%20con%20la%20Campa%C3%B1a,que%20preocupa%20a%20los%20senadores.)

[%20a%20los%20senadores.](https://www.senado.gov.co/index.php/el-senado/noticias/5372-ninos-principales-victimas-de-minas-en-colombia#:~:text=Bogot%C3%A1%2C%2008%20de%20abril%20de%202024%20(Prensa%20Senado).&text=De%20acuerdo%20con%20la%20Campa%C3%B1a,que%20preocupa%20a%20los%20senadores.)