



INGENIERÍA EN SOFTWARE • ISW

MacLean AR Bolter 946

MacLean Engineering Mexicana

Nombre del estudiante: **Luis Alfredo Soto Rosales**

Matrícula: **2003151352**

Grupo: **9A**

Asesor(a) Empresarial: **Ing. Carlos Enrique Solís Zamarripa**

Asesor(a) Académico: **M.A Iván Antonio González Peyro**

Curso: ☐ Normal
☒ Repetición

Periodo: ☐ Enero - Abril
☒ Mayo - Agosto
☐ Septiembre - Diciembre

Proceso: ☐ Estancia I
☒ Estancia II
☐ Residencia Profesional

Contenido

Introducción.....	5
Capítulo I – Marco referencial	6
1.1 Generalidades de la empresa.....	6
1.1.1 Ubicación y sucursales	6
1.1.2 Clientes	6
1.2 Descripción del área de participación	7
1.3 Situación actual	7
1.4 Problema	7
1.5 Justificación	7
1.6 Objetivo general.....	7
1.6.1 Objetivos específicos	8
Capítulo II - Marco teórico	9
2.1 Realidad aumentada.....	9
2.1.1 Historia y evolución de la realidad aumentada (RA)	9
2.2 Desarrollo de aplicaciones móviles.....	9
2.3 Aplicación de la RA en la industria minera	9
Capítulo III – Desarrollo del proyecto	10
3.1 Definición del producto	10
3.2 Clasificación de usuarios	10
3.3 Diagramas	11
3.3.1 Casos de uso	11
3.3.2 Diagramas de flujo	12
3.4 Requerimientos funcionales	13
3.5 Requerimientos no funcionales.....	19
3.6 Análisis de riesgos.....	21
3.6.1 Riesgos	21
3.6.2 Procedimiento de acción	22
3.7 Prototipos	23
Capítulo IV – Resultados.....	26
4.1 Resultados propios	26
4.2 Aplicación final.....	29
Conclusiones.....	31
Bibliografía	32

Índice de ilustraciones

Figura 1. Caso de uso	11
Figura 2. Elementos clave	12
Figura 3. Flujo de animaciones	12
Figura 4. Interacción con usuario	13
Figura 5. Contorno general	23
Figura 6 Contorno de tijera.....	23
Figura 7. Inclinación de seguridad	24
Figura 8. Control de dirección	24
Figura 9. Bolter tamaño real.....	25
Figura 10. Actuador manual	25
Figura 14. Tutorial movimiento.....	27
Figura 15. Elección de vista	28
Figura 17. Panel principal.....	29

Índice de tablas

Tabla 1. Tipos de usuario.....	11
Tabla 2. Requerimiento funcional 1.....	13
Tabla 3. Requerimiento funcional 2.....	14
Table 4. Requerimiento funcional 3.....	14
Table 5. Requerimiento funcional 4.....	15
Table 6. Requerimiento funcional 5.....	15
Table 7. Requerimiento funcional 6.....	16
Tabla 8. Requerimiento funcional 7.....	16
Tabla 9. Requerimiento funcional 8.....	17
Tabla 10. Requerimiento funcional 9.....	17
Tabla 11. Requerimiento funcional 10.....	18
Tabla 12. Requerimiento no funcional 1.....	19
Tabla 13. Requerimiento no funcional.....	19
Tabla 14. Requerimiento no funcional 3.....	20

Introducción

Hoy en día, la tecnología avanza a una velocidad impresionante, transformando diversos sectores industriales y comerciales. La industria minera no es una excepción, y las empresas líderes en el sector buscan constantemente innovar y mejorar sus procesos y productos para mantenerse competitivas. MacLean Engineering Mexicana, una empresa dedicada a la fabricación y desarrollo de equipos de minería subterránea, se destaca por su enfoque en la innovación, la calidad, el trabajo en equipo y la satisfacción del cliente. Su misión de "Proveer soluciones innovadoras en la industria minera que mejoren la seguridad y eficiencia operativa" y su visión de "Ser líder global en tecnología de equipos de minería subterránea, comprometidos con la excelencia, la seguridad y la sostenibilidad" reflejan su compromiso con la excelencia y la mejora continua (MacLean Engineering, 2024).

Es por esto que surge la necesidad de mejorar la interacción y el entendimiento de los productos de MacLean Engineering Mexicana entre sus clientes y empleados. Particularmente, se desea promover el uso del Bolter 946, un equipo fundamental en su línea de productos, mediante tecnologías avanzadas que faciliten su comprensión y uso. Sin embargo, actualmente no existe una herramienta interactiva que permita a los usuarios experimentar el Bolter 946 de una manera inmersiva y práctica, lo que representa un desafío significativo para la empresa.

El presente documento tiene como objetivo describir el desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada (RA) que permitirá a los usuarios interactuar con el Bolter 946. Esta herramienta innovadora y efectiva busca resolver las necesidades críticas de difusión y comprensión del equipo, proporcionando una experiencia inmersiva y educativa tanto para la promoción del equipo como para la formación de los empleados y clientes. La implementación de esta aplicación contribuirá a mejorar la comunicación y el entendimiento del producto, alineándose con los valores y objetivos de la empresa MacLean Engineering Mexicana.

Capítulo I – Marco referencial

En este capítulo se presenta el contexto general de la empresa a la que se le realiza el proyecto, MacLean Engineering Mexicana, una empresa especializada en la fabricación y desarrollo de equipos para la minería subterránea. Se detallan las características principales de la empresa, incluyendo su misión, visión, y ubicación, así como la descripción de sus principales clientes. Además, se aborda la participación específica en el área de tecnología e innovación dentro de la empresa, destacando la situación actual, el problema identificado y la justificación del proyecto, desarrollar una aplicación móvil con realidad aumentada (RA). Finalmente, se establece los objetivos generales y específicos que me fueron asignados a este proyecto.

1.1 Generalidades de la empresa

La empresa en cuestión es MacLean Engineering Mexicana, dedicada a la fabricación y desarrollo de equipos de minería subterránea. La misión de la empresa es "Proveer soluciones innovadoras en la industria minera que mejoren la seguridad y eficiencia operativa." La visión de la empresa es "Ser líder global en tecnología de equipos de minería subterránea, comprometidos con la excelencia, la seguridad y la sostenibilidad." MacLean Engineering Mexicana se caracteriza por su enfoque en la innovación, la calidad, el trabajo en equipo, y la satisfacción del cliente (MacLean Engineering, 2024).

1.1.1 Ubicación y sucursales

La sede principal de MacLean Engineering se encuentra en Collingwood, Ontario, Canadá. A lo largo de los años, la empresa ha expandido su presencia globalmente, estableciendo sucursales y centros de soporte en varios países, incluyendo Estados Unidos, México, Perú, Sudáfrica y Australia. En México, MacLean Engineering tiene una importante operación en Querétaro, desde donde se gestionan las actividades de fabricación y desarrollo de equipos de minería subterránea para el mercado latinoamericano. La ubicación estratégica en Querétaro permite a la empresa servir de manera eficiente a sus clientes en la región, beneficiándose de la infraestructura industrial avanzada y el acceso a una fuerza laboral altamente calificada (MacLean Engineering, 2024).

1.1.2 Clientes

MacLean Engineering Mexicana cuenta con una cartera diversa de clientes en la industria minera. Sus principales clientes incluyen grandes empresas mineras que operan en México y América Latina, como Grupo México, Fresnillo PLC y Goldcorp. La empresa también trabaja con contratistas mineros y empresas de servicios que buscan soluciones avanzadas para mejorar la seguridad y productividad de sus operaciones subterráneas. Además, MacLean Engineering Mexicana está siempre en busca de expandir su base de clientes, participando en ferias y conferencias de la industria para presentar sus innovaciones y establecer nuevas relaciones comerciales (MacLean Engineering, 2024).

1.2 Descripción del área de participación

El departamento de Tecnología e Innovación es responsable de impulsar el desarrollo de soluciones tecnológicas avanzadas dentro de la organización. Por mi parte estoy involucrado en el desarrollo del concepto, diseño y desarrollo de una aplicación móvil que incorpora realidad aumentada (RA) para el aprendizaje sobre el uso del Bolter 946. Este proyecto tiene como objetivo optimizar la formación de empleados y posibles clientes mediante la integración de tecnologías avanzadas que proporcionan una experiencia de aprendizaje interactiva y segura, en consonancia con los objetivos de innovación continua del departamento.

1.3 Situación actual

Actualmente, MacLean Engineering Mexicana busca mejorar la interacción y el entendimiento de sus productos entre sus clientes y empleados. En particular, se desea promover el uso del Bolter 946, mediante tecnologías avanzadas que faciliten su comprensión y uso. Sin embargo, no existe una herramienta interactiva que permita a los usuarios experimentar el uso de la maquinaria de una manera inmersiva y práctica.

1.4 Problema

Interactuar mediante procesos de capacitación para el uso y manejo del Bolter 946 presenta serias dificultades cuando se utiliza la máquina real, debido al riesgo que conlleva para nuevos empleados o clientes. La operación directa con el equipo hace que la formación sea compleja y potencialmente insegura. Por ello, surge la necesidad de una solución tecnológica, como una aplicación de realidad aumentada (RA), que permita simular el uso del equipo de manera segura y efectiva, proporcionando una experiencia de capacitación más accesible y comprensible sin exponer a los usuarios a peligros reales.

1.5 Justificación

El proyecto pretende resolver varias necesidades, incluyendo la necesidad de mejorar la difusión y comprensión del Bolter 946 entre los usuarios. Además, busca facilitar una herramienta interactiva que permita a los usuarios explorar y entender las características y usos del equipo de una manera práctica y atractiva. La implementación de una aplicación móvil con realidad aumentada (RA) permitirá a los usuarios interactuar con el equipo de forma innovadora y efectiva, mejorando su experiencia y conocimiento.

1.6 Objetivo general

Desarrollar una aplicación móvil que simule el uso del Bolter 946 mediante realidad aumentada. ¿Qué? La aplicación proporcionará una representación virtual del equipo, permitiendo a los usuarios explorar y comprender sus características y funcionalidades sin necesidad de interactuar con el equipo real. ¿Cómo? Utilizando tecnología de RA para crear una experiencia inmersiva que representa el equipo en un entorno seguro. ¿Para qué? Para facilitar la formación de empleados así como de clientes y mejorar el entendimiento del equipo al proporcionar una herramienta que evita el riesgo y las limitaciones asociadas al uso físico del equipo en entornos de capacitación.

1.6.1 Objetivos específicos

- Desarrollo del Modelo 3D: Desarrollar el modelo tridimensional del Bolter 946 en Unity, asegurando que sea preciso y representativo del equipo real.
- Implementación de Interacciones: Utilizar eventos de arrastrar y soltar (drag and drop) para simular el funcionamiento de las palancas del Bolter 946 en la aplicación, permitiendo a los usuarios interactuar de manera intuitiva.
- Gestos y Eventos Táctiles: Implementar eventos táctiles como tap, drag y gestos con dos dedos para asegurar un funcionamiento fluido y una experiencia de usuario óptima en la aplicación.
- Diseño de Interfaz de Usuario: Aplicar el evento tap en los botones del Driver's Panel para permitir una navegación eficiente y una interacción precisa con los controles del Bolter 946.
- Desarrollo del Tutorial Inicial: Desarrollar un tutorial interactivo al iniciar la aplicación, que explique el propósito de la app, los gestos disponibles y cómo navegar entre la cabina con el Driver's Panel y la sección de las palancas.

Capítulo II - Marco teórico

En este capítulo se aborda el fundamento teórico que sustenta el desarrollo de la aplicación móvil con realidad aumentada (RA) para la capacitación en el uso del Bolter 946. Se explorarán conceptos clave como la realidad aumentada, el desarrollo de aplicaciones móviles, y la aplicación de la RA en la industria minera. Estos elementos son esenciales para comprender cómo la tecnología de RA puede transformar la capacitación en entornos industriales, mejorando tanto la seguridad como la eficiencia operativa.

2.1 Realidad aumentada

La Realidad Aumentada es un tipo de tecnología que nos permite añadir capas de información visual sobre el mundo real que nos rodea. Dicha información se puede ver a través de diferentes dispositivos como pueden ser nuestros propios teléfonos móviles.

Esto nos ayuda a generar experiencias que aportan un conocimiento relevante sobre nuestro entorno y que nos permiten recibir esa información en tiempo real. Mediante la realidad aumentada el mundo virtual se entremezcla con el mundo real, de manera contextualizada, y siempre con el objetivo de comprender mejor todo lo que nos rodea (Onirix, 2024).

2.1.1 Historia y evolución de la realidad aumentada (RA)

La RA ha evolucionado significativamente desde sus primeros desarrollos en la década de 1960. Inicialmente, fue concebida en contextos militares y de investigación, pero con el avance de la tecnología móvil y la informática, se ha democratizado, permitiendo su aplicación en diversas industrias, desde la educación hasta el entretenimiento y la industria minera.

(Craig, A. B. 2013)

2.2 Desarrollo de aplicaciones móviles

El desarrollo de aplicaciones móviles para plataformas como Android implica diseñar y optimizar la aplicación para asegurar un rendimiento eficiente y una experiencia de usuario agradable. Esto incluye la gestión de recursos, la compatibilidad con diferentes dispositivos y la realización de pruebas exhaustivas para garantizar un funcionamiento correcto. En el contexto de una aplicación de RA, es esencial que el rendimiento sea óptimo para manejar las demandas gráficas y de procesamiento de la tecnología RA (ABAMobile, 2024).

2.3 Aplicación de la RA en la industria minera

La industria minera puede beneficiarse significativamente de la implementación de tecnologías de RA. Estas tecnologías pueden mejorar la formación de los empleados, la visualización de equipos y procesos, y la seguridad operativa. La aplicación de RA permite a los empleados y clientes interactuar con modelos virtuales de equipos como el Bolter 946, facilitando una comprensión más profunda de sus funcionalidades y ventajas operativas (Digital Bricks, 2024).

Capítulo III – Desarrollo del proyecto

En este capítulo se describen en detalle los aspectos técnicos y metodológicos involucrados en el desarrollo de la aplicación móvil con realidad aumentada (RA) para el Bolter 946. Se comienza con la definición del producto, estableciendo las características principales y los objetivos que guían su creación. A continuación, se clasifican los diferentes tipos de usuarios que interactuarán con la aplicación, identificando sus necesidades y las funcionalidades clave que la herramienta debe ofrecer para satisfacerlas. Además, se presentan diagramas de casos de uso y flujo que ilustran las interacciones del usuario con la aplicación. Finalmente, se especifican los requerimientos funcionales y no funcionales, y se realiza un análisis de riesgos que contempla posibles desafíos en el rendimiento, la compatibilidad y la interfaz de usuario, junto con los procedimientos de acción para mitigarlos.

3.1 Definición del producto

El proyecto consiste en el desarrollo de una aplicación móvil con realidad aumentada (RA) diseñada específicamente para interactuar con el Bolter 946, un equipo esencial en la gama de productos de MacLean Engineering Mexicana. Esta aplicación tiene como objetivo principal proporcionar una herramienta tecnológica innovadora que permita a los usuarios, ya sean empleados o clientes, familiarizarse con las características y funcionalidades del Bolter 946 de manera segura y efectiva. Al integrar la RA, se busca mejorar significativamente los procesos de capacitación, ofreciendo una experiencia inmersiva que facilite la comprensión operativa y optimice la formación, minimizando los riesgos asociados con la manipulación directa del equipo real.

3.2 Clasificación de usuarios

Esta tabla presenta una clasificación de los usuarios que interactuarán con la aplicación móvil. Se identifican dos tipos principales de usuarios: Clientes y empleados. Para cada tipo de usuario, se describe su perfil, se detallan sus necesidades específicas, y se destacan las funcionalidades clave que la aplicación deberá ofrecer para satisfacer dichas necesidades de manera efectiva.

Tabla 1. Tipos de usuario

Tipo de usuario	Descripción	Necesidades	Funcionalidades clave en la aplicación
Clientes	Usuarios interesados en el Bolter 946, como compradores potenciales o usuarios finales.	Comprender las características del Bolter 946 y poder evaluar su aplicabilidad en sus operaciones.	Visualización detallada del equipo, tutoriales interactivos, simulaciones de uso.
Empleados	Personal de MacLean Engineering Mexicana, como operadores, técnicos, y personal de ventas.	Formación y capacitación sobre el funcionamiento del Bolter 946.	Entrenamiento interactivo y simulaciones prácticas

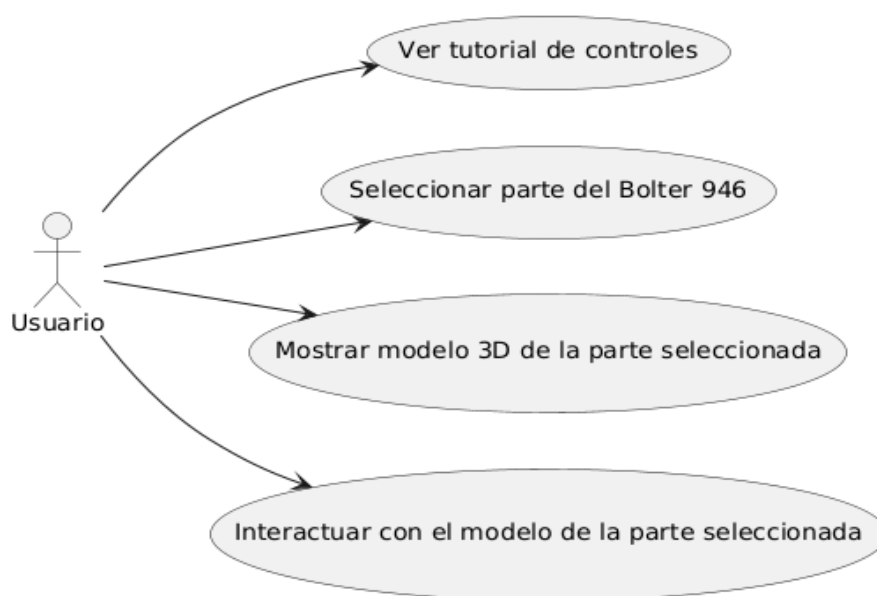
Referencia a los tipos de usuarios y sus necesidades

3.3 Diagramas

3.3.1 Casos de uso

Este diagrama ilustra los casos de uso principales para la aplicación de realidad aumentada que simula el uso del Bolter 946. Representa las interacciones entre los diferentes tipos de usuarios (clientes y empleados) y las funcionalidades clave del sistema, como la visualización del equipo, el entrenamiento interactivo, y la simulación de operaciones específicas del Bolter 946.

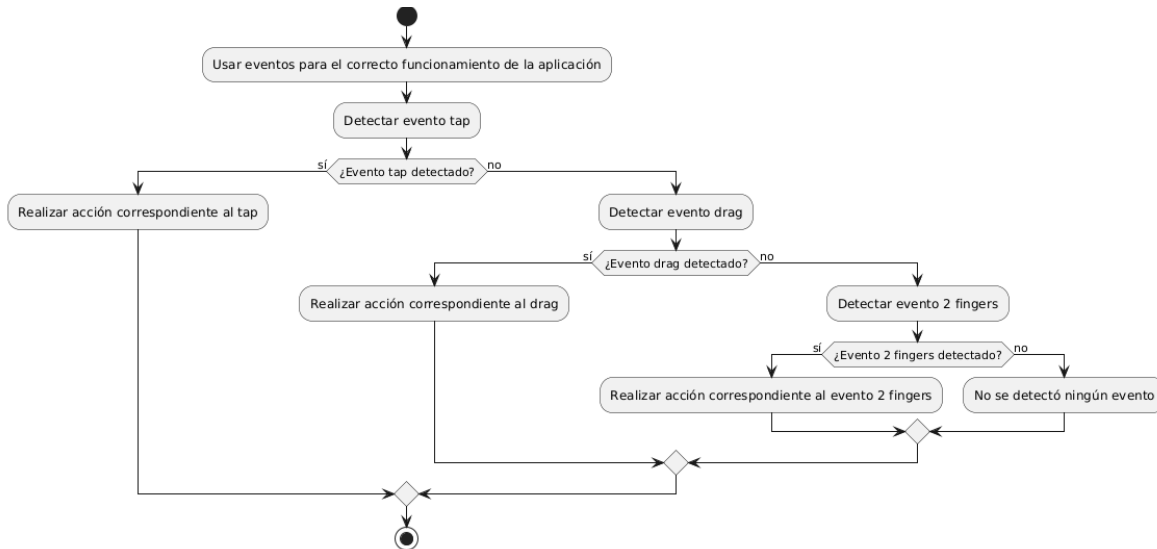
Figura 1. Caso de uso



3.3.2 Diagramas de flujo

Este diagrama muestra la secuencia y el flujo de los eventos clave dentro de la aplicación de realidad aumentada para el Bolter 946. Detalla cómo se desencadenan las interacciones del usuario, desde la selección de componentes del equipo hasta la activación de funciones específicas, como el movimiento de palancas o la simulación de operaciones del panel del operador.

Figura 2. Elementos clave



Este diagrama representa el flujo de las animaciones de navegación dentro de la aplicación de realidad aumentada para el Bolter 946. Detalla cómo los usuarios pueden desplazarse entre diferentes vistas y secciones del equipo, con transiciones animadas que mejoran la comprensión y la experiencia de usuario.

Figura 3. Flujo de animaciones

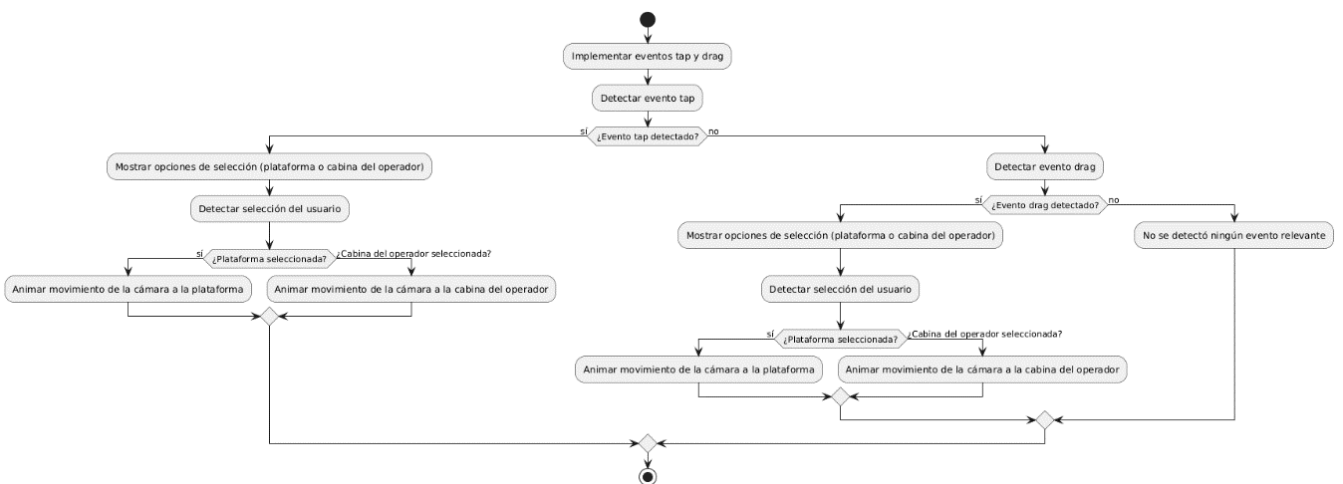
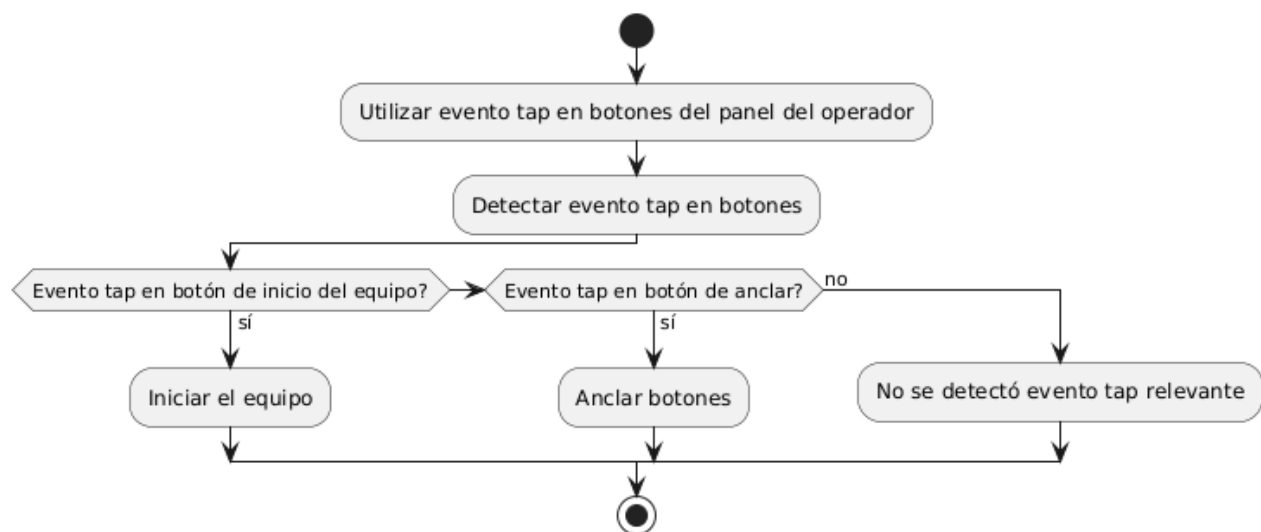


Figura 4. Interacción con usuario



Este diagrama ilustra el flujo de eventos relacionados con la interacción del usuario a través de los botones en la aplicación de realidad aumentada para el Bolter 946. Se detallan las secuencias de acción que se activan cuando los usuarios presionan botones específicos, como el encendido del equipo o la activación de funciones de anclaje.

3.4 Requerimientos funcionales

Tabla 2. Requerimiento funcional 1

Requerimiento Funcional RF01: Análisis de requerimientos.

Esta tabla especifica el primer requisito funcional, que se centra en realizar un análisis detallado de los requerimientos del usuario para la aplicación, clasificando su prioridad como alta, esencial para el desarrollo.

El análisis de requerimientos es fundamental en cualquier proyecto de desarrollo de software, ya que define el alcance, las funcionalidades necesarias y las expectativas del usuario. Este análisis es esencial para asegurar que el producto final cumpla con las necesidades específicas del cliente, minimizando el riesgo de cambios costosos durante las fases posteriores del proyecto.

Numero de Requisito.	RF01		
Nombre del Requisito.	Análisis de requerimientos		
Descripción.	Realizar un análisis de los requerimientos del usuario.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Tabla 3. Requerimiento funcional 2

Requerimiento Funcional RF02: Diagramas de actividades.

Esta tabla describe el segundo requisito funcional, que incluye la elaboración de diagramas de actividades para representar flujos de trabajo y la interacción del usuario, destacando su importancia en la planificación del proyecto.

Los diagramas de actividades son cruciales para visualizar el flujo de trabajo y las interacciones del usuario dentro de la aplicación. Ayudan a los desarrolladores y stakeholders a entender cómo se ejecutan las tareas dentro del sistema, lo que es vital para la planificación, desarrollo y validación del software.

Numero de Requisito.	RF02		
Nombre del Requisito.	Diagramas de actividades		
Descripción.	Crear diagramas de actividades que representen los flujos de trabajo y las interacciones del usuario.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Tabla 4. Requerimiento funcional 3

Requerimiento Funcional RF03: Crear Prefabs

La cuarta tabla presenta el requisito funcional de desarrollar prefabs detallados del Bolter.

La creación de prefabs detallados, como modelos 3D y texturas, es esencial para asegurar que el entorno virtual del Bolter 946 sea realista y funcional. Esto permite reutilizar componentes dentro de Unity, facilitando la iteración rápida y la consistencia en la representación gráfica del equipo.

Numero de Requisito.	RF03		
Nombre del Requisito.	Crear prefabs		
Descripción.	Desarrollar prefabs detallados del Bolter 946 y el panel de conducción, incluyendo modelos 3D y texturas.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Table 5. Requerimiento funcional 4

Requerimiento Funcional RF04: Implementar eventos Tap, Drag y 2 Fingers.

Esta tabla detalla el cuarto requisito funcional, que es desarrollar la funcionalidad para implementar los eventos táctiles (tap, drag y 2 fingers) en la aplicación.

La implementación de estos eventos táctiles es crucial para ofrecer una experiencia de usuario interactiva y realista. Estos gestos son necesarios para permitir una interacción natural con los elementos de la simulación, asegurando que los usuarios puedan controlar y manipular el equipo de manera intuitiva.

Numero de Requisito.	RF04		
Nombre del Requisito.	Implementar eventos Tap, Drag y 2 Fingers		
Descripción.	Desarrollar funcionalidades que permitan el uso de eventos tap, drag y 2 fingers para la interacción.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Table 6. Requerimiento funcional 5

Requerimiento Funcional RF05: Crear tutorial de eventos.

La sexta tabla describe el requisito de desarrollar un tutorial interactivo para enseñar a los usuarios cómo utilizar los eventos táctiles dentro de la aplicación.

Un tutorial interactivo es necesario para guiar al usuario en el uso de la aplicación, especialmente en lo que respecta a los eventos táctiles complejos. Esto asegura que los usuarios comprendan cómo operar el equipo dentro de la simulación, reduciendo la curva de aprendizaje y aumentando la efectividad del entrenamiento.

Numero de Requisito.	RF05		
Nombre del Requisito.	Crear tutorial de eventos		
Descripción.	Desarrollar un tutorial dentro de la aplicación que explique cómo utilizar los eventos interactivos antes de operar el equipo.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Tabla 7. Requerimiento funcional 6

Requerimiento Funcional RF06: Implementar eventos para selección.

Esta tabla detalla el requisito funcional de utilizar eventos táctiles para permitir la selección entre la plataforma y la cabina del operador en la simulación.

Permitir la selección entre la plataforma y la cabina del operador es vital para simular escenarios realistas dentro de la aplicación. Esto agrega flexibilidad y profundidad a la simulación, permitiendo al usuario experimentar diferentes perspectivas y operaciones del equipo.

Numero de Requisito.	RF06		
Nombre del Requisito.	Implementar eventos para selección		
Descripción.	Utilizar eventos tap y drag para permitir la selección entre la plataforma o cabina del operador.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Tabla 8. Requerimiento funcional 7

Requerimiento Funcional RF07: Implementar animaciones de cámara.

Aquí se describe el requisito de desarrollar animaciones de cámara que se activen según la elección del usuario dentro de la aplicación.

Las animaciones de cámara son importantes para guiar la atención del usuario y mejorar la experiencia inmersiva. Al activar estas animaciones según las elecciones del usuario, se crea una experiencia más fluida y dinámica, mejorando la comprensión y la interacción con la simulación.

Numero de Requisito.	RF07		
Nombre del Requisito.	Implementar animaciones de cámara		
Descripción.	Desarrollar animaciones de cámara que se activen dependiendo de la elección del usuario.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Tabla 9. Requerimiento funcional 8

Requerimiento Funcional RF08: Implementar movimientos de palancas.

La novena tabla presenta el requisito de simular el movimiento de las palancas del equipo utilizando eventos táctiles.

Simular el movimiento de las palancas es esencial para replicar con precisión el control del Bolter 946. Esto no solo mejora el realismo de la simulación, sino que también permite a los usuarios practicar y familiarizarse con los controles del equipo antes de utilizar el equipo real.

Numero de Requisito.	RF08		
Nombre del Requisito.	Implementar movimientos de palancas		
Descripción.	Utilizar el evento drag para permitir el movimiento de las palancas del equipo.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Tabla 10. Requerimiento funcional 9

Requerimiento Funcional RF09: Implementar eventos en botones.

Esta tabla describe el requisito de utilizar eventos táctiles para activar botones en el panel del operador, como el inicio del equipo y otros controles.

Los eventos en botones son fundamentales para permitir al usuario interactuar con el panel de control del Bolter 946, lo que es crítico para el funcionamiento de la simulación. Estos eventos aseguran que el usuario pueda realizar operaciones esenciales, como iniciar el equipo o activar funciones clave.

Numero de Requisito.	RF09		
Nombre del Requisito.	Implementar eventos en botones		
Descripción.	Utilizar el evento tap en los botones del panel del operador, incluyendo inicio del equipo y anclar botones.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Tabla 11. Requerimiento funcional 10

Requerimiento Funcional RF10: Integrar scripts de audio y luces.

La última tabla detalla el requisito de integrar scripts para controlar efectos de audio y luces en la aplicación, mejorando la experiencia inmersiva para el usuario.

La integración de scripts para audio y luces es necesaria para mejorar la inmersión y realismo de la simulación. Estos efectos proporcionan retroalimentación sensorial al usuario, lo que es vital para una experiencia de entrenamiento efectiva, simulando las condiciones de operación del equipo en un entorno seguro.

Numero de Requisito.	RF10		
Nombre del Requisito.	Integrar Scripts de audio y luces		
Descripción.	Integrar scripts que controlen efectos de audio y luces al interactuar con los botones del panel del operador.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

3.5 Requerimientos no funcionales

Tabla 12. Requerimiento no funcional 1

Requerimiento No Funcional RNF01: Compatibilidad de dispositivos.

Esta tabla presenta el primer requisito no funcional, el cual especifica que la aplicación debe ser compatible con dispositivos Android que ejecuten versiones 8.0 y superiores. La compatibilidad es esencial para garantizar un amplio alcance de usuarios.

La compatibilidad con dispositivos Android versión 8.0 y superiores es esencial para asegurar que la aplicación llegue a un amplio espectro de usuarios. Esto garantiza que la aplicación funcione correctamente en la mayoría de los dispositivos en uso, maximizando su accesibilidad y utilidad.

Numero de Requisito.	RNF01		
Nombre del Requisito.	Compatibilidad de dispositivos		
Descripción.	La aplicación debe ser compatible con dispositivos Android que ejecuten versiones 8.0 y superiores.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Tabla 13. Requerimiento no funcional

Requerimiento No Funcional RNF02: Adaptabilidad de pantalla.

La tabla detalla el segundo requisito no funcional, que exige que la interfaz de usuario sea responsiva y se ajuste adecuadamente a diferentes tamaños y resoluciones de pantalla, asegurando una experiencia óptima en todos los dispositivos.

La adaptabilidad de la pantalla es crucial para asegurar que la interfaz de usuario sea efectiva en diferentes dispositivos, independientemente de su tamaño o resolución. Esto es importante para proporcionar una experiencia de usuario consistente y de alta calidad, independientemente del dispositivo utilizado.

Numero de Requisito.	RNF02		
Nombre del Requisito.	Adaptabilidad de pantalla		
Descripción.	La interfaz de usuario debe ser responsiva y ajustarse adecuadamente a diferentes tamaños y resoluciones de pantalla.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

Tabla 14. Requerimiento no funcional 3

Requerimiento No Funcional RNF03: Interfaz intuitiva.

Esta tabla describe el tercer requisito no funcional, que requiere que la aplicación tenga una interfaz intuitiva y fácil de usar, garantizando que los usuarios puedan interactuar con la aplicación sin dificultad.

Una interfaz intuitiva es fundamental para asegurar que los usuarios puedan interactuar con la aplicación sin dificultades. Esto es especialmente importante en una aplicación de simulación compleja, donde una interfaz clara y fácil de usar puede significar la diferencia entre una experiencia de usuario exitosa y una frustrante.

Numero de Requisito.	RNF03		
Nombre del Requisito.	Interfaz intuitiva		
Descripción.	La aplicación debe tener una interfaz intuitiva y fácil de usar.		
Prioridad.	Alta/Esencial	Media/Deseado	Baja/Opcional

3.6 Análisis de riesgos

3.6.1 Riesgos

Riesgo No. R01: Problemas de rendimiento

- Número de riesgo: R01
- Nombre: Problemas de rendimiento
- Descripción: La aplicación podría experimentar tiempos de respuesta lentos o un rendimiento deficiente en dispositivos de gama baja.
- Probabilidad: Alta
- Impacto: Alto

Este riesgo está relacionado con la posibilidad de que la aplicación no funcione de manera óptima en dispositivos menos potentes, afectando la experiencia del usuario.

Riesgo No. R02: Incompatibilidad con dispositivos

- Número de riesgo: R02
- Nombre: Incompatibilidad con dispositivos
- Descripción: La aplicación podría no ser compatible con todas las versiones de Android o con dispositivos específicos.
- Probabilidad: Media
- Impacto: Medio

Este riesgo aborda la posibilidad de que la aplicación no funcione correctamente en ciertos dispositivos o versiones de Android, limitando su accesibilidad para algunos usuarios.

Riesgo No. R03: Problemas en la interfaz de usuario

- Número de riesgo: R03
- Nombre: Problemas en la interfaz de usuario
- Descripción: La interfaz de usuario podría no ser intuitiva, dificultando la experiencia del usuario.
- Probabilidad: Alta
- Impacto: Medio

Este riesgo se refiere a la posibilidad de que la interfaz de usuario no sea clara o fácil de usar, lo que podría frustrar a los usuarios y afectar negativamente la usabilidad de la aplicación.

Riesgo No. R04: Fallos en la implementación de eventos interactivos

- Número de riesgo: R04
- Nombre: Fallos en la implementación de eventos interactivos
- Descripción: Los eventos interactivos como tap, drag y gestos con dos dedos podrían no funcionar correctamente.
- Probabilidad: Media
- Impacto: Medio

3.6.2 Procedimiento de acción

Caso 1: Problemas de rendimiento.

- Realizar pruebas de rendimiento en diferentes dispositivos durante el desarrollo.
- Optimizar el uso de recursos y minimizar el consumo de CPU y memoria.
- Implementar soluciones de carga diferida (lazy loading) y renderizado condicional.

Caso 2: Incompatibilidad con dispositivos.

- Definir y probar en una lista de dispositivos y versiones de Android específicas.
- Usar emuladores y dispositivos físicos para pruebas exhaustivas.
- Documentar y solucionar cualquier problema de compatibilidad identificado.

Caso 3: Problemas en la interfaz de usuario.

- Realizar pruebas de usabilidad con usuarios reales y recopilar feedback.
- Iterar sobre el diseño de la interfaz basándose en los resultados de las pruebas.
- Proporcionar tutoriales y guías dentro de la aplicación.

Caso 4: Fallos en la implementación de eventos interactivos.

- Realizar pruebas exhaustivas de todos los eventos interactivos en diversos escenarios.
- Desarrollar una documentación clara y detallada de los eventos y su funcionamiento.

3.7 Prototipos

La imagen ilustra el contorno general del Bolter de Tijera MEM-928/946, mostrando el diseño y las dimensiones principales del equipo. Esta figura proporciona una visión completa de la estructura y características del Bolter (MacLean Engineering. (n.d.)).

Figura 5. Contorno general

La imagen ilustra el contorno general del Bolter de Tijera MEM-928/946, mostrando el diseño y las dimensiones principales del equipo. Esta figura proporciona una visión completa de la estructura y características del Bolter (MacLean Engineering. (n.d.)).

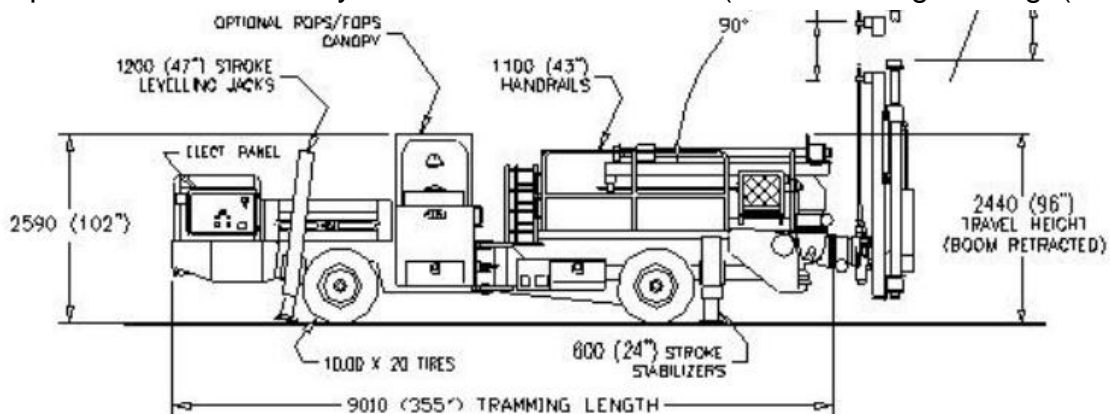


Figura 6 Contorno de tijera.

Esta figura muestra el contorno del Bolter de Tijera MEM-928/946, destacando las dimensiones y la forma general del equipo. El diagrama proporciona una representación visual de la estructura externa del bolter, permitiendo una comprensión clara de su diseño y disposición.

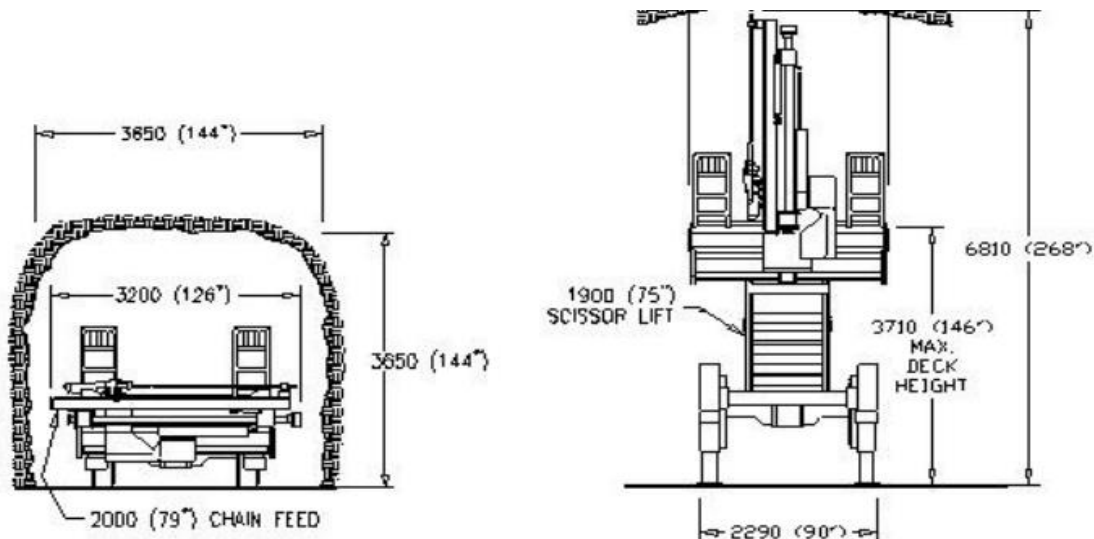


Figura 7. Inclinación de seguridad

Esta figura ilustra el control de di Ilustración del Ángulo TIS. Esta figura muestra la ilustración del ángulo TIS (Tilt Inclinación de Seguridad). (MacLean Engineering. (n.d.).)

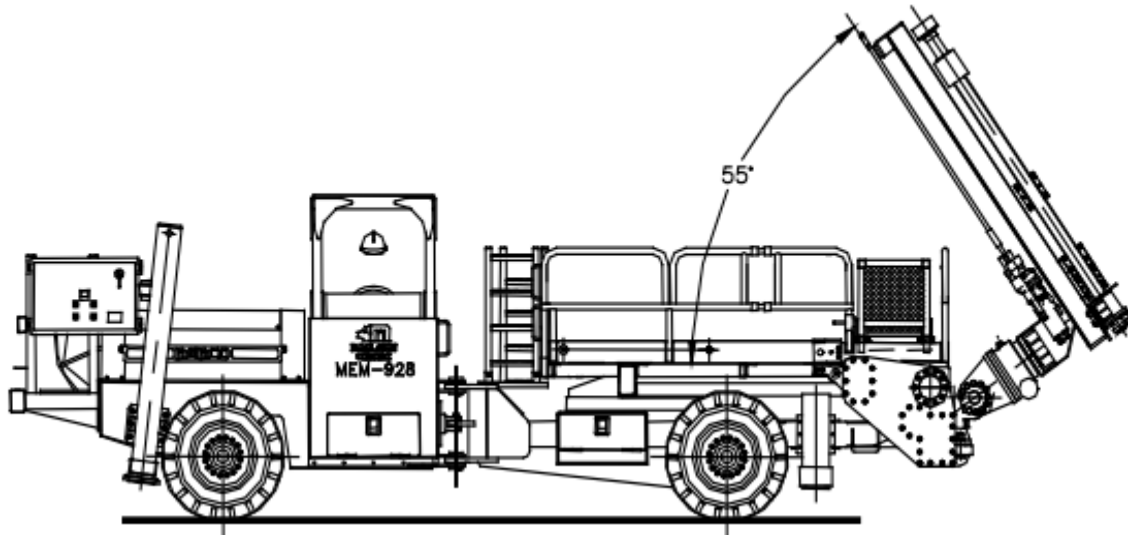


Figura 8. Control de dirección

Esta figura ilustra el control de dirección para la extensión de la plataforma. (MacLean Engineering. (n.d.).)

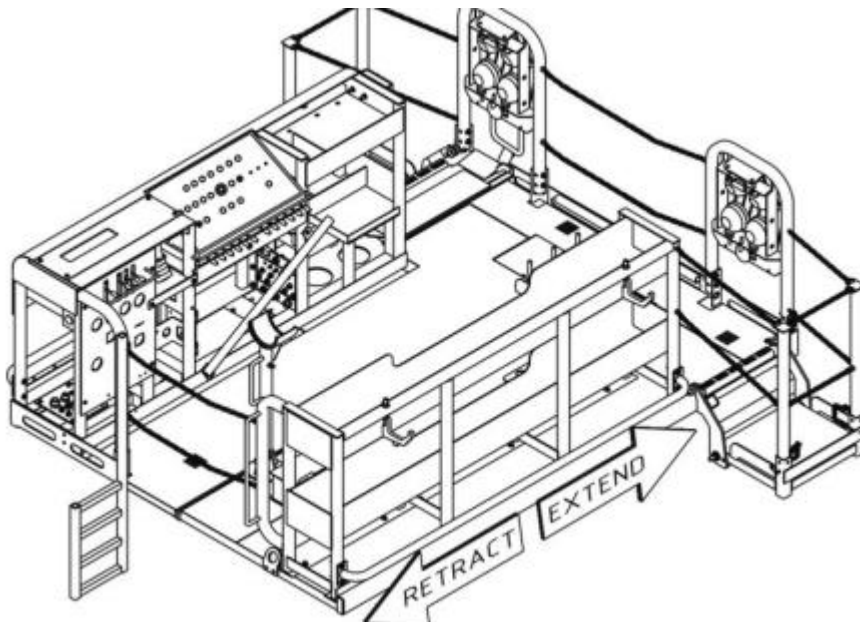


Figura 9. Bolter tamaño real

La imagen presenta una imagen real del equipo Bolter 946, dando una proporción real del tamaño del mismo. (MacLean Engineering. (n.d.).)



Figura 10. Actuador manual

Esta figura muestra la ubicación del actuador manual del sistema de supresión de incendios. La imagen proporciona una vista detallada del posicionamiento del actuador en el equipo, facilitando la identificación de su ubicación exacta para su activación en caso de emergencia. (MacLean Engineering. (n.d.).)



Capítulo IV – Resultados

En este capítulo se muestran imágenes de lo que sería el resultado final de la aplicación

4.1 Resultados propios

Figura 11. Tutorial 1

Muestra una pantalla de inicio, dándole una bienvenida al usuario

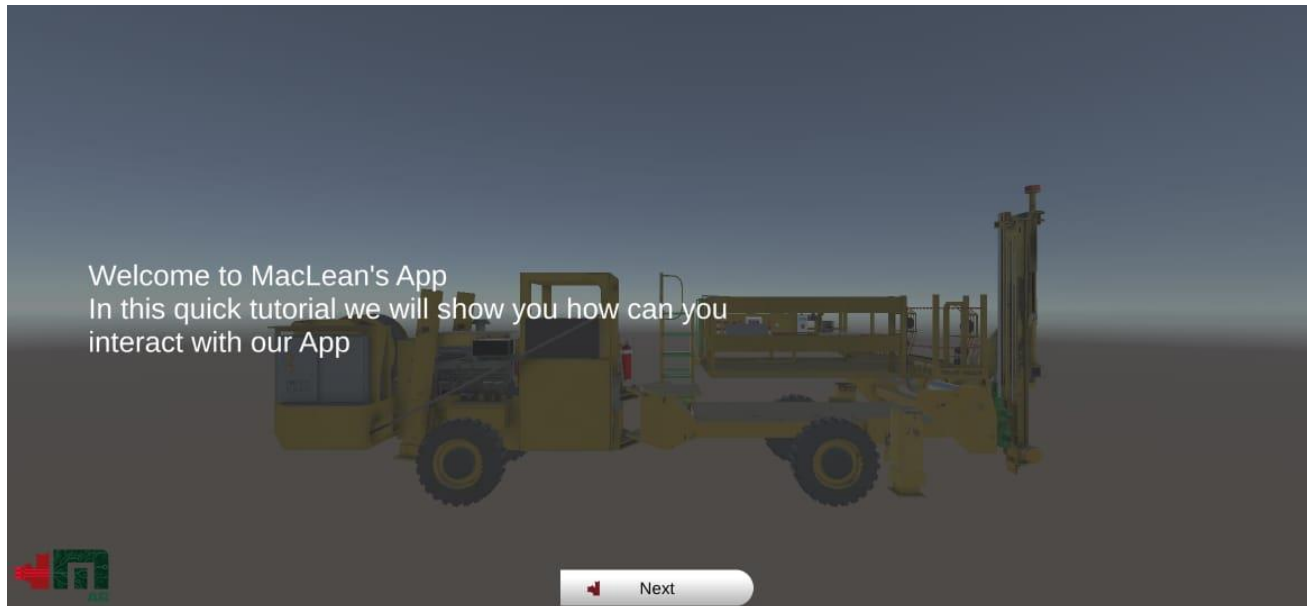


Figura 12. Interacción

Muestra el inicio del tutorial que se le muestra al usuario explicando cómo funcionan los botones, en este caso cómo presionar los botones.



Figura 13. Tutorial zoom

En esta foto se muestra cómo acercar o alejar la cámara según sea la necesidad del usuario.

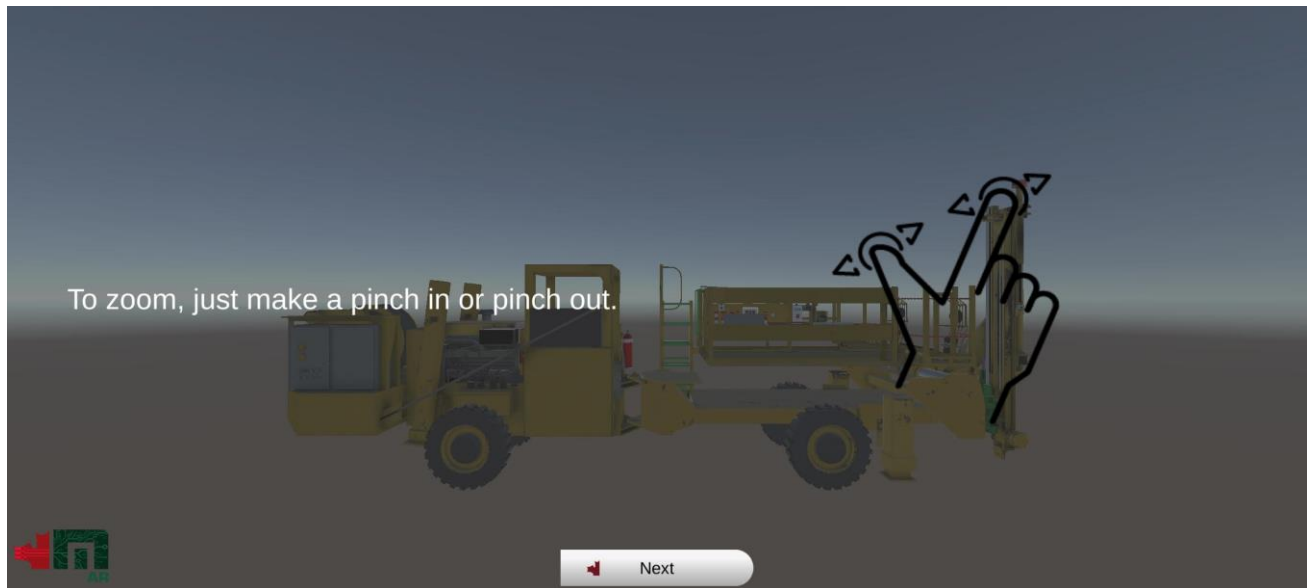


Figura 114. Tutorial movimiento

En esta ilustración se muestra cómo puede el usuario moverse para que le sea más fácil interactuar con los distintos botones y navegar en la máquina.

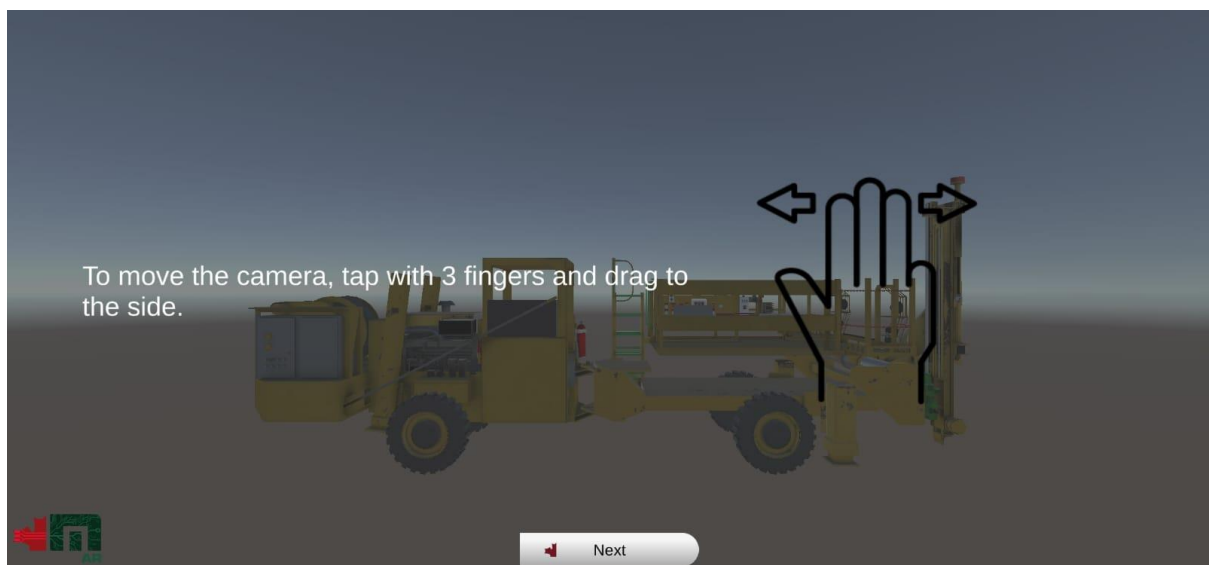


Figura 12. Elección de vista

Imagen del equipo modelado en 3D, además, se muestran las dos opciones que tiene el usuario para navegar ya sea a la cabina o a las “Tijeras”.



4.2 Aplicación final

Se muestran más imágenes de la aplicación y sus distintas funcionalidades

Figura 16. Pantalla de inicio

La imagen muestra cual es la primera pantalla que el usuario observa al abrir la aplicación, la cual es el logo de la empresa Maclean a la cual se le está haciendo el proyectox.

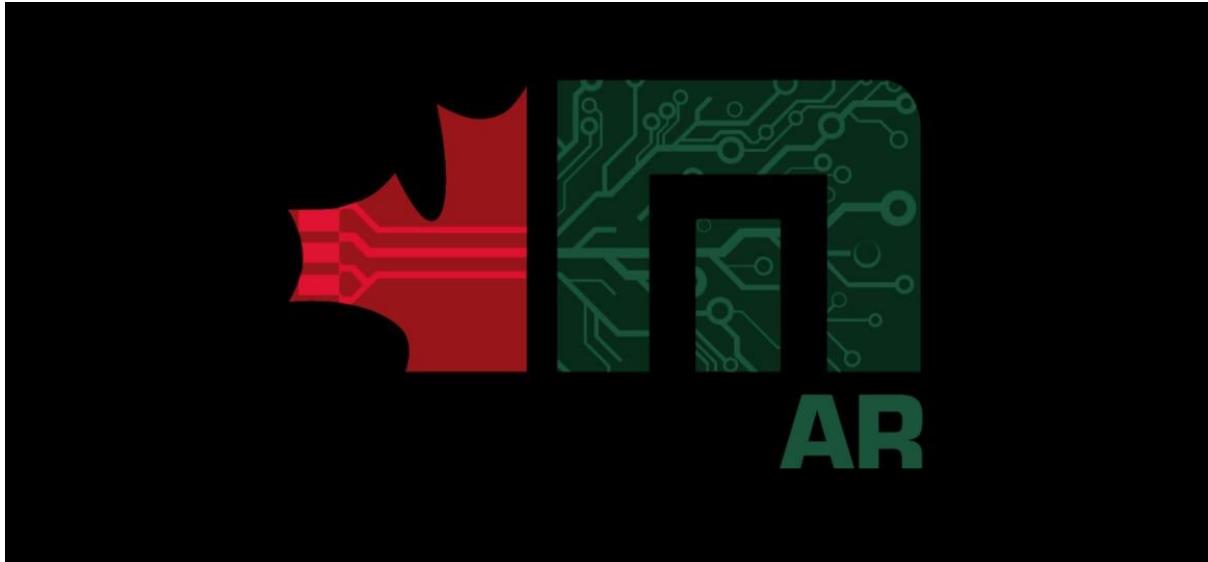


Figura 137. Panel principal

La figura muestra como luce el panel principal del equipo, además de que el usuario puede interactuar con él para ver el funcionamiento del mismo.

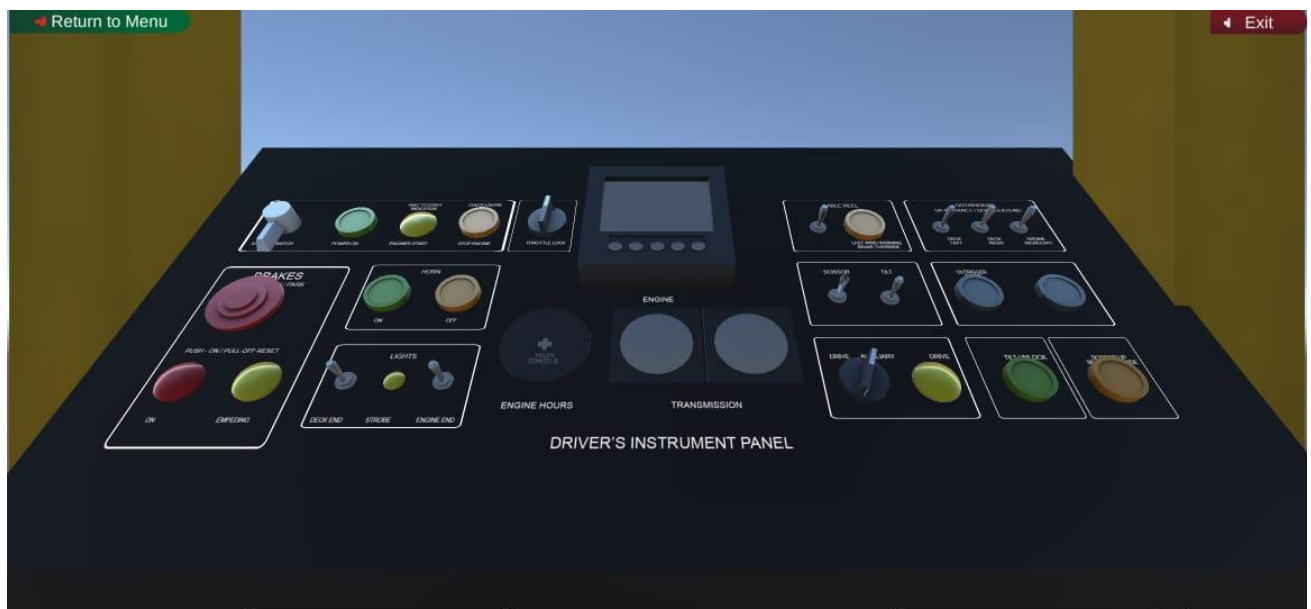
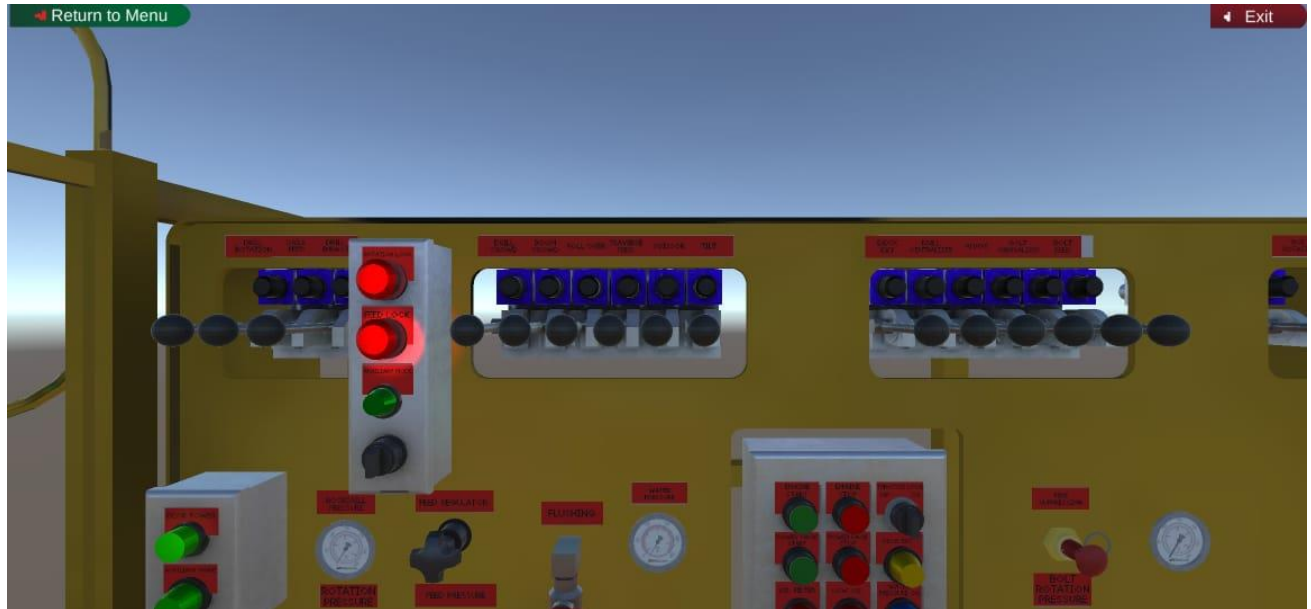


Figura 18. Panel de tijeras

La figura muestra como luce el panel de funcionamiento de las “Scissors”, dicho componente de la maquina tiene una respuesta a las eventos que seleccione el usuario.



Conclusiones

El proyecto de desarrollar una aplicación móvil con realidad aumentada (RA) para el Bolter 946 representa un avance significativo en la capacitación y comprensión de esta maquinaria en la industria minera. La creación de una herramienta inmersiva y accesible para la simulación del uso del Bolter 946 aborda la necesidad de una capacitación segura y efectiva, superando las limitaciones de los métodos tradicionales que implican el uso directo del equipo real.

La situación actual, que revela la complejidad y los riesgos asociados a la formación práctica con el Bolter 946, destaca la importancia de una solución tecnológica que permita a los usuarios familiarizarse con el equipo de manera virtual antes de interactuar con el equipo físico. La implementación de una aplicación móvil que utilice RA para simular el funcionamiento del Bolter 946 no solo mejora la seguridad al reducir el riesgo de accidentes durante la formación, sino que también optimiza el proceso de aprendizaje al ofrecer una experiencia interactiva y educativa.

Entre los objetivos específicos del proyecto, el desarrollo del modelo 3D del Bolter 946, la integración de interacciones táctiles y la creación de un tutorial interactivo presentaron ciertos desafíos. En particular, la creación de interacciones táctiles que respondieran de manera realista a los gestos del usuario fue más compleja de lo anticipado, requiriendo ajustes y pruebas extensivas para asegurar una experiencia fluida. Además, la implementación de un tutorial que guiara de manera efectiva al usuario a través de las funciones del Bolter 946 requirió una cuidadosa planificación para equilibrar la información técnica con la accesibilidad.

En cuanto a la tecnología utilizada, C# y Unity fueron seleccionados por su robustez y versatilidad en el desarrollo de aplicaciones de RA. Aunque estas herramientas ofrecieron muchas ventajas, como la facilidad de integración con otros sistemas y una comunidad de desarrolladores activa, también surgieron ciertos desafíos. Por ejemplo, la optimización del rendimiento en dispositivos móviles más antiguos fue una tarea que requirió especial atención. A pesar de estas dificultades, Unity demostró ser una plataforma poderosa para la creación de simulaciones complejas, y su capacidad para manejar gráficos 3D detallados y entornos interactivos justificó su elección para este proyecto.

Es importante mencionar que, aunque Unity y C# fueron herramientas adecuadas para este proyecto, también se debe considerar el uso de otras tecnologías en el futuro, dependiendo de la evolución de los requerimientos y de las capacidades de los dispositivos móviles. Herramientas como Unreal Engine podrían ofrecer ventajas adicionales en términos de gráficos y realismo, aunque podrían requerir un mayor tiempo de aprendizaje y desarrollo.

En resumen, el desarrollo de esta aplicación de RA para el Bolter 946 representa una solución innovadora que mejora la capacitación y el entendimiento del equipo, reduciendo riesgos y costos. La integración de este tipo de tecnología avanzada en el proceso de formación contribuirá a una experiencia de aprendizaje más completa y segura, alineada con los objetivos de innovación y eficiencia en la industria minera. La elección de C# y Unity, aunque desafiante en algunos aspectos, ha demostrado ser efectiva, aunque es prudente considerar otras opciones tecnológicas en futuros proyectos para optimizar aún más los resultados.

Bibliografía

- (1) MacLean Engineering. (2024). MacLean Engineering Mexicana. Recuperado de <https://macleanengineering.com/es-mx/>
- (2) Onirix. (2024). ¿Qué es la realidad aumentada? Recuperado de <https://www.onirix.com/es/aprende-sobre-ra/que-es-la-realidad-aumentada/>
- (3) ABAMobile. (2024). Desarrollo de apps de realidad aumentada. Recuperado de <https://abamobile.com/web/desarrollo-apps-realidad-aumentada/>
- (4) Digital Bricks. (2024). Realidad virtual y realidad aumentada en la industria minera. Recuperado de <https://digitalbricks.com.pe/db-news/tech-news/rv-realidad-aumentada-en-mineria/#:~:text=Realidad%20virtual%20y%20realidad%20aumentada%20en%20la%20industria%20minera&text=En%20realidad%2C%20de%20diferentes%20formas,recorridos%20virtuales%20por%20la%20obra.>
- (5) MacLean Engineering. (n.d.). Mining Division 946-393 SAN RAFAEL: Proyecto Minera El Escobal, Guatemala, SA. MacLean Engineering & Marketing Co. Limited. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/430324685/Operators-Manual-946-393-En>
- (6) Craig, A. B. (2013). "Understanding Augmented Reality: Concepts and Applications." Morgan Kaufmann. Recuperado de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4614-0064-6_1