FACULTAD TECNOLOGICA

SEDE VALLENAR

“MODERNIZACION DE AMBIENTE SIMULADO DE FRENTE DE OPERACION DE MINERIA SUBTERRANEA A TRAVES DE LA REALIDAD AUMENTADA”

Proyecto de titulación en conformidad a los requisitos para obtener el título de Técnico Universitario en Minas

Profesor Guía: Enrique Andrés Veragua Guerra

Matias Benjamín Gómez Aqueveque

Vicente Nicolas Labraña Lemus

Matias Nicolas Cruz Reinuaba

Patricio Axel Herrera Sánchez

Vallenar, Chile 2024

DEDICATORIA:

Patricio Herrera: Dedico este proyecto a mí familia, padres, a mi hermanos y amigos que siempre me estuvieron apoyando en cada momento que necesitaba de ellos, estuvieron ahí motivándome para que no me rindiera, y este logro lo pude realizar gracias a ellos que lo son todo para mí. Así que gracias a ellos estoy aquí defendiendo mi proyecto de titulación y como dice mi referente “La vida cambia cuando empiezas a enfocarte en ti”.

Matías Cruz Reinuaba: Dedico este proyecto a mí familia, padres, hermanas, y amigos que siempre me estuvieron apoyando en cada momento que necesitaba de ellos, cuando más los necesitaba estaban allí, motivándome para que no me rindiera, y este logro lo pude realizar gracias a ustedes. También le dedico este proyecto a mi abuelita que de donde sea que esté, me motiva a ser el mejor cada día, aprendiendo a no rendirme jamás, ella es por la cual me dedico a superarme cada día, para enorgullecerla y vea lo que su nieto a logrado. Muchas gracias a todos los que aportaron en esta etapa tan importante para mí. ¡Gracias!

Vicente Labraña Lemus: Dedico este proyecto a mis padres, hermano, familia y amigos que me apoyaron en cada momento que necesitaba apoyo y contención para avanzar en esta fase tan importante este logro es gracias a ustedes también que me aportaron su granito de arena muchas gracias.

Matias Gomez Aqueveque: Dedico este proyecto a mis amigos y compañeros de mi vida personal, los cuales siempre me han ayudado cuando más los necesitaba, aconsejándome de seguir adelante y que pase lo que pase ellos siempre estarán hay para apoyarme.

AGRADECIMIENTO:

En primer lugar, queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestros padres y familiares por su incondicional apoyo y confianza en este proyecto. Gracias a su aliento y guía, hemos podido superar los obstáculos y alcanzar nuestras metas. Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a nuestros amigos, quienes con su amistad y compañía han hecho más llevadero este camino. Finalmente, no podemos dejar de mencionar a nuestros profesores, quienes con sus conocimientos y paciencia han sido fundamentales en nuestra formación.

INDICE DE CONTENIDO

CAPITULO I: INTRODUCCION 11

1.1 Introducción.....11

1.2 Objetivo general: 12

1.3 Objetivo específico:.....12

1.4 Planteamiento del problema.....13

1.5 Antecedentes 14

1.6 Justificación 15

1.7 Alcance 16

CAPITULO II MARCO TEORICO 17

2.1 Introducción a la Minería y la Formación Inicial.....17

2.1.1 Riesgos y peligros de la minería 18

2.1.1.1 Principales Peligros y Riesgos. 19

2.1.2 La importancia de la formación práctica.....20

2.1.3 Limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza 21

2.1.3.1 Dificultades en la Visualización de Conceptos Tridimensionales .22

2.1.4 Falta de Interacción con Equipos y Procesos Mineros.....23

2.2 Realidad Aumentada (RA) y sus Aplicaciones en la Educación 24

2.2.1 Aplicaciones de la (RA) en diversos campos.....25

2.2.4 Beneficios de la RA en la educación 26

2.3 Modelos Físicos y Virtuales en la Enseñanza de la minería 27

2.3.1 Modelos Físicos.....28

2.3.2 Modelos Virtuales 29

2.3.3.1. Beneficios de la integración: 30

2.3.3.2 Campos de aplicación......30

CAPITULO III: METODOLOGIA.....31

3.1 Tipo de metodología.....31

3.2 Carácter de la metodología.....31

3.3 Investigar el procedente del ambiente simulado.....32

3.3.1 Verificación de ambiente simulado 33

3.3.2 Mantención y limpieza del ambiente simulado.....34

3.4 Investigar sobre la realidad aumentada 35

3.4.1 Selección del software.....36

3.5 Digitalización del ambiente simulado.....38

3.6 Incorporación de la realidad aumentada.....39

3.6.1 Fotografías con dron 40

3.6.3 Prueba de funcionamiento 42

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS 45

4.1 Análisis de la investigación del procedente del ambiente simulado 45

4.1.1 Resultados de la Verificación y Mantenimiento al Ambiente Simulado46

4.2 Resultados de la Investigación de la RA y selección de los softwares necesarios 47

4.3 Resultados de la digitalización de la frente de operaciones e incorporación de la realidad aumentada.....50

4.4 Resultados del diseño de la Interfaz de Usuario 51

CAPITULO V: CONCLUSIONES 53

5.2 Conclusión 53

5.1 Recomendaciones.....56

Bibliografía.....57

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2. 1, Minería a Cielo Abierto y Subterránea 17
Ilustración 2. 2, Entrada a Mina Subterránea 18
Ilustración 2. 3, Inducción de Practicantes 20
Ilustración 2. 4, Aula de Clases 21
Ilustración 2. 5, Presentación de conceptos tridimensionales 22
Ilustración 2. 6 Explicación de Equipo Minero 23
Ilustración 2. 7, Aplicación de La Realidad Aumentada en La Educación 24
Ilustración 2. 8 Realidad Aumentada en La Minería 27
Ilustración 3. 1 Tesis elaborada por estudiantes de la carrera de Técnico en Minas en el año 2023. 32
Ilustración 3. 2 Inspección del Ambiente Simulado 33
Ilustración 3. 3 Mantención del Ambiente Simulado 34
Ilustración 3. 4 Contenido Audio Visual de Realidad Aumentada 35
Ilustración 3. 5 Digitalización del Ambiente Simulado 38
Ilustración 3. 6 Software de Realidad Aumentada 39
Ilustración 3. 7 Fotografía Tomada con Dron 40
Ilustración 3. 8 Foto de hoja de preguntas de experiencia de RA 43
Ilustración 3. 9 Foto de hoja de preguntas de experiencia de RA 44
Ilustración 4. 1 Foto del ambiente simulado Reparado 46
Ilustración 4. 2 Incorporación de La Realidad Amentada al Ambiente Simulado 50

INDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1 Selección de Software de Digitalización 36
Tabla 3. 2 Selección de Software de Realidad Aumentada 37
Tabla 4 1 Software Seleccionado Para la Digitalización 47
Tabla 4 2 Software Seleccionado Para la Realidad Aumentada 48

RESUMEN:

La enseñanza de la minería subterránea para los estudiantes de técnico e ingeniería en minas de la Universidad De Atacama Sede Vallenar siempre ha enfrentado una brecha significativa debido esto a la falta de un ambiente de aprendizaje interactivo y seguro. Los métodos tradicionales, que incluyen diagramas y modelos físicos, no logran transmitir adecuadamente la complejidad y dinámica de los procesos mineros, limitando la comprensión. Además, el deterioro de los recursos existentes y las restricciones de acceso a sitios reales dificultan aún más la experiencia educativa, impidiendo una interacción significativa con equipos y procesos mineros.

El propósito de este proyecto tuvo como objetivo modernizar el modelo educativo de minería subterránea mediante la incorporación de la realidad aumentada con el fin de ofrecer a los ya mencionados una experiencia de aprendizaje más inmersiva y participativa. Además, se buscó superar las limitaciones de los modelos físicos deteriorados y proporcionar un entorno seguro y accesible que simulara condiciones reales de trabajo. Al hacerlo, se pretendió mejorar la comprensión de los procesos mineros y preparar a los Universitarios para su futuro profesional en el sector y tener tales conocimientos sobre el ambiente minero, protocolos de seguridad.

La metodología del proyecto se basó en un enfoque cualitativo que permitió explorar cómo se utilizó la realidad aumentada en la educación minera. Se implementó un modelo físico de una frente minera subterránea, modernizado con tecnología de realidad aumentada, que superpuso información digital sobre el modelo físico, con el objetivo de que este mismo buscó una comprensión más clara y dinámica. Además, se seleccionaron herramientas de software adecuadas, como POLYCAM y ASSEMBLR, en el cual se logró integrar la realidad aumentada y diseñar una interfaz de usuario efectiva que mejoró la experiencia de aprendizaje.

PALABRAS CLAVES: MINERIA SUBTERRANEA, REALIDAD AUMENTADA, MODELO FISICO, SOFTWARE, AMBIENTE MINERO, EDUCACION MINERA

ABSTRAC:

The teaching of underground mining for mining technical and engineering students at the University of Atacama, Vallenar, has always faced a significant gap due to the lack of an interactive and safe learning environment. Traditional methods, which include diagrams and physical models, fail to adequately convey the complexity and dynamics of mining processes, limiting understanding. Furthermore, the deterioration of existing resources and access restrictions to real sites make the educational experience even more difficult, preventing meaningful interaction with mining equipment and processes.

The purpose of this project was to modernize the educational model of underground mining by incorporating augmented reality in order to offer those already mentioned a more immersive and participatory learning experience. In addition, we sought to overcome the limitations of deteriorated physical models and provide a safe and accessible environment that simulated real working conditions. By doing so, the aim was to improve the understanding of mining processes and prepare university students for their professional future in the sector and to have such knowledge about the mining environment and safety protocols.

The project methodology was based on a qualitative approach that allowed us to explore how augmented reality was used in mining education. A physical model of an underground mining face was implemented, modernized with augmented reality technology, which superimposed digital information on the physical model, with the aim of seeking a clearer and more dynamic understanding. In addition, appropriate software tools were selected, such as POLYCAM and ASSEMBLR, in which it was possible to integrate augmented reality and design an effective user interface that improved the learning experience.

KEYWORDS: UNDERGROUND MINING, AUGMENTED REALITY, PHYSICAL MODEL, SOFTWARE, MINING ENVIRONMENT, MINING EDUCATION

CAPITULO I: INTRODUCCION

1.1 Introducción

La minería subterránea tiene muchos riesgos para los estudiantes que recién están cursando su carrera de minería, para ello, poder acercarlos de alguna manera a terreno es esencial para sus futuras prácticas laborales.

Por eso, la presente investigación se centra en la modernización de un modelo interactivo de una frente minera subterránea el cual estará sometido a una serie de pruebas con distintas aplicaciones de realidad aumentada (RA) tratando de encontrar la más adecuada, para su posterior aplicación y así cumplir con el propósito de brindar a los estudiantes una experiencia de aprendizaje más inversiva y buscando un método de enseñanza más participativa.

Asimismo, mediante esta modernización se está tratando de superar las limitaciones del modelo físicamente existente el cual ya con el paso del tiempo se presenta en un estado de deterioro el cual está afectando su entendimiento inicial, a la vez, también al modernizar este tipo de maquetas se busca indagar más sobre la realidad aumentada, para poder aplicarla en otro tipo de objetos que no se puedan tener de forma física por su valor o su dificultad de obtención.

1.2 Objetivo general:

Actualización de modelo interactivo de una frente de minería subterránea por medio de la realidad aumentada que permita acercar a los estudiantes a su entorno de trabajo futuro.

1.3 Objetivo específico:

- Analizar el procedente de la creación de frente de simulación para poder comprender su utilización.
- Investigar acerca de la realidad aumentada y como poder incorporarla de forma práctica.
- Digitalizar la frente de operaciones minera para su incorporación a la realidad aumentada.
- Incorporación de la realidad aumentada y diseño de una interfaz de usuario para el uso de los estudiantes.

1.4 Planteamiento del problema

En la Universidad se enfrenta a una brecha que se manifiesta de manera evidente en la carencia de un ambiente de aprendizaje interactivo y seguro, diseñado específicamente para que los estudiantes adquieran una comprensión profunda de los conceptos y procedimientos propios de la minería subterránea.

El entorno de aprendizaje, caracterizado por la interacción con modelos físicos, simuladores y materiales didácticos actualizados, juega un papel fundamental en la construcción del conocimiento. Sin embargo, el deterioro de los modelos existentes y la limitada disponibilidad de recursos tecnológicos representan un obstáculo significativo para la visualización y manipulación de los elementos clave de un sistema minero.

Asimismo, la seguridad es un aspecto innegociable en la industria minera. La falta de un espacio seguro y equipado con las medidas de protección necesarias limita la capacidad de los estudiantes para realizar prácticas y experimentos que simulen las condiciones reales de trabajo. Esta carencia puede generar inseguridades y dificultar la adquisición de habilidades prácticas esenciales para su desempeño profesional.

Otro factor que incide en la calidad de la formación es la realización de salidas a terreno. Estas actividades permiten a los estudiantes establecer un vínculo directo con la realidad industrial, observando in situ los procesos mineros, identificando los desafíos y aplicando los conocimientos teóricos adquiridos. No obstante, limitaciones como los tiempos de viaje, los costos de transporte y la logística asociada a estas actividades suelen restringir su frecuencia y duración, afectando negativamente la experiencia de aprendizaje.

1.5 Antecedentes

En el año 2023, un análisis exhaustivo de la formación de técnicos en minería reveló una carencia fundamental: la falta de un entorno educativo que simulara de manera realista las condiciones de un frente de operación minera subterránea. Ante esta problemática, los estudiantes de esa generación propusieron una solución innovadora: la creación de un ambiente simulado que permitiera a los futuros profesionales adquirir las habilidades y conocimientos necesarios en un entorno seguro y controlado.

Una investigación realizada por los estudiantes de la presente generación (2024) demostró que la incorporación de la realidad aumentada a este ambiente simulado podría potenciar significativamente el aprendizaje. Esta tecnología, que superpone elementos virtuales sobre el mundo real a través de dispositivos como smartphones o gafas inteligentes, ofrece una serie de ventajas inigualables para la formación en minería:

Aplicaciones específicas de la realidad aumentada en la simulación minera:

- Capacitación en seguridad: Los estudiantes pueden practicar procedimientos de seguridad en un entorno virtual seguro, identificando y evitando posibles peligros.
- Simulación de tareas: Se pueden crear simulaciones realistas de tareas mineras específicas, como la perforación, voladura y extracción de minerales, permitiendo a los estudiantes adquirir las habilidades necesarias para realizar estas tareas de manera segura y eficiente.
- Mantenimiento de equipos: Los estudiantes pueden aprender a realizar tareas de mantenimiento en equipos mineros virtuales, identificando componentes, siguiendo instrucciones y solucionando problemas.
- Exploración de minas virtuales: Se pueden crear modelos 3D de minas reales o hipotéticas, permitiendo a los estudiantes explorar diferentes entornos mineros y familiarizarse con las características geológicas y mineras de cada uno.

1.6 Justificación

Al visitar faenas subterráneas reales, como por ejemplo la mina escuela ubicada en la sede de Copiapó, se exponen los estudiantes a una variedad de riesgos a la actividad minera, desde la inestabilidad geológica hasta la exposición a sustancias peligrosas. Además, estos viajes implican costos de transporte, alojamiento y tiempo perdido, limitando la frecuencia con la que se pueden realizar estos viajes.

Por otro lado, un ambiente simulado en la misma cede de Vallenar permitiría recrear de manera realista las condiciones de una mina subterránea, minimizando los riesgos para los estudiantes y optimizando el uso de recursos. Esta alternativa facilitaría el acceso a experiencias prácticas de manera más frecuente, permitiendo una inmersión más profunda en los conceptos teóricos y el desarrollo de habilidades clave para la industria minera.

Asimismo, la implementación de realidad aumentada en este tipo de simulaciones abriría una ventana de posibilidades.

1.7 Alcance

Este trabajo está dirigido a estudiantes y futuros profesionales que se encuentran desarrollando proyectos de titulación. El objetivo es proporcionar una base sólida de conocimientos que les permita avanzar en sus investigaciones.

Además, este material puede ser utilizado con fines educativos para acercar a los más jóvenes al mundo de la minería, fomentando un aprendizaje más completo y sostenible. A través de este proyecto, se busca que los estudiantes adquieran conocimientos teóricos y prácticos, explorando la aplicación de tecnologías innovadoras como la realidad aumentada.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 Introducción a la Minería y la Formación Inicial

La minería es la actividad económica que consiste en la extracción de recursos naturales del subsuelo, como minerales metálicos (cobre, oro, hierro), no metálicos (caliza, yeso) y combustibles fósiles (carbón, petróleo). Estos recursos son fundamentales para la industria, la construcción y la vida cotidiana.

La formación inicial para trabajar en la industria minera es fundamental para garantizar la seguridad, la eficiencia y la sostenibilidad de las operaciones. Los profesionales de la minería requieren conocimientos en diversas áreas, como: Geología, Mineralogía, Ingeniería de minas, Metalurgia, Seguridad industrial, Medio ambiente. (Herbert, Introduccion a la Mineria , 2017)

Ilustración 2. 1, Minería a Cielo Abierto y Subterránea



Fuente: Universidad del Pacifico 2024

2.1.1 Riesgos y peligros de la minería

La minería es una labor importante en nuestra civilización actual, ya que con las labores que se realizan para extraer estos recursos se adquieren recursos, que son utilizados para la creación de todo tipo de productos que utilizamos actual mente como, por ejemplo: todo lo que es tecnología, medicina y avances científicos.

También por si fuera poco es una parte crucial de la economía creando puestos de trabajo para aquellos lugres donde se hallan las explotaciones.

Sin embargo, siendo la minería una parte crucial de nuestra civilización, no se encontraría ausentes de riesgos. A lo largo del tiempo la minería también se ha considerado una de las profesiones con más peligros y riesgos de la industria. (Diaz, 2024)

Ilustración 2. 2, Entrada a Mina Subterránea



Fuente: Portal Minero 2024

2.1.1.1 Principales Peligros y Riesgos.

1. Fugas de gases tóxicos

El la minería subterránea se suelen encontrar zonas con presencia de gases tóxicos que pueden poner en peligro la salud de los trabajadores, esto puede ser causado por una mala ventilación dentro de la mina subterránea.

2. Proyección de partículas.

En las minas tanto de rajo abierto como subterráneas suelen a ver explosiones de avance, en las cuales se proyectan fragmentos de variables tamaños que podrían dañar a algún trabajador que se encuentre en el área.

3. Derrumbamiento de galerías.

El derrumbamiento de galerías mineros puede suponer una seria amenaza para los mineros, ya sea debido a errores humanos, desastres naturales o actividades sísmicas.

4. Inundaciones

Existentes zonas remotas donde las precipitaciones y las condiciones acuíferas no están estudiadas con detalle. El riesgo de inundación también se incrementa porque la actividad minera modifica constantemente del terreno. (Ilic, 2016)

2.1.2 La importancia de la formación práctica

La formación de profesionales en el sector de la minería requiere un alto entendimiento de la teoría de esta área, sin embargo, no es suficiente para obtener las capacitaciones completas para afrontar la transición de los estudiantes universitarios al mundo laborar.

La oportunidad de desempeñarse en práctica es fundamental en la transición de los estudiantes al mundo laboral. En la industria minera, en especial, las practicas son una valiosa experiencia que no solo te sirve para aplicar lo aprendido en clases, sino que también te ayuda a adentrarte en un entorno de trabajo desafiante y dinámico. (WORK-ID, 2023)

Ilustración 2. 3, Inducción de Practicantes



Fuente: Shutersttock 2019

2.1.3 Limitaciones de los métodos tradicionales de enseñanza

Los métodos de enseñanza tradicionales en la educación de la minería, han sido de una gran importancia en la educación durante años, pero estas presentan ciertos problemas cuando se aplican en ciertos puntos de la enseñanza, estas limitaciones se notan cuando se intenta transmitir conceptos tridimensionales de equipos y procesos mineros. (Linkedin, 2024)

Ilustración 2. 4, Aula de Clases



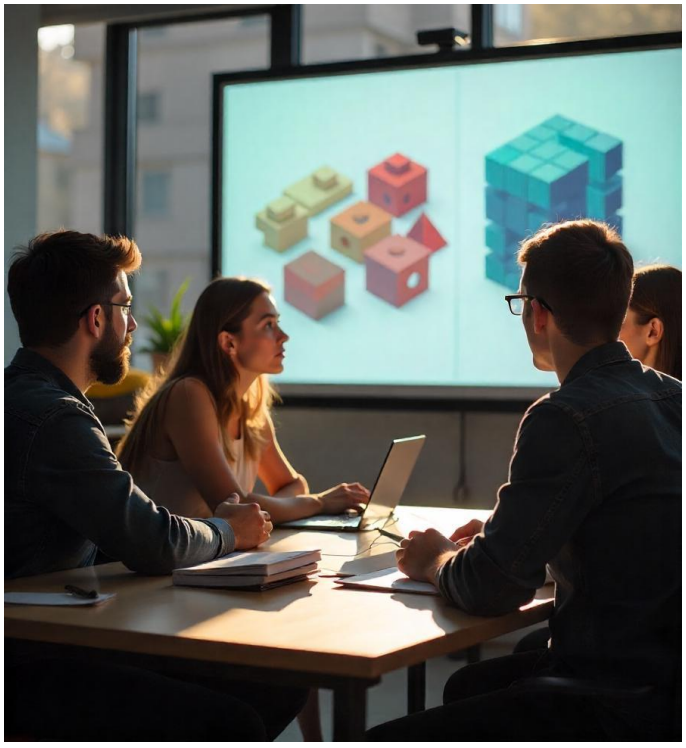
Fuente: Nostalgia.cl 2020

2.1.3.1 Dificultades en la Visualización de Conceptos Tridimensionales

Uno de los principales desafíos de la enseñanza tradicional es a la hora de presentar eficientemente conceptos 2D. Diagramas y modelos a escala, son eficientes, pero no se logra apreciar la profundidad y dificultad de estos procesos mineros.

Los modelos físicos, aunque se representan de una manera en que se pueden manipular físicamente, estos modelos se encuentran de manera estática, y dificulta comprender el tamaño real de esta. (Chavez, 2008)

Ilustración 2. 5, Presentación de conceptos tridimensionales



Fuente: FREEP!K 2024

2.1.4 Falta de Interacción con Equipos y Procesos Mineros

La minería es un área muy exigente que requiere de cierta experiencia práctica con diversos equipos y procesos. Para poder obtener una comprensión más profunda, los enfoques tradicionales se centran en la transferencia teórica, pero limitan la capacidad de los estudiantes para interactuar significativamente.

Las limitaciones de las visitas a sitios, aunque valiosas tienden a ser esporádicas y no permiten ver de forma detallada los equipos y procesos. Además, la seguridad restringe el acceso a ciertas áreas. (Salvador, 2020)

Ilustración 2. 6 Explicación de Equipo Minero



Fuente: Ipsantotomas 2024

2.2 Realidad Aumentada (RA) y sus Aplicaciones en la Educación

La realidad aumentada (RA) es una tecnología que permite integrar elementos gráficos y virtuales con el entorno real o viceversa, la cual se pueden ver utilizando dispositivos como tabletas, móviles o gafas tecnológicas.

Existen varios tipos de realidad aumentada, entre los que se encuentran las RA basadas en marcadores. Las primeras necesitan de transmisores de información como los códigos QR para dar inicio al contenido digital. Pueden estar en libros de texto, por ejemplo, en los que se proyecta la imagen de una célula gracias al escaneo de algún código. Las segundas utilizan GPS, localizadores o brújulas que indican la posición de la persona y actúan como un detonador. En muchos casos, estos son proyectores para traer a la realidad imágenes aumentadas sobre el mundo real. Por ejemplo, en un museo en el que el usuario se coloca en una posición en específico y aparece una proyección.

La realidad aumentada, es una tecnología que sobrepone elementos virtuales en entornos de la vida real, ha conquistado el mundo de la educación, brindando una experiencia de aprendizaje más inmersiva y personalizada. combina lo digital con lo físico, lo que permite a los estudiantes visualizar conceptos u objetos 3D que no están presentes físicamente.(Creations, 2024)

Ilustración 2. 7, Aplicación de La Realidad Aumentada en La Educación



Fuente: Realidad en Aumento 2024

2.2.1 Aplicaciones de la (RA) en diversos campos

La realidad aumentada (RA) está cambiando la forma en que vemos el mundo que nos rodea y sus aplicaciones son cada vez más variadas y de diferentes usos. Aquí algunos ejemplos.

Industria:

Mantenimiento: guía visual en tiempo real para reparaciones, sobreponer información en equipos, identificación rápida y precisa de componentes defectuosos.

Diseño y creación de prototipos: visualización de productos en 3D en condiciones reales, modelado del funcionamiento de los equipos antes de la producción y colaboración remota en proyectos de diseño.

Educación:

Visualizar conceptos complejos: modelos 3D interactivos en materias como anatomía, química o astronomía, simulaciones de experimentos científicos.

Gamificación del aprendizaje: los juegos de aprendizaje integrales hacen que el aprendizaje sea más interesante.

Aprendizaje personalizado: adapte el contenido a las necesidades individuales de cada estudiante.

Arquitectura y construcción:

Visualización de proyectos: representación auténtica de proyectos de construcción en entornos del mundo real, lo que permite a los clientes visualizar los resultados finales antes de que comience la construcción. (ALEGER, 2024)

2.2.4 Beneficios de la RA en la educación

La realidad aumentada (RA) está revolucionando la educación y ofreciendo una serie de beneficios en esta área.

- **Mayor motivación e interés:** La RA hace que el aprendizaje sea más divertido e interactivo, captando la atención de los estudiantes y generando un mayor interés por los temas.
- **Mejora de la comprensión:** Al visualizar conceptos abstractos en 3D y en tiempo real, los estudiantes pueden entender de mejor manera temas complejos y difíciles comprender.
- **Experiencias de aprendizaje más inmersivas:** La RA permite a los estudiantes sumergirse en entornos virtuales y explorar conceptos de manera más profunda y significativa.
- **Aprendizaje activo y colaborativo:** La RA fomenta la participación activa de los estudiantes, permitiendo que exploren, experimenten y colaboren en proyectos.
- **Personalización del aprendizaje:** La RA puede adaptarse a las necesidades y estilos de aprendizaje individuales de cada estudiante, ofreciendo experiencias de aprendizaje más personalizadas. (SHOOLS, 2024)

2.3 Modelos Físicos y Virtuales en la Enseñanza de la minería

La minería, como área de alto desempeño, requiere de una formación que combine teoría y experiencia. Los modelos físicos y virtuales se han convertido en herramientas fundamental en la enseñanza de esta área, ya que permiten a los estudiantes visualizar conceptos abstractos, simular procesos complejos y experimentar de manera segura con distintos escenarios mineros. (ESSS, 2024)

Ilustración 2. 8 Realidad Aumentada en La Minería



Fuente: Tecnología Minera 2023

2.3.1 Modelos Físicos

Los modelos físicos son representaciones a escala de algún objeto o área que se utiliza para:

- **Visualización de conceptos:** Facilitan la comprensión de estructuras geológicas, equipos mineros y procesos como la perforación, voladura y extracción.
- **Simulación de operaciones:** Permiten recrear escenarios mineros y evaluar diferentes tipos de explotación.
- **Análisis de riesgos:** Ayudan a identificar potenciales peligros y riesgos para desarrollar medidas de seguridad.

Ventajas:

- **Tangibilidad:** Los estudiantes pueden interactuar físicamente con el modelo, lo que facilita la comprensión.
- **Visualización directa:** Permiten observar la características y función del modelo creado.

Desventajas:

- **Limitaciones de escala:** No siempre es posible representar a escala real todos los elementos de un ambiente simulado minero.
- **Costo:** La construcción y mantenimiento de modelos físicos puede ser costoso.
- **Estático:** Los modelos físicos suelen representar un estado estático del sistema, lo que impide su capacidad para simular un proceso real minero.

2.3.2 Modelos Virtuales

Los modelos virtuales son representaciones digitales de sistemas mineros creados mediante software especializado. Estos modelos pueden ser estáticos o dinámicos, y pueden incluir elementos de realidad virtual y aumentada. (Herbert, 2017)

Ventajas:

- **Flexibilidad:** Permiten crear y modificar rápidamente diferentes escenarios mineros.
- **Interactividad:** Los estudiantes pueden interactuar con el modelo de forma más inmersiva, realizando simulaciones y experimentos.
- **Realismo:** Pueden incorporar una gran cantidad de detalles y datos reales, lo que aumenta el realismo de la simulación. (Herbert, 2017)

Desventajas:

- **Abstracción:** La interacción con un modelo virtual puede ser menos intuitiva que con un modelo físico.
- **Requiere hardware y software especializado:** El acceso a equipos y software de alta calidad puede ser limitado. (Herbert, 2017)

2.3.3 Integración de Modelos Físicos y Virtuales

La combinación de modelos físicos y virtuales ofrece una solución que aprovecha las ventajas de ambas tecnologías. Por ejemplo, se puede utilizar un modelo físico como base para crear un modelo virtual más detallado, o se puede superponer información virtual sobre un modelo físico utilizando realidad aumentada. (Digital, 2024)

2.3.3.1. Beneficios de la integración:

- **Mayor realismo:** Se combinan las ventajas de la tangibilidad de los modelos físicos con la flexibilidad y el detalle de los modelos virtuales.
- **Experiencia de aprendizaje más rica:** Los estudiantes pueden explorar diferentes perspectivas y realizar experimentos de manera más segura y eficiente.
- **Preparación para el mundo real:** La combinación de ambas tecnologías permite preparar a los estudiantes para enfrentar los desafíos de la minería moderna, que cada vez hace mayor uso de herramientas digitales. (Digital, 2024)

2.3.3.2 Campos de aplicación.

- **Simulación de operaciones mineras:** Los estudiantes pueden simular diferentes escenarios de explotación, como la perforación, voladura y extracción, y evaluar el impacto de diferentes variables en los resultados.
- **Análisis de riesgos:** Se pueden crear escenarios de emergencia y evaluar las respuestas de los equipos de rescate.
- **Diseño de minas:** Los estudiantes pueden diseñar y optimizar la geometría de una mina subterránea o a cielo abierto.
- **Capacitación en seguridad:** Se pueden crear simulaciones interactivas para enseñar procedimientos de seguridad y responder a emergencias. (Vicenti, 2020)

CAPITULO III: METODOLOGIA

3.1 Tipo de metodología

Para llevar a cabo esta investigación, se optó por una metodología descriptiva con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo). La elección de esta metodología se justifica por la necesidad de Describir de manera detallada el modelo interactivo existente y las mejoras implementadas con la realidad aumentada.

Esto también se comprueba en las pruebas realizada a algunos de los estudiantes de técnico en minas de primer y segundo año de la Universidad De Atacama, y analizar los resultados de las pruebas realizadas.

3.2 Carácter de la metodología

Este estudio busca explicar cómo la experiencia inmersiva proporcionada por la realidad aumentada influye en la percepción y comprensión de los estudiantes de técnico en minas al visualizar un modelo tridimensional y dinámico de un frente de trabajo minero subterráneo. A través de un enfoque cualitativo, se pretende describir en profundidad cómo esta tecnología afecta en la visualización y la identificación de elementos clave y la comprensión.

3.3 Investigar el procedente del ambiente simulado

Con el propósito de profundizar en el porqué de la creación del ambiente simulado, se inició una investigación a partir de una tesis elaborada por estudiantes de la carrera de Técnico en Minas en el año 2023. Dicho documento, disponible tanto en formato físico como digital en la biblioteca de la Universidad de Atacama, se seleccionó la versión digital para facilitar su acceso y consulta desde diversos dispositivos.

Una vez obtenido el material, se procedió a un análisis del primer capítulo de la tesis. Este resultó de particular interés debido a que en él se presenta una contextualización general del tema, se identifica la problemática específica a la que se enfrenta la investigación y se enuncian los objetivos planteados por los estudiantes.

Ya con la tesis a disposición se analizó el capítulo uno con cual se hizo un breve resumen de este, se tomó más relevancia sobre el contexto, problemática y objetivos.

Ilustración 3. 1 Tesis elaborada por estudiantes de la carrera de Técnico en Minas en el año 2023.



Fuente: Biblioteca Universidad de Atacama Sede Vallenar 2024

3.3.1 Verificación de ambiente simulado

Previa a la selección del software, se llevó a cabo una inspección del entorno simulado, se encontró que los materiales empleados en la construcción del ambiente presentaban un notable deterioro, evidenciado por un avanzado estado de desgaste y una acumulación considerable de suciedad. Las superficies, tanto las estructurales como las funcionales, mostraban signos claros de uso prolongado y falta de mantenimiento adecuado.

Asimismo, se observó que el área designada para la simulación había sido utilizada como un espacio de almacenamiento. Esta práctica, además de comprometer la integridad física de los materiales dificultaba significativamente la realización de cualquier tarea.

Ilustración 3. 2 Inspección del Ambiente Simulado



Fuente: Elaboración Propia 2024

3.3.2 Mantención y limpieza del ambiente simulado

Antes de a la ejecución de cualquier tarea en el entorno simulado, se llevó a cabo una labor de mantenimiento y limpieza. Con el objetivo de garantizar un estado óptimo de funcionamiento, se adquirieron los materiales específicos requeridos para estas labores. También, se pidieron herramientas de limpieza a la Universidad para hacer la limpieza necesarias.

Ilustración 3. 3 Mantención del Ambiente Simulado

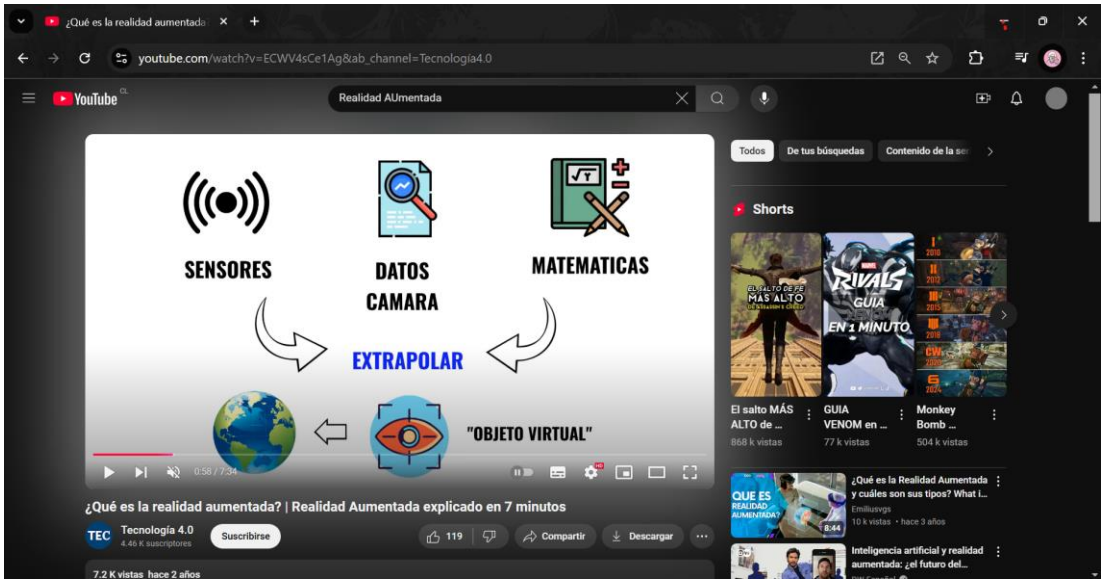


Fuente: Elaboración Propia 2024

3.4 Investigar sobre la realidad aumentada

Con el objetivo de seleccionar el software más adecuado para modernizar el ambiente simulado, se llevó a cabo una investigación preliminar sobre realidad aumentada en buscadores web. Inicialmente, se buscó información básica sobre su definición y posibles implementaciones. Para profundizar en su aplicación práctica, se analizó contenido audiovisual disponible en YouTube, prestando especial atención a ejemplos concretos. (YouTube, 2024)

Ilustración 3. 4 Contenido Audio Visual de Realidad Aumentada



Fuente: YouTube 2024

3.4.1 Selección del software

Con el objetivo de encontrar un software que cumpliera con la digitalización específicas del proyecto, se llevó a cabo un proceso de evaluación y selección. Inicialmente, se conformó una lista en Excel de posibles candidatos que, parecían cumplir con los requisitos. Cada software fue sometido a pruebas exhaustivas para determinar si cumplía con lo establecido lo cual era si lograba la digitalización y si era de paga. Aquel que no cumplían con lo necesitado fueron descartados, reduciendo gradualmente el conjunto de opciones. Sin embargo, una de las principales dificultades encontradas durante este proceso fue que la mayoría era softwares eran de paga, lo que dificultaba la búsqueda de alternativas gratuitas y accesibles para cualquier usuario que quisiera ocuparla.

Con el fin de seleccionar una herramienta de digitalización que se ajustara a las necesidades del proyecto, se evaluaron diversos softwares. Para cada software se registró si cumplía con los requisitos técnicos de digitalización, si su licencia era gratuita o requería una inversión económica, y finalmente, si fue seleccionado o descartado con una x.

Tabla 3. 1 Selección de Software de Digitalización

Selección De Software (Digitalizacion)				
Software	Cumple	Paga	Seleccionado	Descartado
Scan 3D Market				
DEVAR				
MagiScan				
Agisoft Metashap				
Polycam				

Fuente: Elaboración Propia 2024

Para lograr implementar la realidad aumentada óptima del ambiente simulado, se optó por usar doble software. Esta decisión se fundamenta en la necesidad de abordar de manera especializada las etapas de captura de imágenes y procesamiento para realidad aumentada, tareas que, por lo general, no se encuentran integradas en un solo programa de forma eficiente, para seleccionar el software de realidad aumentada también se realizó un listado con los mismos parámetros para encontrar un software adecuado para la implementar la realidad aumentada.

Tabla 3. 2 Selección de Software de Realidad Aumentada

Selección De Software (RA)				
Software	Cumple	Paga	Seleccionado	Descartado
Adobe Aero				
Unity				
Vuforia				
Sayduck				
RealityMAX				
Assemblr				

Fuente: Elaboración Propia 2024

3.5 Digitalización del ambiente simulado

Para llevar a cabo la digitalización del ambiente simulado, se requirió tan solo de un teléfono celular en el cual descargar el software. Con el software ya descargado se tuvo que crear una cuenta para poder utilizar el programa, luego de crear la cuenta, el software te daba dos opciones de escaneo uno era por el mismo software te guiaba como hacer el escaneo y el otro método era en una tomar una serie de imágenes y el software creaba un modelo en base a las fotos tomadas. se optó por la serie de fotos por el tamaño del objeto, en este caso el ambiente simulado el cual era muy grande para realizar el escaneo completo.

Se tomaron una serie de fotografías del entorno a modelar, a partir de este conjunto de imágenes, el procedió a generar un modelo digital tridimensional. Este modelo, obtenido de manera relativamente sencilla, sirvió como base para la posterior incorporación de elementos de realidad aumentada, enriqueciendo así la experiencia de interacción con el entorno virtual. (Polycam, 2024)

Ilustración 3. 5 Digitalización del Ambiente Simulado

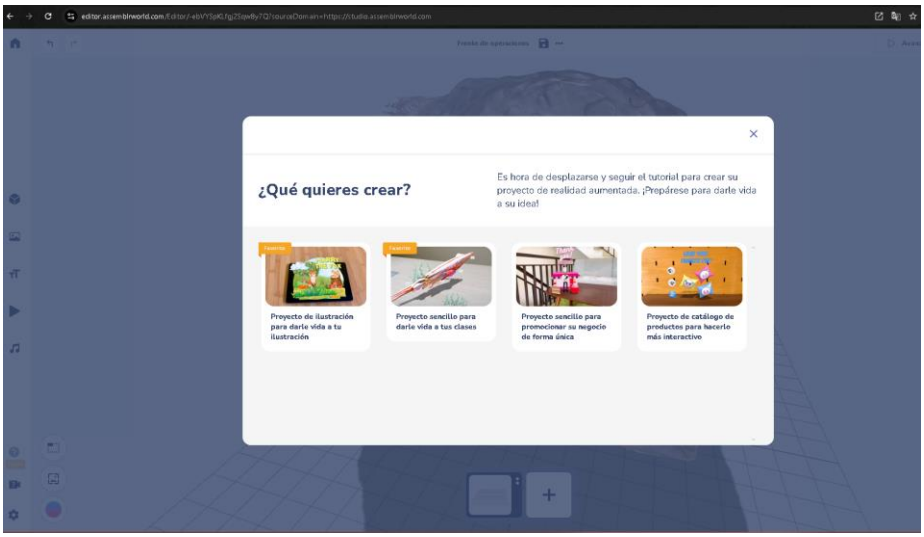


Fuente: Polycam 2024

3.6 Incorporación de la realidad aumentada

Con el objetivo de incorporar la realidad aumentada, se hizo necesario emplear un segundo software especializado. Lo primero fue descargar el software, y después crear una cuenta, este software permitió tomar el modelo previamente creado a través de la digitalización y transformarlo en una representación de realidad aumentada. Para enriquecer esta experiencia inmersiva, se buscaba integrar datos informativos relevantes y un video demostrativo de una auténtica frente de operaciones, esto se realizar gracias a videos tutoriales que viene implementados en el software los cuales explican de como agregar textos, videos y demás objetos que viene incluidos en el software. Al finalizar este proceso, el software brinda la posibilidad de generar diferentes formas de ver el modelo de (RA) primero es poder verlo solamente en 3D pero con los datos implementados, la segunda forma es que aparezca en sima de un marcador (RA) el cual es un código QR que esta impreso en una hoja, y la última forma de verlo es colocarlo en tu entorno el cual genera un modelo de (RA) que puedes posicionar en cualquier parte de tu entorno, también si se desea se puede implementar todas las tres opciones. Al escanear este código, cualquier usuario podía acceder instantáneamente al modelo digital y virtual, visualizando así una réplica interactiva de la realidad aumentada. (Assemblr, 2024)

Ilustración 3. 6 Software de Realidad Aumentada



Fuente: Assemblr 2024

3.6.1 Fotografías con dron

Como dato extra se realizaron fotografías con un dron, bajo la supervisión del profesor guía, para obtener imágenes aéreas detalladas de la zona donde se ubica el ambiente simulado. para delimitar una futura área específica en la que únicamente se encontrarían elementos relacionados con la minería, como el ambiente simulado en sí y cajas de testigos. Esta labor permitió establecer un control preciso sobre el entorno experimental y garantizar la autenticidad de los datos obtenidos durante las investigaciones.

Ilustración 3. 7 Fotografía Tomada con Dron



Fuente: Elaboración Propia 2024

3.6.2 Manual de usuario

Con el objetivo de optimizar la comprensión y utilización del ambiente simulado modernizado, el profesor guía recomendó la creación de un manual de uso detallado. Esta sugerencia se basó en la necesidad de proporcionar a los usuarios una herramienta práctica que facilitara la exploración autónoma del entorno virtual. De esta manera, se buscaba que los usuarios pudieran aprovechar al máximo las potencialidades del modelo de realidad aumentada, sin requerir una asistencia constante.

Para la creación del manual, se seleccionó Canva, una plataforma gratuita y de fácil edición. Tras una cuidadosa búsqueda, se eligió un diseño que se ajustara a las necesidades del proyecto. Posteriormente, se procedió a editar el diseño para incluir una guía paso a paso sobre el uso del código QR. Los pasos detallados en el manual fueron los siguientes:

Escaneo del código QR: El usuario debía escanear el código QR con su dispositivo móvil.

Selección de perspectiva: A continuación, se le ofrecía al usuario la posibilidad de elegir la perspectiva desde la cual deseaba visualizar el modelo.

Iniciación del modelo: Una vez seleccionada la perspectiva, el usuario debía presionar el botón de "play" para activar el modelo de realidad aumentada.

Aceptación de términos: Antes de iniciar la interacción, el usuario debía aceptar los términos y condiciones de uso.

Colocación del modelo: Se recomendaba al usuario colocar el dispositivo móvil en un lugar cómodo y estable para una mejor visualización del modelo.

Interacción y obtención de información: Finalmente, el usuario podía interactuar con el modelo y obtener información relevante sobre el mismo.

Una vez finalizado el manual, se procedió a imprimirlo y plastificarlo para garantizar su durabilidad y facilitar su colocación en el ambiente simulado.

3.6.3 Prueba de funcionamiento

La prueba de funcionamiento realizada a los estudiantes de técnico en minas de primer y segundo año, inicio con una invitación a algunos estudiantes de esta carrera, se fijó un día y lugar de la prueba que se acomodara a los estudiantes, llegado ese día se comenzó con una explicación del manual de uso, donde se aclararon los conceptos básicos y se mostraron los pasos a seguir para utilizar la tecnología del (RA). posteriormente, los estudiantes fueron invitados a probar la (RA) en el ambiente simulado.

Para evaluar la experiencia, se aplicó un breve cuestionario al finalizar la actividad. Los estudiantes respondieron a una serie de preguntas de SI o NO, marcando con una 'X' la opción que mejor reflejaba su opinión.

Las preguntas fueron:

¿Consideras que la interfaz de la RA era intuitiva y fácil de usar? (Sí/No)

¿Recomendarías el uso de la RA como herramienta de enseñanza en otras áreas? (Sí/No)

¿Crees que la RA te ayudó a comprender mejor los conceptos mineros? (Sí/No)

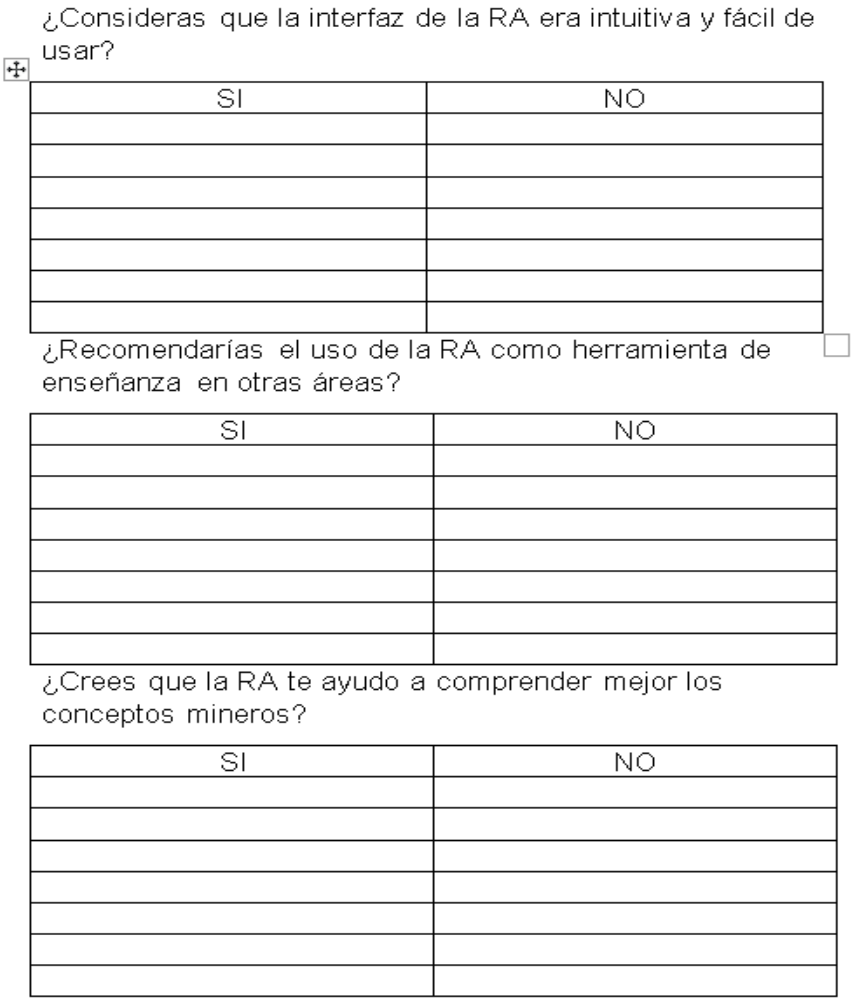
¿Consideras una ventaja el uso de RA como herramienta de enseñanza? (Sí/No)

¿Crees que la RA podría reemplazar algún método de enseñanza tradicional? (Sí/No)

¿Implementarías la RA en alguna tarea de tu vida cotidiana? (Sí/No)

Las respuestas de la hoja se guardaron, para su posterior análisis.

Ilustración 3. 8 Foto de hoja de preguntas de experiencia de RA



¿Consideras que la interfaz de la RA era intuitiva y fácil de usar?

SI	NO

¿Recomendarías el uso de la RA como herramienta de enseñanza en otras áreas?

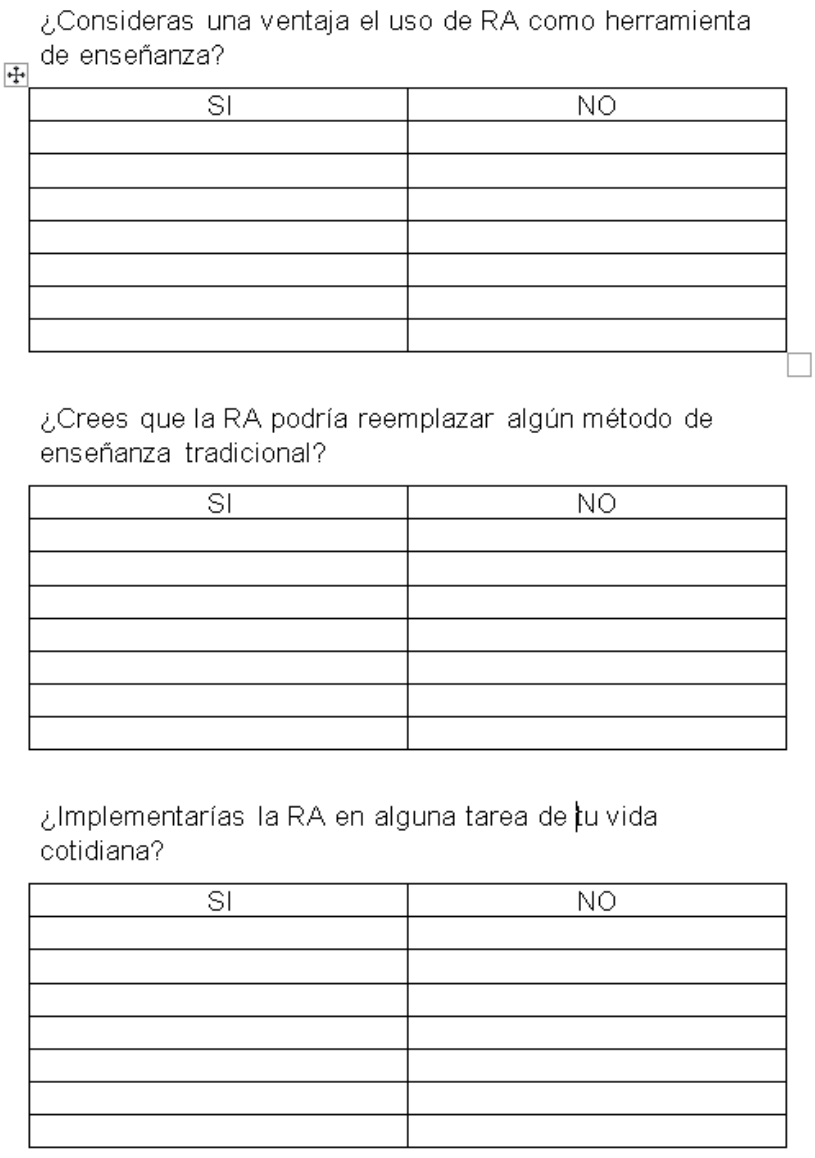
SI	NO

¿Crees que la RA te ayudo a comprender mejor los conceptos mineros?

SI	NO

Fuente: Elaboración Propia 2024

Ilustración 3. 9 Foto de hoja de preguntas de experiencia de RA



¿Consideras una ventaja el uso de RA como herramienta de enseñanza?

SI	NO

¿Crees que la RA podría reemplazar algún método de enseñanza tradicional?

SI	NO

¿Implementarías la RA en alguna tarea de tu vida cotidiana?

SI	NO

Fuente: Elaboración Propia 2024

CAPITULO IV: ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

4.1 Análisis de la investigación del procedente del ambiente simulado

Con el objetivo de comprender a profundidad los fundamentos detrás de la creación de un ambiente simulado, se llevó a cabo una investigación a partir de la tesis elaborada en 2023 por estudiantes de Técnico en Minas de la Universidad de Atacama. El primer capítulo de la tesis fue seleccionado como punto de partida para el análisis, dado que en él se presenta una contextualización general del tema, se identifica la problemática específica que motivó la investigación y se enuncian los objetivos planteados.

Tras una cuidadosa revisión del capítulo, se pudo constatar que la investigación sobre el ambiente simulado resultó ser altamente relevante en el campo de la minería. Al contextualizar el trabajo de los estudiantes, se identificaron las principales preguntas de investigación que guiaron el estudio y se apreció la importancia de esta temática en la formación de futuros profesionales.

La investigación realizada por los estudiantes de Técnico en Minas demuestra el gran potencial de la simulación como herramienta pedagógica en la formación de profesionales en el área minera. Los resultados obtenidos confirman que esta iniciativa no solo complementa la formación teórica, sino que también prepara a los estudiantes para enfrentar los desafíos del mundo laboral de manera más efectiva y segura.

4.1.1 Resultados de la Verificación y Mantenimiento al Ambiente Simulado

Gracias a la limpieza profunda y mantención, se logró restaurar las condiciones óptimas del espacio simulado, eliminando por completo la suciedad acumulada y los daños superficiales.

La mantención del ambiente permitió recuperar el área destinada a la simulación, creando un espacio funcional y eficiente para el desarrollo de todas las actividades.

Al finalizar las labores, el ambiente simulado quedó completamente habilitado para cumplir con su función. Se recomienda implementar un programa de mantenimiento preventivo para asegurar la durabilidad de las mejoras realizadas y evitar futuros deterioros.

Ilustración 4. 1 Foto del ambiente simulado Reparado



Fuente: Elaboración Propia 2024

4.2 Resultados de la Investigación de la RA y selección de los softwares necesarios

Tras una exhaustiva evaluación de diversas herramientas de realidad aumentada, se identificó una solución óptima para modernizar el ambiente simulado. resolviendo el objetivo que era encontrar software capaz de digitalizar entornos de manera realista y superponer elementos virtuales de forma precisa.

- Digitalización de entornos: Polycam se destacó como la herramienta ideal para capturar y convertir entornos reales en modelos 3D detallados. Su capacidad para generar modelos a partir de imágenes tomadas con dispositivos móviles simplifica significativamente el proceso de digitalización.

Tabla 4 1 Software Seleccionado Para la Digitalización

Selección De Software (Digitalizacion)				
Software	Cumple	Paga	Seleccionado	Descartado
Scan 3D Market	no	no		x
DEVAR	no	si		x
MagiScan	si	si		x
Agisoft Metashap	si	si		x
Polycam	si	no	x	

Fuente: Elaboración Propia 2024

• Creación de experiencias inmersivas: Assemblr resultó ser la plataforma más adecuada para diseñar y superponer elementos virtuales en los modelos 3D generados por Polycam. Esta combinación permite crear experiencias de realidad aumentada altamente personalizadas y envolventes.

Tabla 4 2 Software Seleccionado Para la Realidad Aumentada

Selección De Software (RA)				
Software	Cumple	Paga	Seleccionado	Descartado
Adobe Aero	no	no		x
Unity	no	si		x
Vuforia	no	si		x
Sayduck	no	si		x
RealityMax	si	si		x
Assmeblr	si	no	x	

Fuente: Elaboración Propia 2024

La combinación de Polycam y Assemblr ofrece una solución dual que presenta las siguientes ventajas:

• Mayor precisión y realismo: Los modelos 3D generados por Polycam son altamente detallados, lo que permite una integración más realista de los elementos virtuales creados en Assemblr.

• Flexibilidad y personalización: Ambas herramientas ofrecen una amplia gama de opciones de personalización, lo que facilita la creación de experiencias de realidad aumentada adaptadas a las necesidades específicas del proyecto.

• Eficiencia en el desarrollo: La especialización de cada software en una etapa del proceso agiliza el desarrollo de las aplicaciones de realidad aumentada.

se logró identificar una solución tecnológica eficiente para la implementación de la realidad aumentada en nuestro proyecto. La combinación de Polycam y Assemblr nos permitirá crear ambientes simulados más inmersivos y realistas, mejorando significativamente la experiencia del usuario.

4.3 Resultados de la digitalización de la frente de operaciones e incorporación de la realidad aumentada

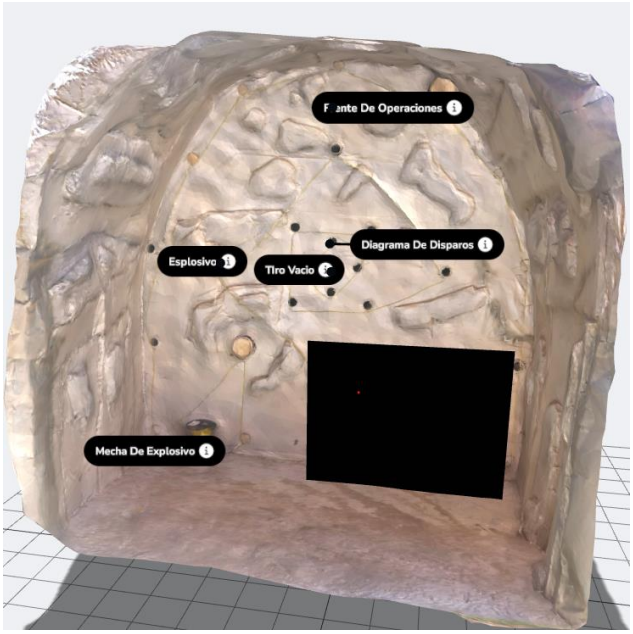
La implementación de los softwares Polycam y Assemblr permitió digitalizar de manera precisa y detallada la frente de operaciones, generando un modelo 3D de alta calidad que sirve como base para una experiencia de realidad aumentada inmersiva.

Los resultados obtenidos fueron altamente satisfactorios. El modelo de realidad aumentada generado permitió:

Visualización inmersiva: Los usuarios pueden explorar el entorno de manera interactiva, obteniendo una perspectiva tridimensional y detallada de cada elemento.

Acceso a información contextual: La integración de videos y texto proporciona información relevante sobre los partes y procedimientos, facilitando la comprensión y el aprendizaje.

Ilustración 4. 2 Incorporación de La Realidad Amentada al Ambiente Simulado



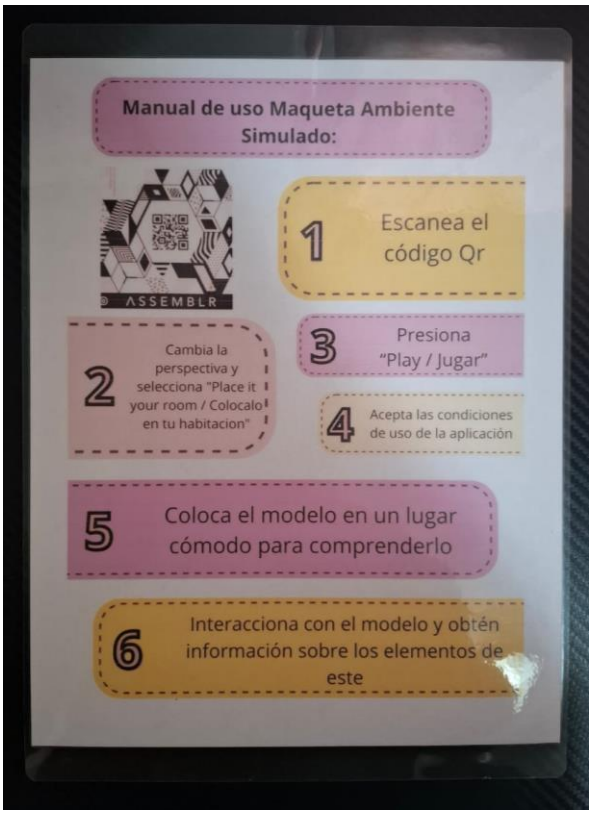
Fuente: Elaboración Propia 2024

4.4 Resultados del diseño de la Interfaz de Usuario

Con el fin de facilitar el acceso del ambiente simulado modernizado, desarrollamos un manual de usuario intuitivo y visualmente atractivo. Este recurso, diseñado en Canva, se convirtió en la llave para que nuestros usuarios exploraran de manera autónoma y efectiva nuestro entorno virtual.

La implementación de este manual de usuario representó un hito en la optimización de nuestro ambiente simulado. Los resultados obtenidos demuestran la eficacia de esta herramienta en la mejora de la experiencia del usuario, convirtiéndola en un elemento fundamental para el éxito de nuestro proyecto.

Ilustración 4. 3 Manual de uso del Modelo de Realidad Aumentada del Ambiente Simulado



Fuente: Elaboración Propia 2024

4.3.1 Interpretación de resultados de la Prueba de funcionamiento

Un estudio piloto llevado a cabo con estudiantes de Técnico en Minas reveló el considerable potencial de la Realidad Aumentada (RA) como herramienta pedagógica en la industria minera. Al permitir visualizar de manera interactiva y tridimensional conceptos complejos, la RA demostró ser eficaz para mejorar la comprensión de los estudiantes.

Los resultados del estudio arrojaron los siguientes promedios:

Interfaz intuitiva: El 85% de los estudiantes evaluó la interfaz de la RA como fácil de utilizar, lo que indica un diseño adecuado para el público objetivo.

Mayor comprensión: Los estudiantes reportaron una mejora sustancial en su comprensión de los conceptos mineros gracias a las visualizaciones proporcionadas por la RA.

Versatilidad: Un alto porcentaje de los participantes recomendó la implementación de la RA en otras disciplinas, evidenciando su potencial para aplicaciones más allá de la minería.

En conclusión, los resultados de este estudio piloto son interesante y abren nuevas perspectivas para la innovación educativa en el sector minero. La RA tiene el potencial de transformar la forma en que los estudiantes aprenden sobre minería, haciendo que el proceso sea más atractivo, eficaz.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

5.2 Conclusión

La presente investigación ha abordado la necesidad de modernizar la enseñanza en el ámbito de la minería subterránea, destacando la importancia de integrar tecnologías innovadoras como la realidad aumentada (RA) en el proceso educativo. A lo largo de esta tesis, se ha evidenciado que la formación de futuros profesionales en el sector minero requiere de métodos pedagógicos que no solo transmitan conocimientos teóricos, sino que también ofrezcan experiencias prácticas y significativas. La creación de un ambiente simulado ha permitido a los estudiantes interactuar con modelos tridimensionales, facilitando la comprensión de conceptos complejos y promoviendo un aprendizaje más dinámico.

El análisis del primer capítulo de la tesis elaborada por los estudiantes de Técnico en Minas en 2023 ha proporcionado un contexto valioso sobre la problemática específica que motivó esta investigación. Se identificaron las principales preguntas de investigación que guiaron el estudio, así como los objetivos planteados, los cuales se centraron en mejorar la experiencia de aprendizaje y la retención de conocimientos en los estudiantes. La metodología utilizada, que combinó enfoques cuantitativos y cualitativos, ha permitido obtener resultados significativos que respaldan la efectividad de la RA como herramienta pedagógica.

Los resultados obtenidos a partir de la implementación del ambiente simulado han demostrado que los estudiantes no solo han mejorado su comprensión de los conceptos mineros, sino que también han experimentado un aumento en su motivación y participación en el proceso de aprendizaje. La interacción con el modelo ha facilitado la visualización de situaciones reales en el campo de la minería, lo que ha contribuido a una formación más integral y práctica. Además, se ha observado que la utilización de tecnologías como la RA puede ser un factor determinante en la preparación de los estudiantes para enfrentar los desafíos del sector, promoviendo un aprendizaje más completo y sostenible.

En conclusión, esta tesis resalta la relevancia de adaptar las metodologías educativas a las nuevas tecnologías y la necesidad de fomentar un enfoque más práctico en la formación de profesionales en el área minera. La investigación realizada no solo aporta un modelo innovador para la enseñanza, sino que también sienta las bases para futuras investigaciones en el campo de la realidad aumentada y su aplicación en la educación técnica. Se recomienda continuar explorando y desarrollando estas iniciativas, con el fin de seguir mejorando la calidad de la educación en minería y contribuir al desarrollo de profesionales altamente capacitados y comprometidos con la sostenibilidad del sector.

5.1 Recomendaciones

Se recomienda continuar explorando y desarrollando estas tecnologías en el ámbito educativo, así como realizar investigaciones adicionales para profundizar en las aplicaciones de la RA en otros contextos de enseñanza. La modernización del ambiente simulado constituye un paso fundamental hacia la innovación en la educación técnica, preparando a los estudiantes para enfrentar los desafíos tecnológicos y las demandas de la industria minera del futuro. Los resultados de este proyecto pueden servir como base para futuras investigaciones y aplicaciones de la RA en la educación superior, contribuyendo a una formación más integral y actualizada de los profesionales del sector minero.

Bibliografía

ALEGER. (2024). *ALEGER*. Recuperado el 14 de 10 de 2024, de https://alegerglobal.com/es/realidad-aumentada/ambitos-de-aplicacion/

Assemblr. (12 de 04 de 2024). *Assemblr*. Obtenido de https://studio.assemblrworld.com/projects

Chavez, M. (2008). *Repobid*. Recuperado el 15 de 10 de 2024, de http://repobib.ubiobio.cl/jspui/handle/123456789/1841

Creations, S. a. (2024). *Smile and Learn Digital Creations*. Recuperado el 14 de 10 de 2024, de https://www.smileandlearn.com/realidad-aumentada-sus-beneficios-en-la-educacion/#:~:text=La%20realidad%20aumentada%20permite%20enfocar,los%20estudiantes%20crear%20contenido%20interactivo.

Diaz, M. R. (2024 de 12 de 2024). *https://fundacion.uocra.org/*. Obtenido de https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/salud_seg_mineria.pdf

Digital. (2024). *Digital Tranforming Industry*. Recuperado el 14 de 10 de 2024, de https://bedigital.bilbaoexhibitioncentre.com/expositor/ADVANCED-MATERIAL-SIMULATION/novedad/INTEGRACIN-DE-MODELOS-FSICOS-EN-DIGITAL-TWINS/4255/?idioma=us

ESSS. (19 de 06 de 2024). *ESSS.com*. Obtenido de https://www.esss.com/es/blog/revolucion-digital-mineria-simulacion/

Herbert, J. H. (2017). *https://minasyenergia.upm.es/*. Obtenido de https://oa.upm.es/63396/1/INTRODUCCION_MINERIA-Edicion2_LM1B1T2_R2-20180110.pdf

Herbert, J. H. (2017). *https://minasyenergia.upm.es/*. Obtenido de https://oa.upm.es/63396/1/INTRODUCCION_MINERIA-Edicion2_LM1B1T2_R2-20180110.pdf

Herbert, J. H. (2017). *Introduccion a la Mineria* . Mradid. Recuperado el 14 de 10 de 2024, de https://oa.upm.es/63396/1/INTRODUCCION_MINERIA-Edicion2_LM1B1T2_R2-20180110.pdf

Ilic, V. (2016). *Telegraia*. Recuperado el 14 de 10 de 2024, de https://www.sirenaselectronicas.com/riesgos-en-la-mineria-y-como-minimizarlos/

Linkedin. (1 de 7 de 2024). *Linkedin*. Recuperado el 15 de 10 de 2024, de https://www.linkedin.com/advice/0/youre-faced-traditional-mining-practices-modern-bi6tc?lang=es&originalSubdomain=es

Polycam. (12 de 04 de 2024). *Polycam*. Obtenido de https://poly.cam/

Salvador, C. F. (2020). *EVALUACIÓN DE AUTOMATIZACIÓN DE OPERACIONES UNITARIAS EN MINERIA SUBTERRANEA*. Santiago De Chile. Recuperado el 15 de 10 de 2024

SHOOLS, I. (2024). *INNOVA SHOOLS*. Recuperado el 14 de 10 de 2024, de https://blog.innovaschools.edu.co/la-importancia-de-la-realidad-aumentada-en-la-educacion

Vicenti, M. (8 de 5 de 2020). *Logistica*. Recuperado el 14 de 10 de 2024, de https://logistica.enfasis.com/historico/de-la-gestion-fragmentada-la-integracion-virtual-y-fisica/

WORK-ID. (2023). *WORK-ID*. Recuperado el 14 de 10 de 2024, de https://work-id.cl/practicas-en-la-industria-minera/#:~:text=Las%20pr%C3%A1cticas%20en%20la%20industria%20minera%20ofrecen%20beneficios%20significativos%3A,pueden%20ense%C3%B1ar%20en%20un%20aula.

YouTube. (12 de 04 de 2024). *You TUbe*. Obtenido de https://www.youtube.com/