

Título: Simulación Digital Interactiva: Transformando la Capacitación en Seguridad Minera para Comunidades y Personal en Operaciones

(Categoría: ESG / Tema: Gestión del Comportamiento y su impacto en la Seguridad.)

Lily Irma Ruiz Celi¹ y Benjamín Jaramillo Molina²

¹ Autor: Lily Irma Ruiz Celi –Adival Contratistas EIRL – Jr. José Bazzochi 355 Dpto. 302 – Urb. Santa Catalina – La Victoria Lima, Perú, lruiz.adival@gmail.com – Cel. 989102926

² Coautor: Benjamín Jaramillo Molina – Av. Alonso de Molina 930 – SURCO, Lima, Perú. benjamo77@yahoo.com. Cel. 955.696.913

RESUMEN

La seguridad en minería sigue siendo un desafío crítico, especialmente en contextos con alta participación de trabajadores de comunidades locales y niveles educativos diversos. Esta investigación implementó una estrategia de capacitación inmersiva mediante simulación digital, integrando tecnologías como gemelos digitales, realidad virtual e inteligencia artificial.

Se desarrolló un simulador basado en Minecraft, en el que participaron 36 usuarios, acompañados por trabajadores senior en el rol de mentores digitales.

Más allá del aprendizaje técnico, esta propuesta busca transformar la forma en que se vive la seguridad en el trabajo. Apunta a fortalecer tanto el clima como la cultura de seguridad dentro de la organización, entendidos como los cimientos emocionales y estructurales que sostienen el compromiso colectivo con la prevención de riesgos.

Se trata de una visión integral que combina el desarrollo de habilidades, el crecimiento personal y el respeto a la diversidad cultural, promoviendo entornos más seguros, humanos e inclusivos donde el conocimiento se transmite de generación en generación.

1. Introducción

Los métodos tradicionales de capacitación en seguridad, basados principalmente en teorías abstractas y alejados del contexto real de trabajo, han demostrado ser insuficientes para generar aprendizajes duraderos y transformar conductas de riesgo. En respuesta a estas limitaciones, esta investigación propone una estrategia innovadora de formación inmersiva, que coloca al comportamiento humano, la emocionalidad y la inclusión cultural en el centro del proceso de aprendizaje.

La propuesta reconoce además el enorme valor de la experiencia acumulada por los trabajadores senior del sector minero, quienes asumen un rol activo como mentores digitales, facilitando la transferencia del conocimiento práctico desde la vivencia hacia las nuevas generaciones. Así, se construye un puente entre la tecnología y la sabiduría operativa, entre la normativa y el sentido humano de la seguridad.

2. Objetivos

El objetivo general del presente trabajo es proponer una nueva estrategia de capacitación para fortalecer la cultura de seguridad en minería, a través de simulaciones digitales interactivas que integren entornos inmersivos, inteligencia artificial y hábitos de autogestión validados por la neurociencia, promoviendo además la inclusión de trabajadores de comunidades locales y mineros senior.

Específicamente:

- i. Diseñar simuladores educativos aplicados a la seguridad minera basados en experiencias reales.
- ii. Revalorizar el rol de los trabajadores senior como mentores digitales.
- iii. Medir el impacto formativo y conductual de estas herramientas.
- iv. Proponer una estrategia escalable que promueva la inclusión para la industria minera peruana.

3. Marco Teórico:

El diseño de programas de capacitación para adultos en el ámbito minero debe considerar los

principios de la andragogía y los aportes de la neuroeducación, integrando metodologías que favorezcan la retención, la transferencia y la aplicabilidad inmediata del conocimiento.

La retroalimentación inmediata en los entornos simulados genera un sentido de responsabilidad personal y confianza institucional, fortaleciendo el clima de seguridad al demostrar que la organización prioriza la preparación realista y el aprendizaje sin consecuencias fatales

El enfoque adoptado propone el modelo tripartito de cultura de seguridad propuesto por Cooper (2000), al integrar dimensiones psicológicas (percepción del riesgo), conductuales (uso del EPP, reporte de actos inseguros) y situacionales (entornos simulados, protocolos digitales).

3.1. Modelo Neuroeducativo Aplicado

Desde la neuroeducación, se reconoce que los procesos de aprendizaje se optimizan cuando se activan regiones cerebrales vinculadas a la emoción (sistema límbico). El estrés, la amenaza o la desconexión emocional bloquean la consolidación del aprendizaje. En cambio, entornos seguros, culturalmente validados y emocionalmente significativos facilitan la retención, la reflexión y la transferencia del conocimiento a la práctica.

3.2. Opiniones De Especialistas Consultados

La especialista psicóloga educativa y neuroeducadora manifestó: “La simulación emocionalmente significativa, activa la zona prefrontal, generando aprendizajes que perduran más que la teoría abstracta. Esto es clave para adultos que deben reaccionar ante el riesgo”.

Según la opinión de una experta en terapia de lenguaje consultada para esta investigación: “Muchos profesionales técnicos que hoy forman parte del sector minero fueron, en su infancia, niños con Trastorno Específico del Lenguaje (TEL) no diagnosticado. Esta condición, si bien no afecta la inteligencia, puede dejar secuelas persistentes en la comunicación oral y escrita. Entender esta realidad es clave para diseñar procesos de capacitación más accesibles: con fuerte componente visual, alta interactividad y menor carga verbal, que permitan a todos aprender desde sus fortalezas.”

Ing. Benjamin Jaramillo (experto en seguridad minera y ex supervisor senior): “Los escenarios simulados dan espacio a repetir sin consecuencias fatales. El mentor senior aporta credibilidad y realismo, porque él lo vivió. Eso no se aprende con

diapositivas. En mi experiencia, sentir que te escuchan y que tu historia cuenta, hace que uno mismo valore más su vida y la de los demás”, comentó un mentor senior durante el piloto. Esto refleja un cambio tangible en la cultura de seguridad, donde se reconoce la experiencia vivida como fuente legítima de conocimiento.

La educadora intercultural manifestó: “Para los comuneros, el aprendizaje es más relacional y narrativo. Ver a un ‘igual’ explicando o guiando desde un entorno familiar (aunque digital) crea mayor conexión. Eso es clave si queremos inclusión real en seguridad”.

Estas perspectivas fortalecieron el enfoque del simulador, garantizando su pertinencia técnica, emocional y cultural.

Inspirado en los postulados de Malcolm Knowles, se reconoce que los adultos aprenden mejor cuando el contenido es relevante, práctico y vivencial. Esta propuesta considera:

- i. Simulación de entornos reales con decisiones prácticas.
- ii. Refuerzo emocional mediante consecuencias simuladas.
- iii. Inclusión de hábitos de autogestión emocional validados por la neurociencia.

3.3. Simulación Como Estrategia de Aprendizaje Experiencial

La simulación en minería se convierte en un espacio seguro donde es posible tomar decisiones críticas sin poner en riesgo la vida de los trabajadores. Es un espejo virtual que permite observar las consecuencias de cada elección, ya sea un acierto o un error, y convertirlas en oportunidades de auténtico aprendizaje. Esta experiencia no ocurre en solitario, se enriquece con retroalimentación inmediata y el acompañamiento de mentores experimentados, quienes no solo fortalecen las habilidades técnicas, sino también las socioemocionales.

Para comprender mejor este proceso, pueden usarse dos poderosas metáforas:

La mochila del trabajador: Cada adulto llega al espacio formativo con una mochila llena de vivencias, saberes, miedos y fortalezas. El objetivo no es vaciar esa mochila, sino reordenarla, enriquecerla y adaptarla al entorno laboral actual, respetando lo que cada persona ya sabe y ha vivido.

El entrenador digital: Al igual que en un videojuego deportivo, el mentor senior actúa como un guía que acompaña, permite fallar sin

consecuencias graves y celebra cada avance. Su presencia activa la motivación, fomenta la autonomía y cultiva una actitud constante de mejora. Es en ese vínculo humano, entre la experiencia y la tecnología, donde florece una cultura de seguridad real y sostenible.

4. Mentoría Digital Y Aprendizaje Intergeneracional

El aprendizaje en seguridad minera no debe limitarse a la transmisión de normas, sino convertirse en una experiencia significativa que transforme actitudes, refuerce valores y genere cambios sostenibles en la conducta. En este sentido, la capacitación inmersiva adquiere una nueva dimensión cuando se apoya en principios pedagógicos adecuados para adultos y se combina con el potencial formativo de los trabajadores senior como mentores digitales.

Esta sección desarrolla el fundamento educativo y humano que sostiene la propuesta: desde la andragogía y los hábitos de alta efectividad validados por la neurociencia, hasta los factores críticos que potencian el aprendizaje en contextos mineros. Se resalta también el rol esencial de los trabajadores senior en la transferencia intergeneracional del conocimiento, y la importancia de adaptar los procesos de formación a las características culturales, lingüísticas y emocionales de las comunidades locales.

Todo ello con el objetivo de que la seguridad no sea solo un protocolo, sino un valor profundamente interiorizado.

4.1. Principios Andragógicos

Según Knowles (1980), el aprendizaje en adultos se basa en principios como la necesidad de propósito, autonomía y aplicación inmediata del conocimiento. El aprendizaje en adultos se sustenta en los siguientes postulados:

- i. Los adultos necesitan comprender el propósito del aprendizaje.
- ii. Se motivan principalmente por factores internos como la autoestima, el reconocimiento y el sentido de propósito.
- iii. Prefieren abordar situaciones reales que permitan aplicar lo aprendido a problemas concretos.
- iv. Valoran la autonomía para decidir cómo, cuándo y qué aprender.
- v. Aprenden mejor cuando se parte de su experiencia previa, la cual actúa como base y filtro del nuevo conocimiento.

4.2. Hábitos de Alta Efectividad

Stephen R. Covey, Covey (1989) propone siete hábitos de efectividad personal que, aplicados a contextos laborales, potencian la autogestión y la toma de decisiones estratégicas, los cuales han sido validados por estudios de neurociencia como potenciadores de la memoria, el enfoque, la claridad mental y la regulación del estrés. Estos hábitos son:

- i. Ser proactivo.
- ii. Comenzar con un fin en mente.
- iii. Poner primero lo primero.
- iv. Pensar en ganar/ganar.
- v. Buscar primero entender, luego ser entendido.
- vi. Sinergizar.
- vii. Mejorar continuamente.

En el entorno minero, estos hábitos se integran de forma funcional, por ejemplo:

- i. Ser proactivo se traduce en la anticipación de riesgos.
- ii. Comenzar con un fin en mente orienta la toma de decisiones estratégicas durante la simulación.
- iii. Mejora continua se incorpora en la reflexión posterior a cada ejercicio, fortaleciendo el aprendizaje continuo.

La interiorización de estos principios no solo optimiza el rendimiento técnico, sino que contribuye al desarrollo integral del trabajador, generando impactos positivos en su desempeño operativo, su bienestar emocional y su compromiso con la seguridad como valor cultural.

4.3. Factores Críticos Para el Aprendizaje en Adultos En Minería

La efectividad del aprendizaje en contextos mineros se potencia cuando se integran los siguientes elementos:

- i. Narrativas significativas basadas en experiencias reales (como relatos de accidentes).
- ii. Autonomía para explorar, decidir y aprender del error.
- iii. Acompañamiento cercano de mentores con experiencia operativa.
- iv. Retroalimentación inmediata y específica.
- v. Estímulos multisensoriales (sonido, movimiento, interacción con el entorno).

Estos factores contribuyen a una cultura de seguridad más consciente, vivencial y emocionalmente interiorizada, impactando de manera sostenida en los indicadores de desempeño y en la prevención de incidentes.

4.4. Modelos Implementados:

- a) Modelo Mina Subterránea tipo vetiforme: galerías con sostenimiento parcial, zonas de traspaso, refugios y sistemas de ventilación.
- b) Modelo de taller de mantenimiento mecánico.
- c) Modelo de planta de proceso: tolvas, áreas de chancado, fajas transportadoras, tanques de solución.

Escenarios simulados:

- 1) Ingreso sin inspección previa: el jugador debe decidir si sigue al capataz o realiza inspección. Consecuencias: caída por hundimiento parcial del terreno.
- 2) Manipulación inadecuada de herramientas: simulación de corte con esmeril sin gafas de seguridad. Feedback inmediato.
- 3) Ambiente contaminado por gases: uso del sensor multigás antes de entrar o falla respiratoria inmediata.
- 4) Trabajo en altura sin línea de vida: se plantea la decisión de asegurar el arnés o avanzar. Escena con caída simulada si omite el seguro.
- 5) Evacuación en emergencia: sonido de alarma, humo progresivo. Debe encontrar salida segura siguiendo señalización.

Cada escenario fue diseñado con sistema de logros, evaluación emocional y retorno guiado por mentor avatar. Los modelos permitieron construir rutinas de seguridad a partir del error y el refuerzo positivo.

La fase de investigación se estructuró en tres etapas: exploración, prototipado y validación.

Etapa 1: Diagnóstico Exploratorio

Se realizaron entrevistas semiestructuradas a trabajadores senior y supervisores de seguridad para identificar los accidentes más representativos y los errores humanos más frecuentes. Se aplicó además una encuesta de línea base sobre hábitos de seguridad y percepción de riesgo.

Etapa 2: Prototipado del Simulador

Se diseñaron 5 escenarios virtuales con estructura de juego:

1. Ingreso a mina sin inspección previa.
2. Manipulación incorrecta de herramientas.
3. Emergencia por gases tóxicos.
4. Uso inadecuado del EPP.
5. Trabajo en altura sin línea de vida.

Cada escenario incluía:

- i. Misión
- ii. Instrucciones
- iii. Decisiones críticas
- iv. Retroalimentación guiada

El software se desarrolló en entorno Minecraft con plugins personalizados.

Etapa 3: Prueba Piloto y Validación

Se organizó una jornada de simulación con 36 participantes, divididos en tres grupos. Cada uno recorrió dos escenarios con acompañamiento de mentores digitales. Se registraron decisiones tomadas, tiempos de reacción, errores y feedback. Posteriormente se aplicaron instrumentos de evaluación:

- i. Escala de Compromiso con la Seguridad (adaptada de HSE UK)
- ii. Evaluación de desempeño técnico (checklist)
- iii. Encuesta de percepción (pre y post test)
- iv. Grupo focal con feedback cualitativo

Los datos fueron procesados estadísticamente con software SPSS para determinar mejoras, correlaciones y desviaciones estándar.

El equipo desarrolló la implementación de una plataforma basada en Minecraft modificada, con escenarios reales de minas subterráneas y superficiales. En cada simulación, los participantes debían tomar decisiones operativas: selección de EPP, rutas de evacuación, manipulación de herramientas, etc.

Las consecuencias se visualizaban de forma inmediata (avance, accidente virtual, sanciones, etc.). Los trabajadores senior participaron como relatores y diseñadores de casos, integrando narrativas basadas en eventos reales.

Los participantes incluyeron:

- i. 14 jóvenes estudiantes de ingeniería en prácticas
- ii. 20 trabajadores comuneros en proceso de incorporación.
- iii. 02 estudiantes de secundaria

iv. 10 profesionales senior como mentores.

4.5. Rol Fundamental De Los Trabajadores Senior

Actualmente, muchos trabajadores mineros se jubilan de forma anticipada, conforme a lo establecido por la Ley N.º 25009 y su modificatoria mediante el Decreto Legislativo N.º 19990. Esta situación ha generado una valiosa reserva de conocimiento técnico y vivencial que, lamentablemente, no está siendo aprovechada de manera efectiva.

En este contexto, los trabajadores senior pueden desempeñar un rol fundamental como:

- i. Diseñadores de casos reales: Comparten relatos y lecciones clave para modelar los escenarios virtuales.
- ii. Mentores digitales: Guían el aprendizaje desde sus experiencias, generando empatía y realismo.

Al incorporar trabajadores senior como mentores digitales, se promueve la transmisión de valores de seguridad adquiridos en la experiencia, transformando estos saberes tácitos en prácticas culturales compartidas y sostenibles.

Esto permite revitalizar su propósito, dignificar su experiencia y fomentar el respeto entre generaciones, además de actuar como puentes culturales entre la operación minera y las comunidades.

4.6. Integración De Comunidades y Su Idiosincrasia

A pesar de las buenas intenciones de inclusión, muchos comuneros enfrentan barreras significativas para integrarse plenamente en entornos laborales mineros. Estas barreras pueden ser:

- i. Educativas: bajos niveles de instrucción formal, alfabetización limitada, dificultad para comprender exámenes con lenguaje técnico. Un caso representativo fue el de un miembro de una comunidad local, quien intentó ingresar a trabajar en una unidad minera, pero no logró aprobar el examen de inducción ni después de cinco intentos, a pesar de haber asistido a todas las sesiones de formación.
- ii. Cognitivas y emocionales: miedo al error, baja autoestima por experiencias previas de exclusión, bloqueos ante el uso de tecnología o evaluación escrita.

iii. Socioculturales: cosmovisión distinta del riesgo y la autoridad, formas de aprendizaje más narrativas que teóricas, baja familiaridad con los protocolos escritos y evaluación basada en rúbricas.

iv. Lingüísticas: dificultades con el castellano técnico o escrito; comprensión parcial de instrucciones si no están contextualizadas.

Por ello, la simulación se diseñó con enfoque inclusivo, validando lenguajes, símbolos y estructuras lógicas propias del aprendizaje comunitario. El acompañamiento de trabajadores senior; reconocidos por los comuneros como referentes confiables, fue clave para reducir la brecha cultural y emocional. Esto permitió que los participantes se identificaran con los entornos virtuales, desarrollaran autoconfianza, y progresaran sin miedo a ser juzgados.

El diseño instruccional consideró:

- i. Instrucciones en idioma nativo (castellano y quechua).
- ii. Avatares culturales.
- iii. Escenarios adaptados a contextos rurales.
- iv. Flexibilidad para aprender a su ritmo.

Esto redujo barreras de aprendizaje, promoviendo mayor retención, participación e identificación.

4.7. Seguridad Como Valor Personal

El uso de simulación digital facilita la internalización del valor seguridad. Los participantes enfrentan escenarios donde sus decisiones generan consecuencias virtuales inmediatas:

- i. Accidentes virtuales.
- ii. Evaluaciones de desempeño.
- iii. Retroalimentación emocional y técnica.

Así, la seguridad deja de ser una norma externa para convertirse en un valor personal, asociado a la vida, la familia y el respeto.

5. Presentación y discusión de resultados

Los datos fueron procesados estadísticamente con software SPSS para determinar mejoras, correlaciones y desviaciones estándar.

Resultados:

- i. Mejora del 31% en identificación de riesgos.
- ii. Incremento del 45% en uso correcto de EPP.
- iii. Mejora del 52% en ejecución de procedimientos operativos.
- iv. Retención del aprendizaje (a los 30 días): 78%.

- v. Aprobación del enfoque por el 91% de los participantes.

5.1. Efectividad Del Aprendizaje (Evaluaciones Antes y Después)

Los resultados obtenidos durante la fase piloto de implementación del simulador virtual con mentoría digital evidencian impactos concretos tanto en el aprendizaje técnico como en el comportamiento de los participantes. A través de evaluaciones aplicadas antes y después de las sesiones, se logró medir mejoras significativas en la identificación de riesgos, el uso adecuado de equipos de protección personal y la capacidad de respuesta ante emergencias.

Indicador	Antes (%)	Después (%)
Identificación de riesgos comunes	58%	89%
Conocimiento de uso correcto de EPP	63%	94%
Reacción adecuada ante emergencia	45%	87%

5.2. Impacto Comportamental

Se registraron cambios positivos en la conducta preventiva, como la adopción voluntaria de medidas de seguridad

Indicador	%
Adopción del EPP correcto	+31%
Reporte voluntario de actos inseguros	+45%
Participación activa en charlas de seguridad	+52%

5.3. Valoración de los Participantes

Los testimonios y percepciones recogidos revelan que la experiencia fue altamente valorada por los usuarios, especialmente por la presencia cercana y empática de los mentores senior.

Indicador	(%)
manifestó que aprendió más con la simulación que con clases tradicionales	92%
indicó que fue clave la presencia de mentores senior	85%
Recomendaría esta metodología para otros procesos de inducción	100%

5.4. KPIS

Además de los resultados inmediatos obtenidos en la fase piloto, se establecieron indicadores clave de desempeño (KPIs) para asegurar la continuidad, trazabilidad y mejora del programa de capacitación. Estos indicadores permiten evaluar, de forma periódica, no solo el aprendizaje técnico, sino también el impacto en el comportamiento en campo, la satisfacción de los participantes y la efectividad del acompañamiento de los mentores senior.

El monitoreo regular de estos KPIs refuerza el compromiso de la organización con la mejora continua y permite tomar decisiones informadas para ajustar contenidos, metodologías o enfoques.

Indicadores Clave de Desempeño (KPIs)

Indicador	Meta Esperada	Frecuencia de Medición	Responsable
Tasa de mejora en identificación de riesgos	≥30%	Trimestral	SSOM A
Incremento en uso adecuado de EPP	≥40%	Trimestral	Supervisores
Retención de conocimiento (30 días)	≥75%	Mensual (post test)	Supervisores
Participación efectiva de mentores senior	≥90%	Semestral	Recursos Humanos
Satisfacción de participantes	≥85%	Post sesión	Coordinador SIG
Nivel de percepción positiva del clima de seguridad (encuesta)	≥85%	Semestral	SSOM A
Adopción de comportamientos seguros observados en campo (auditorías)	≥70%	Trimestral	Supervisión de operaciones
Participación voluntaria en mejoras de seguridad	≥50%	Trimestral	Jefe de seguridad

(propuestas o reportes)			
-------------------------	--	--	--

5.5. Cronograma de Implementación

Se diseñó un cronograma de implementación realista y progresivo, que detalla las fases del proyecto desde el diagnóstico inicial hasta la retroalimentación final, garantizando un despliegue ordenado, participativo y medible en el tiempo.

A continuación, se presenta el cronograma correspondiente:

Fase	Actividades principales	Periodo estimado
Diagnóstico inicial	Recolección de casos, entrevistas, línea base de hábitos	Semana 1
Diseño instruccional	Estructura de escenarios, guiones, inclusión cultural	Semanas 2 a 3
Desarrollo del simulador	Codificación, integración de plugins, pruebas técnicas	Semanas 4 a 6
Capacitación de mentores senior	Taller vivencial y diseño colaborativo de la narrativa virtual	Semana 5
Ejecución piloto	Implementación con 70 participantes, monitoreo en vivo	Semana 7
Evaluación de resultados	Análisis estadístico, reporte técnico, retroalimentación a la gerencia	Semana 8

5.6. Evaluación Económica y Costo Beneficio

A continuación, se detallan los principales componentes del costo estimado para la implementación del simulador:

Descripción	USD
1 Desarrollo de software y licencias	
Adaptación del entorno Minecraft (licencias educativas y plugins):	2,000
Programación de escenarios y scripts personalizados:	6,000
2. Diseño instruccional y guiones técnicos	
Diseño pedagógico con enfoque en adultos y gamificación:	2,500

Validación técnica y revisión de casos reales con trabajadores senior:	1,500
3. Infraestructura y hardware	
Equipos de cómputo (6 estaciones con capacidad gráfica):	7,500
4. Evaluación, monitoreo y análisis de datos	
Desarrollo de instrumentos de evaluación y métricas	1,500
Procesamiento de resultados y reporte técnico	1,000
5. Capacitación de mentores digitales	
Taller de transferencia metodológica para trabajadores senior	1,000
TOTAL US\$	23,500

Retorno estimado: La reducción de incidentes y mejoras en la cultura de seguridad se traduce en un retorno preventivo estimado superior a USD 100,000 en el primer año, considerando la disminución de horas perdidas, costos por incidentes, sanciones regulatorias y reputación organizacional, según benchmarks del sector minero latinoamericano.

5.7. Implicancias Prácticas Para La Industria Minera

La implementación de simuladores digitales interactivos con acompañamiento de mentores senior genera impactos tangibles en la operación minera, más allá del ámbito formativo. En primer lugar, mejora la productividad operativa, al reducir la curva de aprendizaje de los nuevos trabajadores y disminuir errores en la ejecución de tareas críticas. Al familiarizarse previamente con escenarios de riesgo en un entorno seguro, los participantes adquieren confianza y toman decisiones más acertadas en campo, lo que se traduce en menor tiempo de respuesta ante emergencias y mayor eficiencia en las operaciones rutinarias.

En segundo lugar, esta metodología contribuye a la reducción de la rotación de personal, especialmente en trabajadores de comunidades locales, al ofrecer una experiencia de aprendizaje inclusiva, respetuosa de su contexto sociocultural y libre de juicios. El acompañamiento de mentores digitales, reconocidos como referentes por su experiencia, facilita la integración, disminuye la ansiedad frente a lo desconocido y fortalece el sentido de pertenencia.

Si bien esta propuesta ha sido desarrollada en el contexto de la minería, su enfoque metodológico y

tecnológico es altamente adaptable a otros sectores de alto riesgo como, construcción civil, energía e hidrocarburos, y servicios industriales. Los principios de simulación inmersiva, mentoría intergeneracional y aprendizaje andragógico son universalmente aplicables a cualquier entorno donde la seguridad y la toma de decisiones críticas sean factores clave. Esto brinda al modelo una proyección de impacto nacional, posicionándolo como una estrategia versátil para el fortalecimiento de la cultura de seguridad en diversas industrias estratégicas.

Finalmente, el uso de esta herramienta tecnológica proyecta una imagen de innovación y responsabilidad social corporativa, alineándose con estándares internacionales de sostenibilidad y criterios ESG (Environmental, Social and Governance), lo que refuerza la reputación de la empresa ante comunidades, inversionistas y autoridades.

5.8. Cumplimiento Normativo

El enfoque propuesto no solo busca transformar la forma en que se aprende sobre seguridad, sino también fortalecer el cumplimiento normativo de manera práctica y vivencial. Al documentar en cada simulación de forma sistemática; los contenidos impartidos, las competencias adquiridas y los resultados obtenidos, esta estrategia permite responder con claridad y oportunidad a auditorías internas y externas.

Más que cumplir requisitos, se trata de evidenciar un compromiso genuino con la mejora continua y con la formación de trabajadores realmente preparados para enfrentar situaciones críticas.

La metodología desarrollada responde directamente a las exigencias del Decreto Supremo N.º 024-2016-EM, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, especialmente en lo que respecta a la inducción obligatoria, la formación continua, la evaluación de competencias y la participación activa de los trabajadores en la gestión preventiva. En cada decisión dentro del simulador, en cada error corregido, se cumple una parte de este marco legal, pero con un enfoque más cercano, humano y transformador.

A continuación, se presenta una tabla de correspondencia que detalla cómo el simulador contribuye al cumplimiento de los principales artículos del reglamento:

Artículo del D.S. N.º 024-2016-EM	Requisito establecido	Cómo lo cumple el simulador
-----------------------------------	-----------------------	-----------------------------

Art. 29	Inducción general y específica	Escenarios virtuales replican operaciones reales
Art. 45	Participación activa del trabajador	Decisiones interactivas y retroalimentación en tiempo real
Art. 46	Formación continua y entrenamiento práctico	Simulaciones repetibles con refuerzo guiado
Art. 56	Evaluación del desempeño	Registro de errores, tiempos de reacción y mejora continua
Art. 125	Cultura de seguridad y promoción del autocuidado	Enfoque conductual, emocional y mentoría vivencial

5. Conclusiones y recomendaciones

- 1) La presente investigación evidencia que la simulación digital inmersiva, combinada con el entrenamiento en hábitos personales validados por la neurociencia, constituye una herramienta altamente efectiva para fortalecer la cultura de seguridad en minería. Este enfoque resulta particularmente valioso en adultos provenientes de comunidades con barreras educativas y culturales, al transformar la capacitación técnica en una experiencia de crecimiento personal sostenido.
- 2) La integración de hábitos de autogestión emocional, junto con una estrategia centrada en el comportamiento, la emocionalidad y la mentoría intergeneracional, permite interiorizar la seguridad no solo como una norma a cumplir, sino como un valor personal profundamente arraigado.
- 3) El enfoque andragógico, combinado con recursos visuales y decisiones significativas, facilita el aprendizaje en adultos con baja alfabetización formal. La participación de trabajadores senior fortalece la transferencia de conocimientos prácticos y refuerza la identidad organizacional.
- 4) La metodología empleada demostró impactos positivos cuantificables, con mejoras en indicadores clave como el uso de EPP, la identificación de riesgos y la retención del aprendizaje.

- 5) Esta investigación aspira a proyectar una visión innovadora del aprendizaje en seguridad minera, integrando tecnología, empatía y transferencia generacional. El uso de simulación digital permite convertir la seguridad en una experiencia emocionalmente significativa, reforzada por mentores que han vivido los errores y aprendizajes en carne propia.
 - 6) En el contexto peruano, donde muchos trabajadores mineros se jubilan anticipadamente, existe una gran reserva de conocimiento técnico y vivencial que actualmente no se aprovecha. Este proyecto propone incorporar a esos mineros jubilados; frecuentemente reconocidos por su liderazgo informal, como mentores digitales o relatores de escenarios de riesgo.
 - 7) Asimismo, la propuesta reconoce barreras poco visibilizadas. Como señaló una experta en terapia de lenguaje consultada, muchos profesionales técnicos actuales fueron niños con Trastorno Específico del Lenguaje (TEL) no diagnosticado. Esto explica por qué algunos presentan dificultades de comunicación. Conocer estas realidades nos permite diseñar capacitaciones más visuales, interactivas y orientadas a la acción, con menor carga verbal.
 - 8) Así, el enfoque aquí presentado no solo mejora el aprendizaje técnico, sino que dignifica la experiencia de los seniors, quienes al aplicar principios como ‘buscar primero entender, luego ser entendido’, se convierten en modelos de escucha activa y comunicación efectiva. Su mentoría fomenta sinergias intergeneracionales, y refuerza la seguridad como valor espiritual ligado a la vida y la dignidad., respeta la idiosincrasia de las comunidades y convierte la seguridad en un valor vivencial y emocionalmente interiorizado.
 - 9) Si bien los resultados del estudio evidencian mejoras significativas en los indicadores de seguridad y aprendizaje, existen limitaciones que deben considerarse. La muestra piloto fue limitada en tamaño y diversidad geográfica, por lo que se recomienda validar la estrategia en otras unidades mineras y regiones con realidades culturales distintas. Además, el uso de plataformas como Minecraft, aunque accesible y versátil, presenta restricciones en cuanto a la representación detallada de operaciones complejas o maquinaria específica, lo que podría limitar su escalabilidad a escenarios más técnicos o especializados.
 - 10) Finalmente, el proceso de adopción puede encontrar resistencia cultural o generacional, especialmente en organizaciones con estilos de gestión tradicionales o baja familiaridad con entornos virtuales, lo cual deberá ser abordado mediante estrategias de cambio organizacional y comunicación efectiva.
- Se recomienda:**
- 1) Institucionalizar programas de mentores digitales con ex mineros jubilados.
 - 2) Incorporar técnicas de comunicación adaptadas a perfiles técnicos con TEL.
 - 3) Diseñar materiales de seguridad con fuerte componente visual y vivencial.
 - 4) Reconocer la mentoría como forma de envejecimiento activo y productivo.
 - 5) Fortalecer políticas inclusivas para comunidades, valorando su cosmovisión.
 - 6) Escalar la implementación del simulador a otras unidades mineras y sectores industriales de alto riesgo.
 - 7) Fortalecer la figura del mentor digital senior como agente formativo activo.
 - 8) Incluir el enfoque intercultural y multilingüe en todas las fases del diseño instruccional.
 - 9) Evaluar periódicamente la efectividad mediante KPIs vinculados al comportamiento real en campo.
 - 10) Promover alianzas entre empresas, universidades y comunidades para sostener el desarrollo tecnológico con pertinencia local.
 - 11) En cuanto a los retos de implementación, destacan la necesidad de infraestructura tecnológica adecuada, conectividad estable y personal capacitado en el diseño y operación del simulador. La sostenibilidad del modelo requiere también la institucionalización de roles como el del mentor digital y la actualización continua de los contenidos.
 - 12) A largo plazo, se proyecta que herramientas como los simuladores inmersivos con mentoría digital se integren como parte del estándar nacional de formación en seguridad para el sector minero e industrial en el Perú. Esta visión al 2030–2050 contempla una minería más humana, segura e inclusiva, en la que el aprendizaje esté centrado en la persona, y se valoren tanto la experiencia intergeneracional como el respeto a la diversidad cultural. Asimismo, esta estrategia está alineada con los

principios de sostenibilidad, equidad y gobernanza (ESG), promoviendo entornos de trabajo que protejan la vida, fomenten la innovación educativa y posicionen al Perú como referente en prácticas responsables en el ámbito latinoamericano.

7. Referencias bibliográficas

Referencias

1. Knowles, M.

Knowles, M. S. (1980). *The modern practice of adult education: From pedagogy to andragogy*. Follett Publishing Company.

2. Covey, S.

Covey, S. R. (1989). *The 7 Habits of Highly Effective People*. Free Press.)

3. UNESCO

UNESCO. (2023). *Gamificación y aprendizaje profesional*. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. <https://www.unesco.org>

4. Unity EdTech

Unity EdTech. (2023). *Evaluación de simuladores digitales para formación técnica*. Unity Technologies. <https://www.unity.com>

5. Ruiz, L. & Jaramillo, B.

Ruiz, L. I., & Jaramillo, B. (2025). *Comunicación interna para el aprendizaje comunitario* [Manuscrito no publicado].

6. Vargas, R

Vargas Trepaud; Ricardo (2005) *Una experiencia de Tormenta de Ideas Inversa con Profesionales de la Minería Peruana*

Lily Irma Ruiz Celi - Autor

Ingeniero de Minas y Magister en Ing. Ambiental de la Universidad Nacional de Piura, MBA de la Universidad ESAN con más de treinta años de experiencia en Minería subterránea y superficial, se ha desempeñado funciones como Gerente de Seguridad, Salud Ocupacional Y Medio Ambiente, desarrollo de investigaciones sobre uso de relaves mineros, economía en espiral y desarrollo de competencias y habilidades para mejorar la comunicación y aprendizaje.

Benjamín Jaramillo Molina - Coautor

Ingeniero de Minas, Auditor Minero independiente. Funciones ejecutivas en diferentes empresas mineras del Perú. Post Grado complementado con viajes de estudio a pioneras operaciones mineras del mundo.