

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**  
**ESCUELA DE POSGRADO**



**Modelo ProLab: VR-SAFE, Modelo de Negocio orientado a Reducir el Índice de Accidentes en Minería a través de un Servicio Integral de Capacitación y Entrenamiento Inmersivo**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE EMPRESAS OTORGADO POR LA PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**QUE PRESENTA:**

Joseph, Chancasanampa Mandujano

Alan Willer, Perez Llamos

Rene Carlos, Rojas Velásquez

César Augusto, Torres Seminario

**ASESOR**

Oscar Alberto Uribe Laines

**Surco, junio 2024**

### Declaración Jurada de autenticidad


Yo, Oscar Alberto Uribe Laines, docente de la Facultad de la Escuela de Negocios Centrum PUCP de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis de investigación titulado: VR-SAFE, Modelo de Negocio orientado a Reducir el Índice de Accidentes en Minería a través de un Servicio Integral de Capacitación y Entrenamiento Inmersivo, de los autores:

- Joseph, Chancasanampa Mandujano, DNI: 41148906
- Alan Willer, Perez Llamas, DNI: 10750719
- Rene Carlos, Rojas Velásquez, DNI: 29727760
- César Augusto, Torres Seminario, DNI: 72750390

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 20%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 19/05/2024.
- He revisado con detalle dicho reporte y confirmo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio alguno.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 19 de mayo de 2024

Apellidos y nombres del asesor: Uribe Laines, Oscar Alberto	
DNI: 10487319	Firma 
ORCID: 0000-0001-9689-5213	

## **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, a mi padre César que ha sido un ejemplo y referente de vida, a mi madre Sary por sus enseñanzas y amor incondicional, y a mi esposa Lucero por ser mi inspiración y motivación diaria para alcanzar mis metas.

**César Torres**

Quiero Agradecer primero a Dios, a mis padres que es la razón de mi profesionalismo y mi padre que me guía desde el cielo, así mismo a mi esposa y mis hijos que son la razón de mis logros y me dan la fuerza para seguir adelante, también quiero agradecer a mis docentes, a mis compañeros y la casa de estudios por toda la exigencia y el cumplimiento de las metas.

**Joseph Chancasanampa**

Agradezco a Dios, a mi esposa y mis padres quienes son las personas más importantes en mi vida por quienes he aprendido a seguir los sueños y los retos planteados, de esta manera dándole razón a mi vida y a mis hijas que son la razón para seguir siempre adelante ya que por ellas es lo que somos y lo que perseguimos en este camino de la vida donde siempre nos esforzamos para ser siempre los mejores ejemplos para ellos.

**Rene Rojas**

Agradezco a Dios, ante todo por su guía y fortaleza que me brinda para seguir adelante, a mis padres por sus enseñanzas de vida, amor, comprensión y apoyo incondicional y finalmente a Joseph, Cesar, y Rene por brindarme su mano solidaria que me ha permitido cerrar una nueva etapa en mi vida.

**Alan Perez**

## **Dedicatoria**

La presente Tesis está dedicada a Dios, a nuestras familias y a nuestros compañeros de clase, ya que cada uno de ellos aportó significativamente en el logro de cumplir con nuestros objetivos ya que siempre estuvieron a nuestro lado apoyándonos y aconsejándonos para hacer de nosotros mejores personas, así mismo a todos los profesionales de la Minera Volcan quienes nos dieron las pautas para seguir adelante con este proyecto y nos acompañan con el objetivo de hacer de la minería un lugar con trabajadores mejor capacitados y más seguros.



## Resumen Ejecutivo

La presente investigación se centra en la problemática de los altos índices de accidentes laborales al que está expuesto el personal minero entre 18 y 65 años que labora en las grandes, medianas y pequeñas empresas de la minería formal en Perú. Mediante entrevistas se identificaron diferentes patrones de comportamiento y las necesidades del usuario, el cual considera que las capacitaciones brindadas en temas de seguridad han ayudado a reducir la tasa, pero aún tienen debilidades y estas pueden mejorar para ser más efectivas sobre todo en el personal que lleva a cabo trabajos de alto riesgo.

La solución planteada es un servicio especializado e innovador que mediante el uso integrado de herramientas tecnológicas se centran en mejorar el comportamiento, conocimiento y actitud del trabajador, permitiéndole experimentar simulaciones reales y peligrosas de su entorno de trabajo, y así puedan comprender mejor los riesgos y procedimientos de manera efectiva. Además del uso de la Realidad Virtual (RV) como experiencia inmersiva, se incorpora la Inteligencia Artificial, específicamente en el campo de Visión por Computador, el cual ayudará en la identificación automatizada de peligros y riesgos durante el entrenamiento y la ejecución de trabajos, mejorando la toma de decisiones. El modelo de negocio aparte de ofrecer un servicio de aprendizaje innovador a las empresas mineras y contratistas comprometidas con la seguridad, busca a la vez cumplir con las normas de capacitación y entrenamiento exigidas por el gobierno, mientras que la escalabilidad del negocio se logrará hacia diferentes sectores y regiones.

Según el análisis financiero se requiere de una inversión inicial de S/ 564,170.00 Soles para la consolidación y expansión de la empresa, además dentro de los indicadores claves usados arroja como Valor Actual Neto (VAN) el monto de S/ 5'352,774.00 Soles, un VAN social de S/ 13'609,513.23 Soles y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 121.02%, concluyendo que el negocio es viable y rentable.

## Abstract

The present investigation focuses on the problem of the high rates of occupational accidents to which mining personnel between 18 and 65 years old who work in large, medium and small formal mining companies in Peru are exposed. Through interviews, different behavior patterns and user needs were identified. The user considers that the training provided on safety issues has helped to reduce the rate, but it still has weaknesses and these can be improved to be more effective, especially for personnel who carry out high-risk work.

The solution proposed is a specialized and innovative service that, through the integrated use of technological tools, focuses on improving the behavior, knowledge and attitude of the worker, allowing him to experience real and dangerous simulations of their work environment, so to better understand the risks and procedures in an effective way. In addition to the use of Virtual Reality (VR) as an immersive experience, Artificial Intelligence is incorporated, specifically in the field of Computer Vision, which will help in the automated identification of hazards and risks during training and work execution, improving decision making. The business model, apart from offering an innovative learning service to mining companies and contractors committed to safety, also seeks to comply with the training standards required by the government, while scalability will be achieved of the business model to different sectors and regions.

According to the financial analysis, an initial investment of S/ 564,170.00 Soles is required for the consolidation and expansion of the company. In addition, within the key indicators used, the Net Present Value (NPV) gives us the amount of S/ 5'352,774.00 Soles, a social NPV of S/. 13'609,513.23 Soles and an Internal Rate of Return (IRR) of 121.02%, concluding that the business is viable and profitable.

## Tabla de Contenido

<b>Lista de Tablas .....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>xii</b>
<b>Capítulo I. Definición del Problema.....</b>	<b>1</b>
1.1 Contexto del Problema a Resolver.....	1
1.2 Presentación del Problema a Resolver.....	3
1.3 Sustento de la Complejidad y Relevancia del Problema a Resolver .....	8
1.3.1 Complejidad del Problema .....	8
1.3.2 Relevancia del Problema.....	10
1.4 Resumen.....	14
<b>Capítulo II. Análisis del Mercado.....</b>	<b>15</b>
2.1 Descripción del Mercado o Industria.....	15
2.2 Análisis Competitivo Detallado.....	17
2.3 Resumen.....	22
<b>Capítulo III. Investigación del Usuario.....</b>	<b>23</b>
3.1 Perfil del Usuario .....	23
3.2 Mapa de Experiencia de Usuario .....	25
3.3 Identificación de la Necesidad a Resolver para el Usuario .....	28
3.4 Resumen.....	30
<b>Capítulo IV. Diseño del Producto o Servicio .....</b>	<b>31</b>
4.1 Concepción del Producto o Servicio.....	31
4.2 Desarrollo de la Narrativa.....	37
4.3 Carácter Innovador del Producto o Servicio.....	39
4.4 Propuesta de Valor.....	41
4.5 Producto Mínimo Viable (PMV) .....	44

4.6 Resumen.....	52
<b>Capítulo V. Modelo de Negocio .....</b>	<b>53</b>
5.1 Lienzo del Modelo de Negocio.....	53
5.2 Viabilidad del Modelo de Negocio .....	58
5.3 Escalabilidad/Exponencialidad del Modelo de Negocio .....	58
5.4 Resumen.....	59
<b>Capítulo VI. Solución Deseable, Factible y Viable.....</b>	<b>61</b>
6.1 Validación de la Deseabilidad de la Solución .....	61
6.1.1 Hipótesis para Validar la Deseabilidad de la Solución .....	61
6.1.2 Experimentos para Validar la Deseabilidad de la Solución .....	62
6.2 Validación de la Factibilidad de la Solución .....	70
6.2.1 Plan de Mercadeo .....	70
6.2.3 Plan de Operaciones .....	86
6.2.3 Simulación para Validar la Factibilidad del Proyecto.....	91
6.3 Validación de la Viabilidad de la Solución.....	92
6.3.1 Presupuesto de Inversión .....	92
6.3.2 Análisis Financiero.....	93
6.3.3 Empleo de Simulaciones para la Validación de la Hipótesis .....	96
6.4 Resumen.....	98
<b>Capítulo VII. Solución Sostenible.....</b>	<b>100</b>
7.1 Relevancia Social de la Solución.....	100
7.2 Rentabilidad Social de la Solución .....	101
7.2.1 Definición del VAN Social .....	103
7.2.2 Cálculo del VAN Social.....	103
7.2.3 Identificación de Beneficios y Costos Sociales.....	104

7.2.4 Cálculo del VAN Social de VR-SAFE .....	105
7.2.5 Limitaciones del VAN Social .....	106
7.2.6 Conclusiones de la Solución Sostenible.....	106
7.3 Resumen.....	107
<b>Capítulo VIII. Decisión e Implementación .....</b>	<b>108</b>
8.1 Plan de Implementación y Equipo de Trabajo.....	108
8.2 Conclusiones.....	112
8.3 Recomendaciones .....	114
8.4 Resumen.....	115
<b>Referencias.....</b>	<b>116</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>119</b>
<b>Apéndice A: Formatos de Entrevistas.....</b>	<b>119</b>
<b>Apéndice B: Repositorio de Entrevistas .....</b>	<b>119</b>
<b>Apéndice C: Lienzos .....</b>	<b>119</b>
<b>Apéndice D: Información Financiera.....</b>	<b>119</b>
<b>Apéndice E: Producto Mínimo Viable .....</b>	<b>119</b>
<b>Apéndice F: Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible Impactadas .....</b>	<b>120</b>
<b>Apéndice G: Información de los Entrevistados según Categoría y Patrones de Comportamiento .....</b>	<b>121</b>

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Estadísticas sobre la Seguridad en Minería del 2013-2022</i> .....	5
<b>Tabla 2</b> <i>Cantidad de Muertes Causadas por la Minería del 2013-2022</i> .....	5
<b>Tabla 3</b> <i>Accidentes Mortales en el Sector Minero</i> .....	12
<b>Tabla 4</b> <i>Promedio de Empresas en el Sector Privado por Tamaño y Actividad Económica</i> <i>2022</i> .....	17
<b>Tabla 5</b> <i>Alternativas Existentes en el Mercado de Capacitación</i> .....	19
<b>Tabla 6</b> <i>Análisis de brechas de cada solución de la competencia</i> .....	20
<b>Tabla 7</b> <i>Entrevistas para Definir el Perfil de Usuario</i> .....	24
<b>Tabla 8</b> <i>Matriz Costo / Impacto</i> .....	36
<b>Tabla 9</b> <i>Capacitación y entrenamiento en minería</i> .....	40
<b>Tabla 10</b> <i>Efectividad en Capacitaciones con RV versus Métodos de Capacitación</i> <i>Tradicional</i> .....	43
<b>Tabla 11</b> <i>Hipótesis H1 - Cuestionario</i> .....	63
<b>Tabla 12</b> <i>Elementos preparativos H1</i> .....	64
<b>Tabla 13</b> <i>Resultados del cuestionario - H1</i> .....	64
<b>Tabla 14</b> <i>Hipótesis H2 - Cuestionario</i> .....	65
<b>Tabla 15</b> <i>Elementos preparativos H2</i> .....	66
<b>Tabla 16</b> <i>Resultados del cuestionario –H2</i> .....	67
<b>Tabla 17</b> <i>Hipótesis H3 - Cuestionario</i> .....	68
<b>Tabla 18</b> <i>Elementos preparativos H3</i> .....	68
<b>Tabla 19</b> <i>Resultados del cuestionario – H3</i> .....	69
<b>Tabla 20</b> <i>Objetivos comerciales de VR-SAFE</i> .....	70
<b>Tabla 21</b> <i>Población Económicamente Activa por Ramas de Actividad (Miles de personas y</i> <i>porcentaje)</i> .....	71

<b>Tabla 22</b> <i>Costo actual de inversión por unidad minera de Volcan</i> .....	72
<b>Tabla 23</b> <i>Segmentación de Propuesta</i> .....	73
<b>Tabla 24</b> <i>Mercado Objetivo (Target)</i> .....	73
<b>Tabla 25</b> <i>Proyección de Ventas para el Primer Año (periodo 2024 - 2025)</i> .....	77
<b>Tabla 26</b> <i>Presupuesto del Costo de Ventas y la Mezcla de Marketing (2025-2029)</i> .....	86
<b>Tabla 27</b> <i>Oficinas y Mobiliario (Gasto de Ventas) (Sin IGV)</i> .....	87
<b>Tabla 28</b> <i>Gastos de Ventas Anualizado</i> .....	88
<b>Tabla 29</b> <i>Presupuesto de Mano de Obra Directa y Gastos Varios</i> .....	90
<b>Tabla 30</b> <i>Gastos Administrativos</i> .....	91
<b>Tabla 31</b> <i>Inversión Inicial</i> .....	93
<b>Tabla 32</b> <i>Proyección de VR-SAFE a Cinco Años, en Soles</i> .....	94
<b>Tabla 33</b> <i>Proyección de FCL y Evaluación Financiera, en Soles</i> .....	94
<b>Tabla 34</b> <i>Resultados de los Tres Escenarios Evaluados</i> .....	96
<b>Tabla 35</b> <i>Proyección de Flujo de Efectivo Escenario Pesimista en Soles</i> .....	96
<b>Tabla 36</b> <i>Proyección de Flujo de Efectivo Escenario Optimista en Soles</i> .....	97
<b>Tabla 37</b> <i>Resumen de Escenarios</i> .....	99
<b>Tabla 38</b> <i>Cálculo del TSRI</i> .....	101
<b>Tabla 39</b> <i>Cálculo del VAN social de VR-SAFE</i> .....	105
<b>Tabla 40</b> <i>Información de los Entrevistados según Categoría y Patrones de Comportamiento</i> .....	121

## Lista de Figuras

<b>Figura 1</b> <i>Muertes de trabajadores desde el 2012 al 2022</i> .....	3
<b>Figura 2</b> <i>Lienzo Dos Dimensiones</i> .....	7
<b>Figura 3</b> <i>Cono de la Experiencia de Edgar Dale</i> .....	10
<b>Figura 4</b> <i>2013-2022: Estadísticas de Índices de Frecuencia, Accidentabilidad y Severidad</i> 11	
<b>Figura 5</b> <i>Efecto Multiplicador del Empleo en Minería</i> .....	13
<b>Figura 6</b> <i>2013-2022: Empleo Directo en la Minería según el Tipo de Empleador</i> .....	16
<b>Figura 7</b> <i>Lienzo Meta Usuario</i> .....	26
<b>Figura 8</b> <i>Lienzo de Experiencia del Usuario</i> .....	29
<b>Figura 9</b> <i>Lienzo 6x6</i> .....	35
<b>Figura 10</b> <i>Lienzo Costo / Impacto</i> .....	37
<b>Figura 11</b> <i>Lienzo de estrategia del Océano azul</i> .....	41
<b>Figura 12</b> <i>Lienzo Propuesta de Valor</i> .....	42
<b>Figura 13</b> <i>Producto Mínimo Viable (PMV)</i> .....	45
<b>Figura 14</b> <i>Flujo de desarrollo del PMV</i> .....	46
<b>Figura 15</b> <i>Captura del entorno real</i> .....	47
<b>Figura 16</b> <i>Procesamiento de información</i> .....	48
<b>Figura 17</b> <i>Renderizado volumétrico</i> .....	48
<b>Figura 18</b> <i>Interacción dentro del modelo virtual</i> .....	49
<b>Figura 19</b> <i>Uso de gafas de Realidad Virtual</i> .....	50
<b>Figura 20</b> <i>Detección de riesgos potenciales con Visión por computador</i> .....	51
<b>Figura 21</b> <i>Interacción de usuarios con PMV</i> .....	51
<b>Figura 22</b> <i>Business Model Canvas</i> .....	57
<b>Figura 23</b> <i>Número de Trabajadores Directos en Minería por Regiones</i> .....	74
<b>Figura 24</b> <i>Marketing Mix</i> .....	75

<b>Figura 25</b> <i>Organigrama de Capacitación Minera de VR-SAFE</i> .....	89
<b>Figura 26</b> <i>Comparación de tiempo en completar entrenamiento</i> .....	103
<b>Figura 27</b> <i>Cronograma de implementación de VR-SAFE</i> .....	111



## **Capítulo I. Definición del Problema**

En este capítulo se analiza el alto índice de accidentes a los que están expuestos los trabajadores del sector minero. Según el Decreto Supremo N.º 024-2016-EM y en su modificatoria del Decreto Supremo N.º 023-2017-EM, los accidentes de trabajo (AT) son de tipo leve, incapacitante y mortal, el cual le pueden producir al trabajador una lesión personal (física, funcional), invalidez o muerte. Asimismo, pueden generar daños materiales, días perdidos de trabajo, y/o afectando al medio ambiente como consecuencia de estos accidentes. Además, se describe que las causas inmediatas de los accidentes ocurren debido a dos razones principales: el trabajador comete actos subestándares, y, la presencia de condiciones subestándar en el lugar de trabajo. La combinación de un acto y una condición subestándar conducen a la ocurrencia de un accidente.

### **1.1 Contexto del Problema a Resolver**

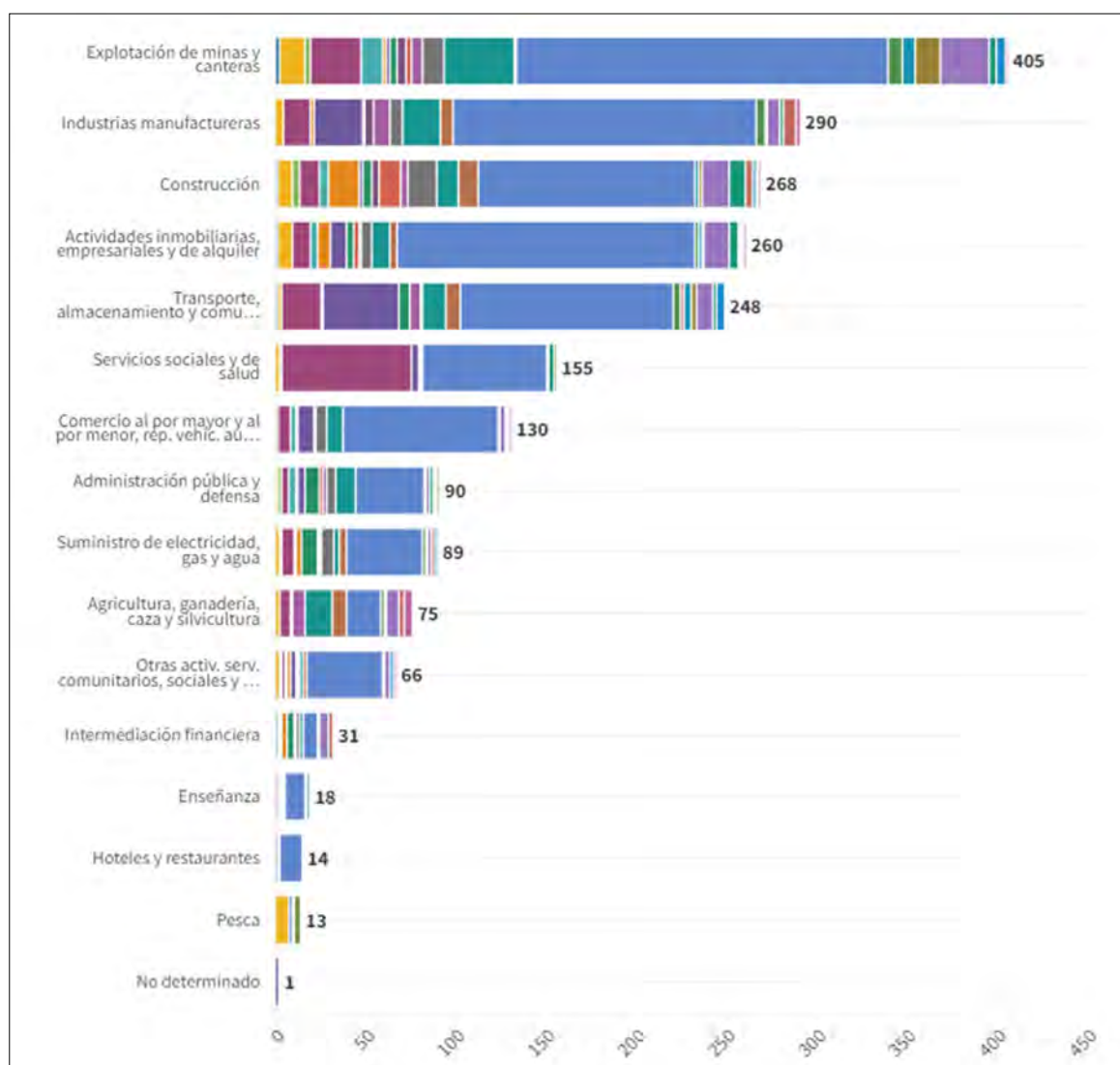
En un esfuerzo por mitigar los accidentes laborales, la gestión de riesgos y peligros se acoge a regulaciones específicas. En el Perú, actualmente se rige la Ley 31246, la cual modifica la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo. Además, para el sector minero se rige la Ley General de Minería (Ley 27623) la cual establece que las empresas mineras están obligadas a cumplir con las normas de seguridad y salud en el trabajo establecidas por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM). Asimismo, en los últimos años, el MINEM ha aprobado una serie de normas más estrictas para mejorar la seguridad en la minería, siendo el Decreto Supremo N.º 024-2016-EM y su modificatoria el Decreto Supremo N.º 023-2017-EM.

La Organización Internacional del Trabajo (OIT), publicó un informe en 2022 titulado "La minería y la seguridad y salud en el trabajo: una actualización de la situación mundial". En este informe, la OIT afirma que los accidentes laborales en la minería siguen siendo un problema grave, con un promedio de 18 muertes por cada 100,000 trabajadores. Las

condiciones de trabajo seguras son un derecho humano básico y una parte fundamental del Trabajo Decente. La OIT estima que más de 2.3 millones de trabajadores en el mundo mueren cada año a causa de accidentes y enfermedades relacionadas con el trabajo, y que el cuatro por ciento del Producto Interno Bruto Mundial se pierde debido a accidentes y malas condiciones laborales. Además, indica que los sectores que son cruciales para las economías de Latinoamérica, como la minería, la construcción, la agricultura y la pesca, están entre los que tienen una mayor frecuencia de accidentes.

La minería es un sector clave de la economía peruana y mundial, y uno de los principales actores en la reactivación económica del país, tras presentar una baja del 13.54 % para el año 2020 por efecto de la pandemia (IIMP, 2020). Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), reporta que, en los primeros siete meses del 2023, la minería aportó el 3.1% al PBI. Sin embargo, a pesar de la importancia que puede tener la minería con este aporte, se producen constantes accidentes que cobran la vida y la salud de muchos trabajadores (Puelles, 2023).

Según Purizaca (2023) de La Unidad LR Data, se registraron 2,153 muertes de trabajadores en los centros laborales entre 2012 y 2022. Los casos de trabajadores fallecidos ejerciendo sus labores han incrementado en los últimos tres años. De las 2,153 muertes registradas, el 51.37% se concentran en Lima, donde la explotación de minas y canteras sigue siendo el sector que deja más fallecidos. La explotación de minas y canteras (ver Figura 1), ha sido el sector con más víctimas en los últimos 10 años, con 405 muertes, lo que representa el 18.81% del total de rubros del país. La capital ha sufrido el mayor número de muertes (206), seguida por La Libertad (39) y Arequipa (28). Luego continúa la industria de manufactura con 290 y construcción con 268 víctimas. Entonces, los trabajadores que más mueren en las minas son obreros (154) y operarios (92), lo que representa el 60.74% del total de muertes en este trabajo. Esto también ocurre para los otros dos tipos de sectores.

**Figura 1***Muertes de trabajadores desde el 2012 al 2022*

*Nota.* Adaptado de “405 trabajadores mineros han muerto en los últimos 10 años,” por LR Data, 2023 (<https://data.larepublica.pe/405-trabajadores-muertos-en-minas-y-canteras-de-peru-los-ultimos-10-anos-mina-yanquihua-ministerio-de-energia-y-minas/>)

## 1.2 Presentación del Problema a Resolver

Según la Declaración Estadística Mensual (ESTAMIN) del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) de 2022, indicó que el 47.6% de personas contratadas provienen del mismo departamento donde se ejecutaron estas operaciones mineras; mientras que, el 52.4% restante proviene de otros departamentos. Por otro lado, las empresas titulares mineras (Compañías)

reportaron 68,444 trabajadores representando el 29.6% del total de empleos directos reportados en 2022; mientras que, las empresas contratistas mineras (incluidas las empresas conexas) informaron 163,036 trabajadores, representando el 70.4% restante (MINEM, 2023).

Según MINEM (2023) indicó en su Anuario Minero 2022 que el ambiente laboral de los trabajadores en el sector minero es en gran medida diverso enfrentando diferentes circunstancias. Esto se debe no solo a la geografía en la que se desarrolla esta actividad, sino también a las tareas operativas que ejecutan. Los trabajadores suelen desarrollar sus actividades en espacios muy reducidos y con poca ventilación, y en muchos casos en un ambiente sin acceso a luz natural. Los trabajadores mineros todavía sufren accidentes, lesiones y enfermedades, a pesar de los esfuerzos significativos de las compañías mineras en muchos países, siendo la minería, la ocupación más peligrosa cuando se tiene en cuenta el número de personas expuestas a trabajos de alto riesgo de accidentes y lesiones. Entre los años 2018 y 2022 (ver Tabla 1) se han reportado más de 181,197 incidentes en el sector minero, de los cuales 15,368 resultaron ser accidentes leves, la cantidad de 5,533 resultaron en accidentes incapacitantes y 165 en accidentes mortales de las cual 189 personas resultaron ser víctimas (ver Tabla 2).

En el Perú, los niveles de accidentes mineros fatales parecían estar en sus niveles más bajos de los últimos años. Sin embargo, las fatalidades aumentaron significativamente como resultado del incendio en la mina Esperanza, en Arequipa, el pasado 5 de mayo de 2023 (Tiempo Minero, 2023). La Superintendencia Nacional de Fiscalización Laboral (Sunafil) es responsable de supervisar a las empresas para prevenir eventos trágicos como lo sucedido en Arequipa.

**Tabla 1***Estadísticas sobre la Seguridad en Minería del 2013-2022*

Año	Incidentes	Accidentes leves	Accidentes incapacitantes	Accidentes fatales	Días perdidos	Hras hombre trabajadas (millones)	Índice de frecuencia	Índice de seguridad	Índice de accidentes
2013	143,833	9,863	1,360	46	376,972	497.96	2.82	757	2.14
2014	103,075	4,236	1,286	32	324,744	472.44	2.79	667	1.92
2015	81,928	3,638	1,016	28	273,693	470.08	2.22	582	1.29
2016	67,723	12,637	987	32	264,735	412.23	2.47	642	1.59
2017	59,424	3,976	1,079	40	335,107	436.16	2.57	768	1.97
2018	54,459	3,203	1,196	27	240,259	472.97	2.59	508	1.31
2019	45,512	3,209	1,161	34	313,450	485.07	2.46	546	1.59
2020	22,581	2,440	785	18	137,378	360.2	2.23	381	0.85
2021	26,358	3,370	1,194	50	341,400	501.63	2.48	681	1.69
2022	32,287	3,146	1,197	36	255,467	513.49	2.4	498	1.19

*Nota.* Adaptado de Anuario Minero 2022, por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2023 (<https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/2400-anuario-minero>).

**Tabla 2***Cantidad de Muertes Causadas por la Minería del 2013-2022*

Año	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2013	4	6	5	6	1	4	4	4	5	2	4	2	47
2014	6	1	1	1	1	3	7	2	2	0	1	7	32
2015	5	2	7	2	0	2	1	2	2	3	3	0	29
2016	4	3	3	1	6	2	2	3	4	1	2	3	34
2017	5	5	3	2	5	2	3	4	1	8	0	2	40
2018	2	1	2	5	3	2	1	3	2	2	3	1	27
2019	4	2	1	4	4	3	3	3	3	1	6	6	40
2020	2	5	3	0	2	1	1	0	0	0	1	5	20
2021	1	1	1	0	1	2	2	19	2	2	5	1	37
2022	2	3	5	3	2	1	1	5	8	4	2	4	40

*Nota.* Adaptado de “Anuario Minero 2022,” por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2023 (<https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/2400-anuario-minero>).

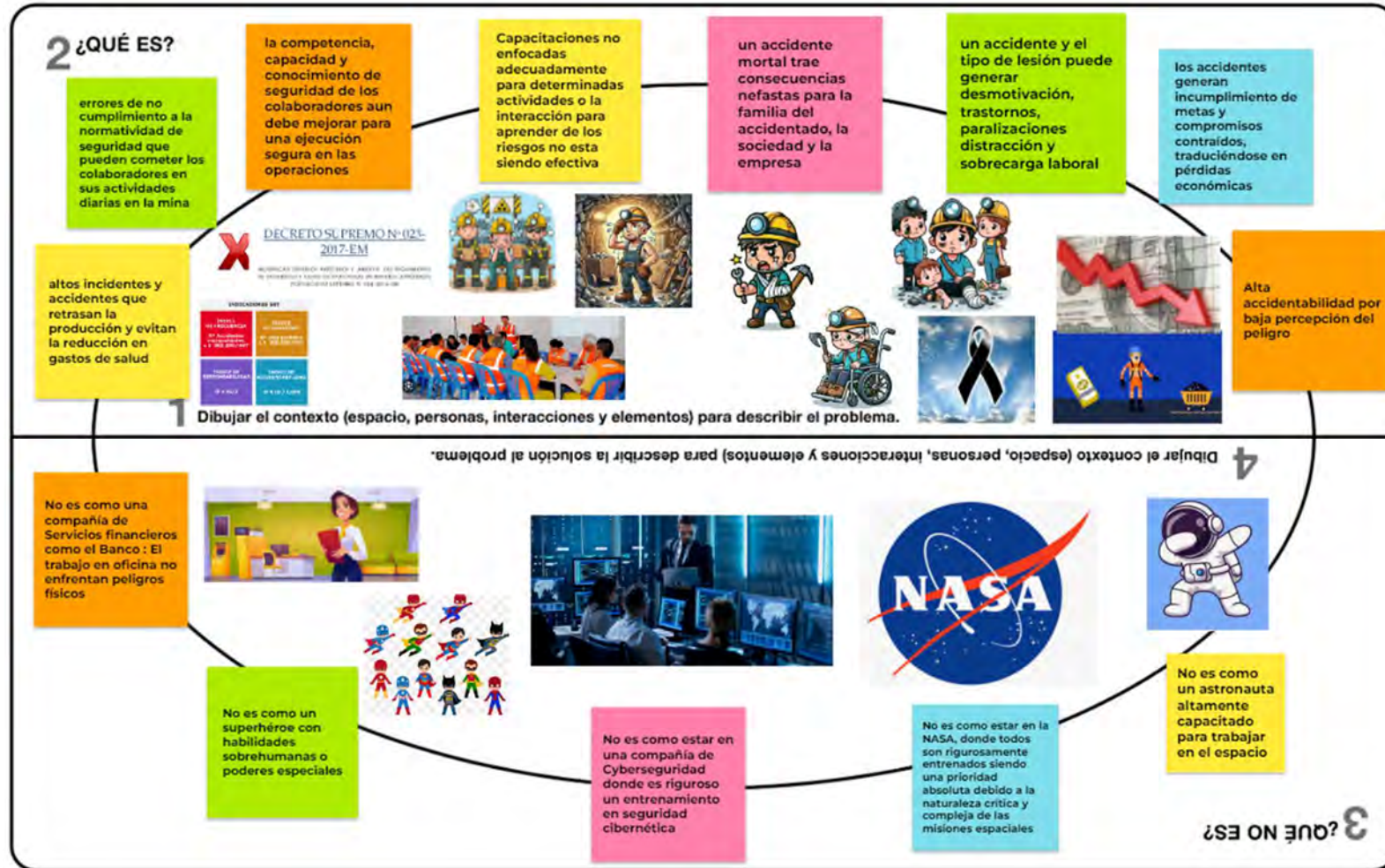
La industria minera involucra una amplia variedad de factores de riesgo, desde peligros mecánicos y químicos hasta condiciones ambientales extremas. Cada uno de estos

factores debe abordarse de manera específica en la capacitación y la prevención de accidentes. Según Puelles (2023), los riesgos existentes incluyen tanto riesgos físicos (como lesiones causadas por explosiones, derrumbes, atrapamientos, inundaciones), químicos (como exposición a sustancias químicas, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer) y biológicos (como enfermedades respiratorias), psicosociales (consumo de sustancias asociadas a la fatiga y exigencia física) y ergonómicos (lumbalgia, dorsalgia, cervicalgia, entre otros). Además del riesgo latente de fallecer debido a alguno de estos factores.

Del análisis del lienzo Dos Dimensiones (ver Figura 2) permitió identificar que el problema está relacionado con la seguridad y salud en el trabajo donde es alta la tasa de accidentes debido a que la capacidad, competencia y conocimientos de riesgos y peligros del trabajador en el sector minero aún deben mejorar, además contribuye al problema el incumplimiento a la normatividad de seguridad, y al poco o nulo entrenamiento o capacitación efectiva bajo las condiciones reales de su entorno. Por otra parte, los accidentes y tipos de lesión que se generan también impactan negativamente produciendo pérdidas para la empresa, disminuye la productividad (si se accidenta el titular y es reemplazado por alguien sin la experiencia necesaria) e incluso calcular el costo de un accidente puede ser complejo, por estar en juego muchas variables, como tamaño de la compañía minera, circunstancia en que ocurrió el accidente, gravedad del accidente, carga familiar del accidentado, paralizaciones o distracción de otros trabajadores, entre otros. Además, se deben destinar nuevamente horas para más capacitaciones, hay pérdida de tiempo de todos los trabajadores por atender al lesionado, así como costos generados por horas extraordinarias para reemplazar al trabajador lesionado y poder incumplir con los acuerdos que tiene la empresa con sus clientes. Finalmente, un accidente puede disminuir el ánimo y moral de los demás, creando preocupación en los trabajadores debido a las consecuencias nefastas para la familia del accidentado, la sociedad y la empresa.

Figura 2

Lienzo Dos Dimensiones



### **1.3 Sustento de la Complejidad y Relevancia del Problema a Resolver**

#### ***1.3.1 Complejidad del Problema***

La actividad minera para los trabajadores se encuentra fuertemente asociada a riesgos. Según Puelles (2023), estos riesgos varían según las condiciones, métodos y tipos de trabajo; la exploración y explotación subterránea o a tajo abierto son peligrosas, siendo más peligrosa la primera de ellas. Además, influye la clasificación de la minería porque, según el Informe sobre Trabajos Mineros de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la tasa de accidentes en la pequeña minería suele estar entre seis y siete veces mayor que en la gran minería.

Según MINEM (2023), en su anuario minero del mismo año, se enfatiza que es fundamental que todos los trabajadores reciban capacitación teniendo la oportunidad de adquirir un conocimiento técnico sólido, que les permita mejorar su capacidad desarrollando destrezas y habilidades necesarias para llevar a cabo sus labores, y así estén entrenados e informados sobre temas de seguridad para prevenir cualquier daño a la salud causado por los riesgos y las condiciones de la actividad minera. En este aspecto, según el Decreto Supremo N.º 024-2016-EM y su modificatoria a través del Decreto Supremo N.º 023-2017-EM, y del título tercero “Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional” en su capítulo VII se resume lo siguiente:

- Artículo 71: Los titulares de actividades mineras y contratistas deben formular y desarrollar programas anuales de capacitación de seguridad y salud ocupacional para los trabajadores en todos sus niveles. La modalidad se determina de acuerdo al puesto de trabajo y la IPERC correspondiente. Estas capacitaciones son en horario de trabajo.
- Artículo 72: Cuando el trabajador es nuevo debe recibir mínimo 8 horas de inducción y orientación básica según el Anexo 4 del decreto supremo y una capacitación de mínimo de ocho horas diarias durante cuatro días sobre actividades de alto riesgo

según el Anexo 5, y no menor de ocho horas diarias durante dos días de actividades de bajo riesgo.

- Artículo 73: Los trabajadores asignados a otros puestos de trabajo recibirán capacitación según el Anexo 5, (a) no será menor a ocho horas diarias durante dos días por traslado interno a otras áreas de trabajo para realizar otras actividades diferentes y, (b) por traslado interno temporal para realizar las mismas actividades la capacitación será de ocho horas.
- Artículo 74: Todo personal que no es nuevo, incluido supervisores, administrativos y alta gerencia (Titular, Contratista) deben recibir capacitación anual según los temas indicados en el anexo 6 siendo un total de 20 cursos y 57 horas.
- Artículo 75: Además de los cursos considerados en el anexo 6, la capacitación debe incluir, una selección de 15 cursos según la determinación que realice el titular de actividad minera tomando en consideración el puesto de trabajo y la IPERC.

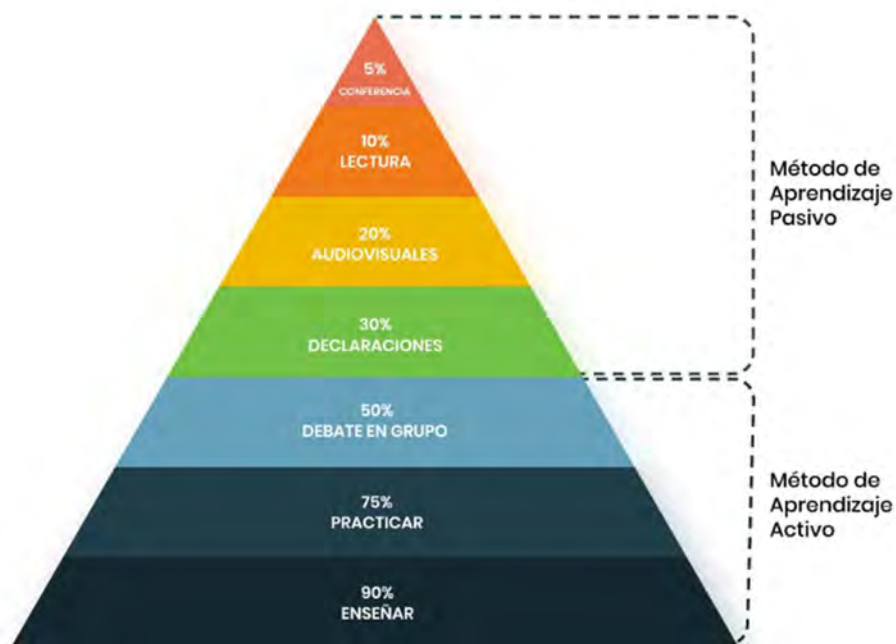
Según Timely (2023) el Cono de Experiencia (Ver Figura 3), ideado por el pedagogo estadounidense Edgar Dale, y adaptado por los Laboratorios Nacionales de Capacitación, Bethel, Maine muestra que la profundidad del aprendizaje que se desarrolla con la ayuda de diversos medios se encuentra en la base. Este cono indica que hay segmentos donde las actividades se pueden calificar como pasivas o activas para el aprendizaje. En la cima del cono se manifiesta la representación oral (descripciones verbales, escritas, entre otros) y en la base se encuentra la experiencia directa (aprender uno mismo realizando la actividad).

Los métodos de aprendizaje activo, como el debate en grupo (tasa de retención: 50%), practicar (75%) y enseñar (90%) muestran un porcentaje notablemente mayor de retención de conocimientos en comparación con sus homólogos pasivos de conferencia (tasa de retención: 5%), lectura (10%), audiovisuales (20%), declaraciones (30%), aplicándose estos últimos métodos en las capacitaciones de seguridad donde el trabajador minero escucha a un

instructor impartiendo la teoría, conferencias, observa los videos, lee materiales impresos y poca práctica realista con participación que se le ofrece a un trabajador, que le resultaría en una baja retención de información y, por consiguiente, un aumento en el riesgo de sufrir accidentes (Timely, 2023).

### Figura 3

*Cono de la Experiencia de Edgar Dale*



*Nota.* Adaptado de “La pirámide del aprendizaje: explicada para los proveedores de formación,” por Timely, 2023 (<https://time.ly/es/blog/La-pir%C3%A1mide-de-aprendizaje-explicada-para-los-proveedores-de-formaci%C3%B3n/#:~:text=La%20Pir%C3%A1mide%20del%20Aprendizaje%20es,ha%20denominado%20Cono%20de%20Aprendizaje>).

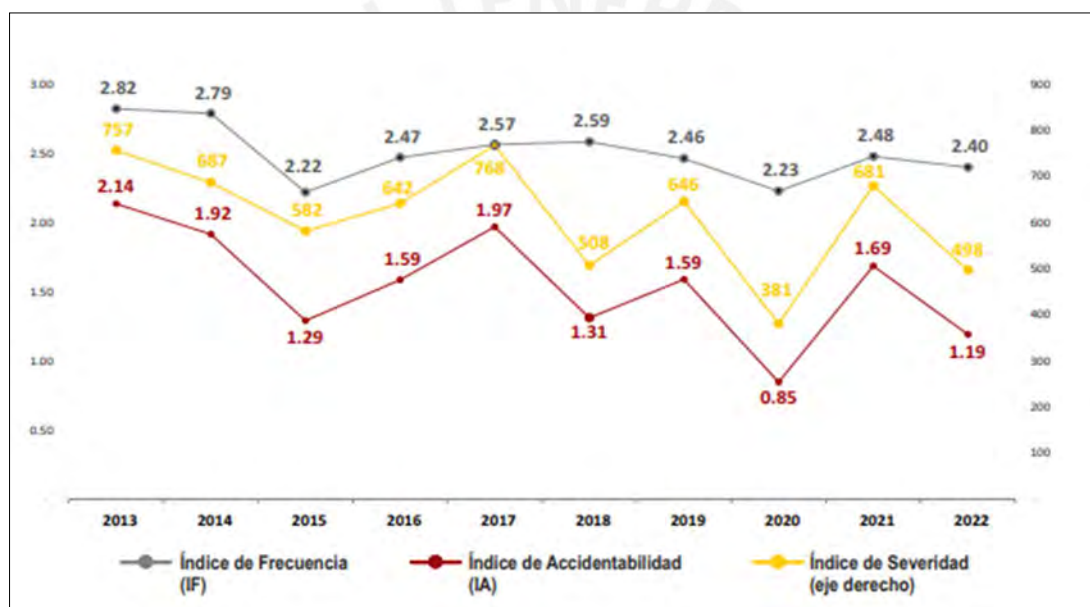
#### 1.3.2 Relevancia del Problema

Según MINEM (2023), se registró un incremento en el total de incidentes (+22.5%) y accidentes incapacitantes (+0.3%); sin embargo, disminuyeron los accidentes leves (-6.6%) y mortales (-28.0%). Por otra parte, los índices de frecuencia (IF), severidad (IS) y accidentes (IA) disminuyeron en comparación con 2021 (ver Figura 4). ESTAMIN (2023) en su último

boletín estadístico de diciembre actualizó la cifra de víctimas mortales a 51, según lo informado por los Titulares Mineros al 26 de enero de 2024 (ver Tabla 3). Estos accidentes incapacitantes o fatales tienen un impacto negativo generando repercusiones sociales (repercusiones para el individuo, para la familia de la víctima, y para la sociedad en general) y económicas (costos directos e indirectos) y reputacional significativo para las empresas por lo que es relevante disminuir la tasa de accidentes.

#### Figura 4

2013-2022: Estadísticas de Índices de Frecuencia, Accidentabilidad y Severidad



Nota. Adaptado de “Anuario Minero 2022,” por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2023 (<https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/2400-anuario-minero>).

**Tabla 3***Accidentes Mortales en el Sector Minero*

Año	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total
2000	6	4	2	3	3	6	8	0	0	7	8	7	54
2001	2	9	5	5	8	3	8	8	4	5	4	5	66
2002	20	2	4	6	5	5	4	6	4	8	8	1	73
2003	4	8	5	7	5	3	4	5	3	3	4	3	54
2004	2	9	8	5	2	9	1	3	4	7	5	1	56
2005	3	8	6	6	6	3	5	3	7	5	8	9	69
2006	6	7	6	3	6	5	6	5	4	9	4	4	65
2007	5	6	7	3	7	6	4	6	5	6	5	2	62
2008	12	5	7	6	3	5	6	6	5	3	3	3	64
2009	4	14	6	2	3	8	6	4	2	1	4	2	56
2010	5	13	1	6	5	9	6	4	3	4	4	6	66
2011	4	8	2	5	6	5	4	5	4	5	1	3	52
2012	2	6	9	2	4	2	5	5	3	8	4	4	54
2013	4	6	5	6	1	4	4	4	5	2	4	2	47
2014	6	1	1	1	1	3	7	2	2	0	1	7	32
2015	5	2	7	2	0	2	1	2	2	3	3	0	29
2016	4	3	3	1	6	2	2	3	4	1	2	3	34
2017	5	5	3	2	5	2	3	4	1	8	0	2	40
2018	2	1	2	5	3	2	1	3	2	2	3	1	27
2019	4	2	1	4	4	3	3	3	3	1	6	6	40
2020	2	5	3	0	2	1	1	0	0	0	1	5	20
2021	1	1	1	0	1	28	2	19	2	2	5	1	63
2022	2	3	5	3	2	0	1	5	8	4	2	4	39
2023	2	1	1	1	27	3	1	6	3	3	1	2	51

*Nota.* Adaptado de “Boletín Estadístico Minero diciembre 2023,” por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2024 (<https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/5185432-boletin-estadistico-minero-diciembre-2023>).

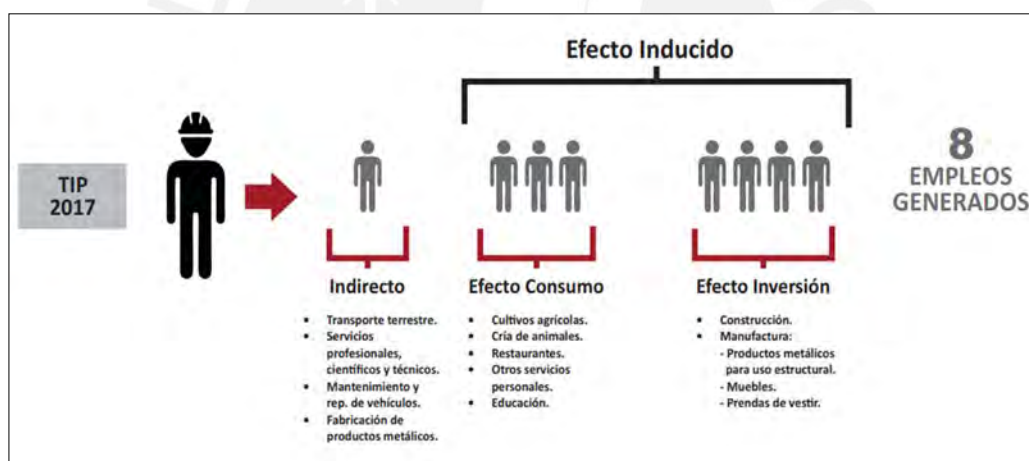
A medida que se ejecutan los proyectos de inversión, la actividad minera en el Perú ha sido vital en la economía peruana, ya que ha generado empleo y ha contribuido al crecimiento del Producto Bruto Interno (PBI) del país. Esto impulsa la tecnificación y el equipamiento del personal en las operaciones mineras, asimismo esta impacta positivamente en las comunidades locales, con la ejecución de programas de apoyo social, técnico y formación laboral permitiendo acceder a trabajos bien remunerados a los pobladores cercanos y con un

impacto significativo en la generación de ingresos y el desarrollo económico de los departamentos cercanos (MINEM, 2023).

Basado en un estudio del Instituto Peruano de Economía en el 2021, indica que, por cada empleo directo creado en la minería, se crean ocho empleos adicionales en otros sectores económicos: uno es por efecto indirecto, tres por el efecto inducido en el consumo y cuatro por el efecto inducido en la inversión (ver Figura 5). Como resultado, el MINEM (2023) destaca en su Anuario Minero del 2022 que la industria minera al cierre del 2022 generó alrededor de 2'083,311 empleos, de los cuales 231,479 fueron empleos directos y 1'851,832 fueron empleos indirectos.

### Figura 5

#### *Efecto Multiplicador del Empleo en Minería*



*Nota.* Adaptado de “Anuario Minero 2022,” por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2023 (<https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/2400-anuario-minero>).

El presente trabajo también está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), teniendo un impacto directo sobre la ODS 3: “Salud y Bienestar”, la ODS 4: “Educación de Calidad”, la ODS 8: “Trabajo decente y Crecimiento Económico”, y la ODS 9: “Industria, Innovación e infraestructura”.

## 1.4 Resumen

Se investigó y analizó el contexto actual del alto índice de accidentes en los últimos años y la complejidad y relevancia del problema a resolver para los trabajadores del sector minero. Se identificó que el entorno laboral de los trabajadores es diverso con riesgos y peligros, por lo que deben estar preparados para enfrentar diversas circunstancias mientras realizan sus tareas operativas. En este sentido, aún deben mejorar la capacidad, competencia y conocimientos del trabajador minero sobre los riesgos y peligros para evitar que cometa actos subestándares que resulten en un accidente y para que sepan identificar condiciones subestándares que puedan amenazar su vida. Además, el problema se acrecienta por el poco o nulo entrenamiento o capacitación efectiva en las circunstancias reales de su entorno. En consecuencia, las empresas mineras que están comprometidas con los temas de seguridad necesitan prevenir los accidentes y los efectos negativos de estos. Por otro lado, encontrar una solución a este problema ayuda a cumplir con los objetivos y metas de los ODS 3, 4, 8 y 9.

La OIT obliga a sus países miembros a garantizar condiciones de trabajo seguras como un derecho humano básico para prevenir la muerte y enfermedades relacionadas con el trabajo. Con respecto a la industria minera, Perú ha ratificado el convenio C176, el cual solicita implementar medidas para mejorar la seguridad, disminuir los riesgos y reducir los peligros, incluyendo el acceso gratuito a programas adecuados para la formación en temas de seguridad. En Perú, se han establecido principalmente normas específicas para prevenir accidentes como las Leyes 31246 y 29783 de Seguridad y Trabajo. Para la minería, el MINEM ha establecido la Ley 27623 y los Decretos Supremos N.º 024-2016-EM y su modificación del Decreto Supremo N.º 023-2017-EM como Reglamento de seguridad y salud ocupacional en minería.

## Capítulo II. Análisis del Mercado

En este capítulo se analiza las soluciones que existen actualmente en el mercado para empresas del rubro minero, que ante los desafíos que tienen, recurren a la prevención a través de programas enfocados en mejorar el comportamiento, conocimiento y las habilidades de los trabajadores que trabajan en este sector y así poder reducir los riesgos de accidentes.

Asimismo, con el fin de entender las necesidades pendientes de ser satisfechas de las empresas mineras, se analizará la competencia existente, a las diversas instituciones y la diversificación de productos y/o servicios que estas ofrecen.

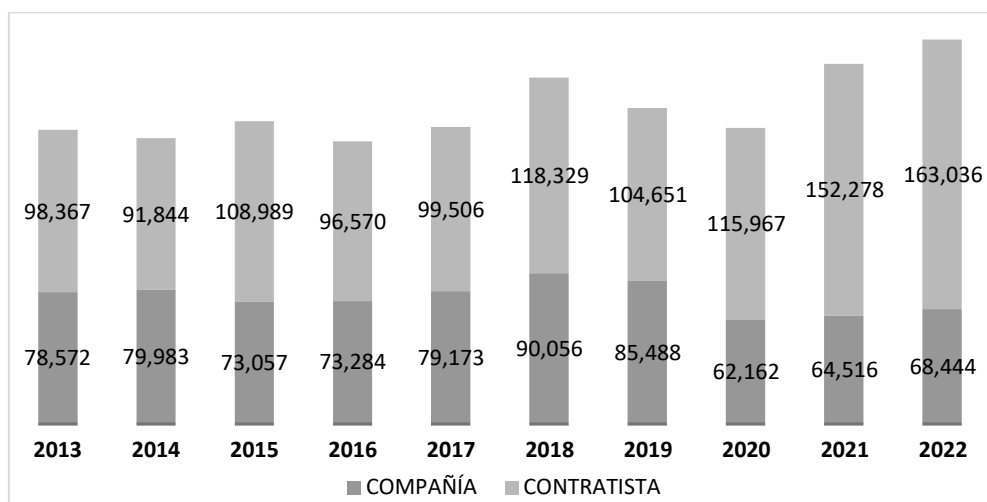
### 2.1 Descripción del Mercado o Industria

La legislación minera peruana vigente, referente a temas de seguridad, está normado por el Decreto Supremo N.º 024-2016-EM y sus modificatorias del Decreto Supremo N.º 023-2017-EM, el cual obliga a las compañías mineras, empresas conexas y contratistas a realizar capacitaciones al personal en forma permanente, hasta en 36 ítems y hasta 136 horas por persona por año. Según la Visión de la Minería en el Perú al 2030, el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) prioriza la seguridad ocupacional con el fin de reducir las brechas de capacitación de los trabajadores, invirtiendo en investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) en toda la cadena de valor minera.

Con respecto al mercado peruano, según el MINEM (2023) al cierre de 2022, la actividad minera generó un promedio anual de 231,479 empleos directos (ver Figura 6), lo que representó un incremento del 6.8% en comparación con el promedio anual de 2021 (216,795 trabajadores). Además, esta cifra es un 21.7% más elevada que el promedio de 2019, año previo a la pandemia (190,139 personas). Es importante señalar que el promedio anual alcanzado al cierre del 2022 es un récord histórico en el Perú.

**Figura 6**

*2013-2022: Empleo Directo en la Minería según el Tipo de Empleador*



*Nota.* Adaptado de “Anuario Minero 2022,” por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM), 2023 (<https://www.gob.pe/institucion/minem/colecciones/2400-anuario-minero>).

De acuerdo a los datos preliminares del MINEM a julio del 2023 se han reportado 233,359 empleos directos, el cual indica que en el Mercado Total del Perú (TAM) se tendría esa cantidad de trabajadores. Considerando El Mapa de Principales Unidades Mineras en Producción del MINEM (2023) la porción del mercado disponible (SAM) que se podría considerar para un negocio involucraría a las regiones de Lima, Junín y Cerro de Pasco con un total de 50,410 trabajadores. Además, según el Apéndice D, basado en el costo actual de capacitación realizado sobre 6 principales unidades mineras de la empresa Volcan arroja una inversión de S/ 860.35 Soles promedio por trabajador, si se proyecta el gasto de capacitación contra accidentes considerando el mercado total se obtendría un aproximado de S/ 200'772,282.52 Soles.

Por otro lado, según el anuario del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE, 2023), en el Perú se tienen en promedio a 3,598 empresas dedicadas a la actividad económica de explotación de minas y canteras (ver Tabla 4).

**Tabla 4***Promedio de Empresas en el Sector Privado por Tamaño y Actividad Económica 2022*

Actividad Económica	Tamaño De Empresa				Total Promedio Mensual
	1 - 10	11 - 100	101 - 499	500 a más	
Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	4,579	863	202	113	5,756
Pesca	655	193	25	8	881
Explotación de minas y canteras	2,977	469	106	46	3,598
Industrias manufactureras	28,779	3,694	517	164	33,153
Suministros de electricidad, gas y agua	541	127	41	8	716
Construcción	16,580	2,238	266	43	19,126
Comercio al por mayor y al por menor	92,561	6,688	468	82	99,800
Hoteles y restaurantes	17,071	2,061	112	28	19,271
Transporte, almacenamiento y comunicaciones	28,673	3,540	337	67	32,617
Intermediación financiera	1,328	318	63	46	1,755
Actividades inmobiliarias, empresariales y de alquiler	48,256	6,145	739	193	55,332
Administración pública y defensa	338	47	8	3	396
Enseñanza	5,326	2,119	162	47	7,654
Servicios sociales y de salud	11,358	956	91	23	12,428
Otras actividades y servicios comunitarios, sociales y personales	27,829	2,732	247	35	30,843
Hogares privados con servicio doméstico	11	-	-	-	11
Organizaciones y órganos extraterritoriales	44	28	2	-	74
No determinado	14,816	559	25	3	15,404
<b>TOTAL</b>	<b>301,722</b>	<b>32,777</b>	<b>3,411</b>	<b>909</b>	<b>338,815</b>

*Nota.* Adaptado de Anuario Estadístico Sectorial 2022, por el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE), 2023 (<https://www.gob.pe/institucion/mtpe/informes-publicaciones/4485120-anuario-estadistico-sectorial-2022>).

## 2.2 Análisis Competitivo Detallado

En la actualidad, existen distintas ofertas locales relacionadas con la capacitación en seguridad. Entre estas instituciones especializadas como ISEM, CETEMIN, PYMIS, aún ofrecen cursos presenciales, semipresenciales y virtuales, así como programas modulares,

seminarios y diplomados, en alianza con universidades y otras entidades. Por otro lado, hay empresas mineras que tienen la responsabilidad de capacitar a sus trabajadores en temas de seguridad y salud ocupacional, con sus propios programas de capacitación o contratar servicios externos. Además, se dan congresos, eventos y ferias especializadas donde se reúnen profesionales de la industria minera, que presentan ponencias, talleres y otros espacios de aprendizaje sobre seguridad. En este mercado se requiere crear contenido de alta calidad y contar con un equipo de especialistas en capacitación de seguridad.

El análisis competitivo permitirá analizar las principales propuestas de las instituciones más reconocidas (ver Tabla 5) que proveen diferentes temarios o programas con la finalidad de que los trabajadores del sector minero sean capacitados en temas de seguridad. Además, se realiza un análisis de brechas para evaluar el desempeño de estas propuestas (ver Tabla 6), así como para conocer las distintas ofertas relacionadas con la capacitación en seguridad en la industria minera.

**Tabla 5***Alternativas Existentes en el Mercado de Capacitación*

(Centros)	CETEMIN	ISEM	Pymis	Immersive Technologies	Proximity
Descripción	Institución educativa que desarrolla e implementa programas de capacitación a la medida de los requerimientos de la industria	Impulsa y contribuye con la gestión de la Seguridad y Salud Ocupacional en la minería peruana	Brinda capacitaciones, entrenamientos, especializados en la gestión de riesgos en diversos sectores como la minería	Ofrece Kits para capacitarse en minas con simuladores de equipos de alta fidelidad	Impulsa la transformación digital y capacita con tecnologías de enfoque inmersivo
Mercado	Perú, y solo unos países de Sudamérica	Perú	Perú	Con meta Mundial y con clientes selectivos	Con meta Mundial
Modalidad	En mina o en el instituto, Capacitación presencial y online	Online (directo, o diferido) y presencial en sedes u oficinas	Online (directo, o diferido) y presenciales, incluso In-House	Clases e-learning y un módulo de simulación estándar	Presencial guiado en mina
Propuesta de valor	Permite a los trabajadores aprender sobre los riesgos y las medidas de seguridad de forma presencial.	Permite a los trabajadores aprender sobre los riesgos y las medidas de seguridad de forma online.	Permite la difusión de las mejores prácticas disponibles, las mismas que permitirán preservar la vida y salud de los peruanos	Permite aumentar la rentabilidad optimizando la seguridad y productividad de sus operadores en situaciones específicas	Brinda un proceso de aprendizaje que sea más efectivo y eficiente para los trabajadores
Productos ofrecidos	Cursos de capacitación teórica sobre los riesgos y las medidas de seguridad. Entrenamiento en campo bajo condiciones controladas	Cursos de Formación online y teórica sobre los riesgos y las medidas de seguridad	Cursos de capacitación teórica según el D.S. N.º 024 – 2016 EM y su modificatoria: D.S N.º 023 – 2017 EM y Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería	Módulos de simulación estándar como Pro5 Simulador avanzado de equipos, IM360-B simulador de equipos de alta fidelidad, LX6 & LX3 simulador de equipos de gama media, y Entrenamiento estándar de minas	Cursos y simuladores personalizables para todas las necesidades de capacitación utilizando vídeo 3D, 2D y 360. Experiencias Inmersivas para Ventas y Marketing, E-Learning & Gamificación, Colaboración Remota & Telepresencia
Costo Promedio mensual (US\$)	Entre 50-100 x Persona	Entre 50-200 x Persona	Entre 200-300 x Persona	Entre 300-400 x Persona	Entre 300-400 x persona
Página Web	<a href="https://www.cetemin.edu.pe">https://www.cetemin.edu.pe</a>	<a href="https://www.isem.org.pe/portal/">https://www.isem.org.pe/portal/</a>	<a href="https://www.pymis.com.pe/">https://www.pymis.com.pe/</a>	<a href="https://www.immersivetechologies.com/">https://www.immersivetechologies.com/</a>	<a href="https://proximity.training/">https://proximity.training/</a>

*Nota.* La tabla 5 fue extraída a partir de los datos identificados en las páginas web de CETEMIN, ISEM, Pymis, Immersive Technologies, y Proximity.

**Tabla 6**  
*Análisis de brechas de cada solución de la competencia*

Criterio	CETEMIN	ISEM	Pymis	Immersive Technologies	Proximity	Gaps Identificados
Años en el mercado	+ de 20 años	+ de 25 años	+ de 5 años	+ de 30 años	+ de 6 años	Immersive Technologies (IT), ISEM y CETEMIN son las que más años tienen en el mercado de capacitaciones, pero la única que ha innovado con tecnología para sus productos es IT. Por otro lado, Proximity es relativamente nueva en el mercado experimentando con la RV para un enfoque inmersivo. No se ha identificado que las otras propuestas hayan integrado con otras tecnologías como IA (Visión por computador).
Ubicación (Sedes)	Lima, Arequipa, Cajamarca	Lima, Arequipa, Cajamarca, Pasco, Trujillo	Lima	+ de 13 sucursales en el mundo (Perú es una de ellas)	Perú, Canadá, Colombia	
Experiencia en RV	No se identificó que usen RV	solo usa simulador en el curso de seguridad vial	No se identificó que usen RV	SI	SI	Solo CETEMIN e Immersive Technologies, se dedican o se especializan en el sector minero. El resto de soluciones brindan capacitaciones o entrenamiento de seguridad para otros sectores.
Experiencia en IA (Visión x Computador)	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó	CETEMIN, ISEM y PYMIS aún mantienen un enfoque teórico, práctico y evaluación teórica en sus capacitaciones, sin recurrir a tecnologías o enfoques totalmente inmersivos.
Evaluaciones	SI	SI	SI	SI	SI	De las 2 empresas que usan tecnologías, solo Immersive Technologies y Proximity tienen oficina en Perú. Por otro lado, Immersive Technologies ofrece soporte remoto en el entrenamiento e informan que tienen ventas en Perú.
Página Web	SI	SI	SI	SI	SI	Solamente PYMIS e Immersive Technologies ofrecen consultoría. Todas ofrecen certificado por llevar las capacitaciones.
Aula Virtual	SI	SI	SI	SI	SI	El personal calificado en las empresas que usan RV como parte de su solución son más tecnólogos y con limitada experiencia de campo en minería. No se identifica un mix (tecnología + experiencia de campo) de experiencia por parte de los instructores.
Capacitación de seguridad solo en minería	SI, pero también a otros campos dentro del sector	NO, también a otros sectores y a la medida	NO, también a otros sectores y a la medida	SI, pero también a otros campos dentro del sector	NO, también a otros sectores y a la medida	
Certificado	SI	SI	SI	SI	SI	Todas usan las RRSS, pero solo CETEMIN recurre al uso de TikTok, y Proximity no se le identificó un canal en YouTube.

Personal calificado con experiencia en seguridad	SI, Mas de 10 años	SI, pero no indica los años y trayectoria	SI, y muestra la trayectoria de más de 10 años	SI, Mas de 10 años	SI con menos de 10 años	Las páginas web no integran una plataforma de pagos, y no todas se matriculan en línea. Se considera que la página Web de IT (Immersive Technologies) es la que propone mejor el uso de call to actions como parte del marketing digital para atraer a usuarios potenciales y convertirlos en clientes.
Redes Sociales	SI	SI	SI	SI	SI	
Acceso a Materiales	SI	SI	SI	SI	SI	
Plataforma de pago en su página web	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó	No se identificó	
Matricula en Línea	SI	SI	SI	No se identificó	No se identificó	

*Nota.* La Tabla 6 fue extraída a partir de los datos identificados en las páginas web de CETEMIN, ISEM, Pymis, Immersive Technologies, y Proximity.

### 2.3 Resumen

El análisis del mercado en temas de seguridad se centró en las empresas del sector minero, las cuales, en respuesta a los desafíos y necesidades que enfrentan, recurren a programas destinados a mejorar el comportamiento, conocimiento y las habilidades de los trabajadores de este sector para prevenir accidentes. El análisis implicó examinar el tamaño del mercado (TAM y SAM) con respecto a la cantidad de empresas mineras, trabajadores, el costo de inversión en capacitación y la demanda laboral de parte de las empresas mineras comprometidas en la seguridad de sus trabajadores. También se examinó las tendencias del mercado, necesidades de capacitación y formación de los trabajadores, el cumplimiento de las normas de capacitación y entrenamiento exigidas por el gobierno y que influyen en los requisitos de capacitación para los trabajadores (Decreto Supremo N.º 024-2016-EM y sus modificatorias del Decreto Supremo N.º 023-2017-EM en su capítulo VII del título tercero “Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional”), así como el análisis de las diversas alternativas existentes en el mercado, y existencia de innovaciones en la capacitación.

Finalmente, el MINEM destaca la importancia de la capacitación para reducir las brechas de capacitación entre los trabajadores, ofreciendo al trabajador la oportunidad de adquirir un conocimiento técnico sólido, que les permita mejorar sus habilidades y desarrollar las destrezas necesarias para llevar a cabo sus labores, y así estén entrenados e informados sobre temas de seguridad para prevenir cualquier daño a la salud causado por los riesgos y las condiciones de la actividad minera.

### **Capítulo III. Investigación del Usuario**

Este capítulo aborda la investigación del usuario a través del uso de herramientas, siendo estas las entrevistas, el lienzo de perfil de usuario y el lienzo de mapa de experiencia del usuario con el fin de comprender los patrones de comportamiento, motivaciones y necesidades del usuario.

#### **3.1 Perfil del Usuario**

Se llevó a cabo una serie de pasos para definir el perfil del usuario: (1) Se elaboró una guía (ver Apéndice A) con 26 preguntas enfocadas en conocer más a los trabajadores que trabajan en minería, así como las causas de accidentes en el sector minero; (2) Se realizaron 21 entrevistas a usuarios (ver Apéndice B) que tienen experiencia en el sector minero; y que reciben capacitaciones como parte de su formación laboral para la prevención de accidentes; la mayoría de las entrevistas fue personal (F2F) y se realizaron en el mismo lugar de trabajo y finalmente; (3) Con la información obtenida se elaboró y utilizó el Lienzo Meta-Usuario para describir los rasgos y características comunes de un usuario típico. Estas características se basan en factores como su vida diaria, su entorno y círculo social e incluso creencias. Con respecto a las personas que fueron entrevistadas, estas tienen entre 18 y 60 años de edad y viven en los departamentos de Puno, Arequipa, Huancayo, Cerro de Pasco, Trujillo, Lima y que en su mayoría los usuarios cuentan con una experiencia mayor a 3 años en el sector de minería. Las entrevistas llevadas a cabo proporcionaron información valiosa para comprender su pensar y su sentir (ver Tabla 7).

**Tabla 7***Entrevistas para Definir el Perfil de Usuario*

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>	<b>Uso</b>
1. Guión narrativo de Entrevista	Se enfocó en: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conocer al entrevistado</li> <li>2. Comprender su percepción sobre los accidentes en su industria</li> <li>3. Explorar sus emociones sobre su integridad y la de su familia ante un accidente</li> <li>4. Recoger distintos puntos de vista</li> </ol>	Apéndice A. Formato de entrevista
2. Entrevistas	Medio de entrevista: Personal (F2F)	Apéndice B. Repositorio de entrevistas

*Nota:* La información de los entrevistados (ver Apéndice B) se agrupó por categorías, como se detalla en el Apéndice G, para determinar los patrones de comportamiento en el usuario.

Según este análisis, en el perfil de usuario, “Pedro” representa al Usuario Meta (ver Figura 7), quien es un joven trabajador de 30 años, padre de familia que radica en la ciudad de Lima con más de 3 años de experiencia en el sector minero. Tiene conocimiento de lo que es un accidente, ha adquirido experiencia en seguridad y prevención de accidentes, considerando que la seguridad es el cuidado de uno mismo y de los compañeros, así como un estilo de vida en el trabajo que salvaguarda vidas y la salud. Asimismo, “Pedro” ha tenido experiencias relacionadas con accidentes (ver Apéndice B), considera que aún existe patrones en los accidentes como el exceso de confianza e incumplimiento de estándares por parte del trabajador. Ante un accidente se siente afectado, preocupado por lo que le paso a su compañero y como este accidente afecta a las personas que están alrededor suyo como su familia y además porque podría haber sido él, así como las consecuencias a corto y largo plazo por un accidente. El usuario ha recibido capacitaciones en seguridad a través de modalidad presencial y virtual sin usar nuevas e impactantes tecnologías, estas solo han sido

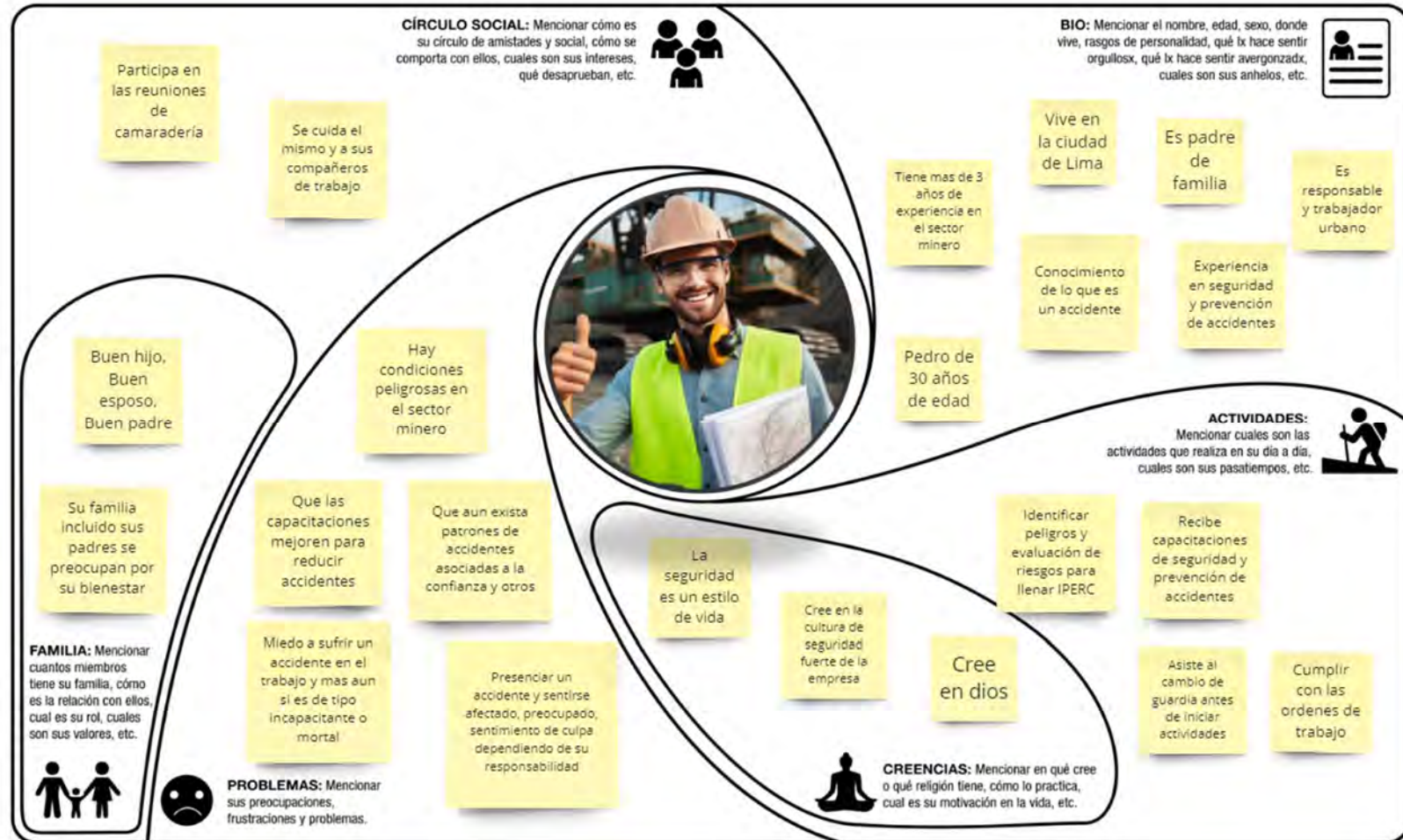
a través de diapositivas, grabaciones materiales impresos y el uso de *Teams* considerando que las capacitaciones han ayudado a prevenir accidentes, pero aún tienen debilidades y deben seguir mejorando, puesto que es un tema importante de prevención en este sector. Pedro espera que se implementen mejoras en seguridad buscando lo inmersivo y la simulación de entornos de trabajo que interioricen más su aprendizaje a partir de la capacitación, que estas sean más prácticas para el trabajador, más aplicado al campo, con el propósito de mejorar el comportamiento y la toma de decisiones en la evaluación y prevención de riesgos para evitar los accidentes.

### **3.2 Mapa de Experiencia de Usuario**

Con la información recopilada de los entrevistados y el análisis realizado para identificar el perfil del usuario, se elaboró el Lienzo de Experiencia del Usuario que se aprecia en la Figura 8, donde se muestran los momentos positivos, y negativos que experimenta el usuario antes, durante y después del problema. El primer momento positivo identificado es cuando el usuario ha pasado las evaluaciones correspondientes para trabajar en mina y le confirman que está apto para trabajar. Este momento se da cuando puede estar participando en un proceso de selección de personal hasta su contratación o se reincorpora a sus labores después de haber pasado las evaluaciones médicas ocupacionales correspondientes exigidas, dadas las condiciones del ambiente laboral propio de una mina.

Figura 7

Lienzo Meta Usuario



El segundo momento positivo es cuando el usuario recibe sus capacitaciones según la programación (como personal nuevo, mensual, anual o especializada) de la empresa. La mayoría de los usuarios manifiesta que la experiencia adquirida en seguridad y prevención de accidentes se dio a través de charlas, capacitaciones, uso de herramientas de control para evaluar riesgos y peligros. El usuario trata de estar atento a lo que se le imparte como capacitación porque considera que la seguridad es el cuidado de uno mismo y de los compañeros, así como un estilo de vida en el trabajo que salvaguarda vidas, por lo que y después de la capacitación se alista para realizar sus actividades.

El tercer momento positivo es cuando se planifica nuevamente para retomar actividades, es una práctica normada en la mina después de haber procedido una investigación ante un accidente incapacitante o mortal y haber realizado una reinducción y retroalimentación a todos en temas de seguridad y evitar que suceda nuevamente. Por otro lado, se ha identificado 3 momentos negativos, el primer momento negativo es cuando el usuario en sus actividades diarias se encuentra frente a la aparición de una condición subestándar que podría generar un evento no deseado o desviaciones que afecten a su salud, producción o al medio ambiente.

El segundo momento negativo es cuando el usuario se accidenta debido a un exceso de confianza, falta de concentración de la persona, falta de prevención o identificación inadecuada del riesgo, falta de experiencia o conocimientos para realizar el trabajo, desprendimiento de rocas, por negligencia, por fatiga o por otra razón según los patrones de comportamiento relacionados con patrones de accidentes y condiciones de trabajo más peligrosas en el sector minero.

El tercer momento negativo es cuando el usuario informa a las entidades correspondientes sobre el accidente. Los accidentes incapacitantes o mortales generan una preocupación, disminuye el ánimo y moral de los demás trabajadores y a eso se suma las

consecuencias (sociales y económicas de trabajo a corto y largo plazo) nefastas para la familia del accidentado, la sociedad y la empresa tal como se describe a detalle en los patrones de comportamiento obtenidos de los entrevistados. Asimismo, se indica que los accidentes de trabajo obligan posteriormente abrir una investigación, el cual tienen como finalidad analizar y determinar las causas básicas y reales del accidente.

### **3.3 Identificación de la Necesidad a Resolver para el Usuario**

Se detectó que el punto más crítico o momento más negativo en la experiencia del usuario es cuando contribuye con un acto subestándar (por ejemplo, exceso de confianza) y luego el accidente impacta negativamente en lo social y económico, en la familia, compañeros y a la empresa. A raíz de esto, el usuario siente preocupación por lo que le podría pasar; por tal motivo siente que deben mejorar las capacitaciones, entrenarse de una manera más real y concientizada ante los peligros con el fin de identificarlos y prevenir riesgos y asimismo mejore su toma de decisiones.



### 3.4 Resumen

Se realizó la investigación del usuario para determinar su perfil, comprender sus necesidades, identificar patrones de comportamiento y desafíos que enfrentan al realizar sus tareas operativas. Al realizar entrevistas con trabajadores de diferentes roles en la minería, se pudo recopilar información valiosa sobre sus conocimientos y experiencias en cuanto a la seguridad, la experiencia en el sector minero, la cultura de seguridad en sus empresas, sus sentimientos y preocupaciones con respecto a los accidentes que ocurren y las consecuencias, así como sus opiniones sobre qué se espera mejorar en cuanto a seguridad, el nivel de las capacitaciones impartidas en sus lugares de trabajo y si estas capacitaciones tradicionales han sido efectivas, y como podrían mejorar para lograr una mayor retención y conocimiento de los peligros y riesgos existentes, evitando así más accidentes.

Se destaca por parte de la experiencia del usuario que cree que aún existen patrones, riesgos o causas comunes en los accidentes que ocurren en el sector minero y entre ellos se destaca el exceso de confianza de los trabajadores, lo cual contribuye a la ocurrencia de actos subestándar y accidentes. Por estos motivos, siente que aún es necesario mejorar las capacitaciones en temas de seguridad, así como entrenarse de manera más real, práctica y consciente ante los peligros y riesgos.

## Capítulo IV. Diseño del Producto o Servicio

Una vez que se han identificado las necesidades del usuario, se da inicio al proceso de ideación, iterando sobre las propuestas de diseño del producto/servicio hasta hallar aquella que mejor se ajuste a sus necesidades y alivie sus dolores. Este proceso iterativo se fundamenta en el principal objetivo que aborda la propuesta:

- Reducir el índice de accidentes de trabajo en mina.

Además, las características que debe tener el producto o servicio deberán ser:

- Atractivo para los trabajadores.
- Flexible a las necesidades específicas del usuario.
- Adaptable a las condiciones específicas del entorno.
- Cumplir con los estándares de seguridad de cada unidad minera.

### 4.1 Concepción del Producto o Servicio

Una vez que se han llevado a cabo las entrevistas a los usuarios, se desarrolla el Mapa de experiencia del Usuario donde se identifica el momento más crítico que experimentan. A partir de este punto de dolor identificado, se continúa con el proceso de ideación donde se plantean las soluciones más creativas para aliviarlo, estructurándolas con el uso del Lienzo 6x6 (ver Figura 9).

El objetivo planteado es identificar la mejor propuesta para reducir el índice de accidentes en el trabajo de Pedro en la mina; para ello se identificaron las siguientes necesidades:

- Pedro necesita recibir capacitación efectiva alineada a su actividad, porque no quiere accidentarse.
- Pedro necesita tener los implementos más seguros, porque esto le dará mayor protección.

- Pedro necesita cumplir los procedimientos de trabajo seguro de sus actividades, porque esto evitará que se accidente.
- Pedro necesita implementar tecnología, porque quiere prevenir accidentes en las labores de mayor riesgo.
- Pedro necesita herramientas que realicen las actividades rutinarias, porque quiere prevenir accidentes.
- Pedro necesita conocer las condiciones actuales de su entorno de trabajo, porque no quiere accidentarse.

A partir de estas necesidades, se consideraron las siguientes preguntas generadoras:

- ¿Cómo podríamos ayudar a Pedro para que entienda la importancia de las capacitaciones en seguridad?
- ¿Cómo podríamos proteger a Pedro para mitigar los accidentes en los trabajos de mayor riesgo?
- ¿Cómo podríamos asegurarnos de que Pedro entienda sus procedimientos de trabajo?
- ¿Cómo podríamos implementar tecnologías para evitar que Pedro se accidente?
- ¿Cómo podríamos ayudar a Pedro a evitar accidentarse en sus actividades rutinarias?
- ¿Cómo podría Pedro conocer las condiciones de trabajo antes de realizarlas?

De estas preguntas generadoras, se obtuvieron seis soluciones específicas:

- **Entrenamiento con Realidad Virtual.** Para mejorar el entrenamiento de los usuarios en escenarios reales donde representen las actividades más críticas que se llevan a cabo en el día a día. Estos entrenamientos se realizarían remotamente y permitirían desplazarse dentro del entorno virtual. Su costo puede estar alrededor de los S/500 por persona por cada capacitación anual.

- **Traje biomécanico.** Consisten en diseñar un traje biomecánico que proteja ante todos los accidentes a los que esté expuesto el usuario en su trabajo en mina. El costo de esta propuesta es excesivamente alta, actualmente no se tiene desarrollada la tecnología necesaria para abaratar estos costos. El precio puede estar por encima de los S/100,000 por persona anual.
- **Machine Learning.** Consiste en el uso de algoritmos para analizar una gran cantidad de datos y anticipar posibles riesgos con probabilidades de ocurrencia, por ejemplo, análisis de datos geológicos que anticipen el desprendimiento de rocas y otros eventos. El costo de implementación puede estar por encima de los S/10,000 por persona anual.
- **Robot minero para trabajos de mayor riesgo.** Consiste en diseñar un robot que realice todas las actividades de alto riesgo en reemplazo del usuario en la mina. Todavía no se ha desarrollado esta tecnología en el país a este nivel de implementación, por lo cual, los costos son excesivamente altos, superando los S/100,000 Soles por una actividad específica.
- **Vehículos autónomos.** Elimina la necesidad de que los conductores y operadores humanos operen en entornos peligrosos dentro de la mina, minimizando el error humano. Esta solución aplica únicamente para trabajos donde se operen vehículos y maquinarias. El costo de esta propuesta es alrededor de S/25,000 Soles por trabajador cada año.
- **Uso de tecnologías Gaussian Splatting + Visión por Computador.** El entrenamiento en seguridad con el reconocimiento automatizado de los riesgos reales identificados en la mina desde la virtualidad se puede llevar a cabo con el uso de tecnologías emergentes como Gaussian Splatting y Visión por Computador, lo cual tiene un costo de implementación relativamente bajo y evita la exposición







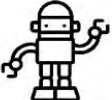


al riesgo del personal. Su costo puede oscilar alrededor de S/400 Soles por trabajador por año.



Figura 9

Lienzo 6x6

**5 Matriz 6x6**

 <b>OBJETIVO</b> ¿Cuál es el problema más relevante que queremos solucionar?		 <b>NECESIDADES</b> ¿Cuáles son las necesidades específicas del usuario? Utilizar el siguiente esquema: El usuario _____ necesita _____ (colocar un verbo) porque _____ (justificar la necesidad).					
Reducir índice de accidentes en el trabajo de Pedro en mina		Pedro necesita recibir capacitación efectiva alineado a su actividad porque no quiere accidentarse	Pedro necesita tener los implementos más seguros porque esto le dará mayor protección	Pedro necesita cumplir los procedimientos de trabajo seguro de sus actividades porque esto evitará que se accidente	Pedro necesita implementar tecnología porque quiere prevenir accidentarse en las labores de mayor riesgo	Pedro necesita herramientas que realicen las actividades rutinarias porque quiere prevenir accidentes	Pedro necesita conocer las condiciones actuales de su entorno de trabajo porque no quiere accidentarse
 <b>PREGUNTAS GENERADORAS</b>		A partir de las necesidades plantear 6 preguntas generadoras*, utilizando el siguiente esquema: ¿Cómo podríamos _____? *Evitar que sean muy cerradas (solución evidente) o muy abiertas (fuera del objetivo).					
¿Cómo podríamos ayudar a Pedro para que entienda la importancia de las capacitaciones en seguridad?	¿Cómo podríamos proteger a Pedro para mitigar los accidentes en los trabajos de mayor riesgo?	¿Cómo podríamos asegurarnos que Pedro entienda sus procedimientos de trabajo?	¿Cómo podríamos implementar tecnologías para evitar que Pedro se accidente?	¿Cómo podríamos ayudar a Pedro a evitar accidentarse en sus actividades rutinarias?	¿Cómo podríamos conocer las condiciones de trabajo antes de realizarlas?		
Que las capacitaciones sean interactivas. Una frase o lema que resalte la importancia de la seguridad para Pedro y su familia	Brindar entrenamiento específico. Fomentar la autoconfianza de Pedro en sus capacidades	Que las capacitaciones sean en las áreas de trabajo. Redactar procedimientos de trabajo claros	Que un robot pueda hacer el trabajo por él. Implementar tecnologías de seguridad como sensores, detectores y sistemas de alerta	Implementar un sistema de alerta temprana que notifique riesgos potenciales en la vía. Barreras con sensores en las áreas de trabajo. Señalización inteligente en área de trabajo	Realizar un recorrido en campo antes de realizar su actividad. Uso de hologramas. Modelar todo el espacio de trabajo en 3D		
Dándole una carga emocional a su capacitación. Una frase o lema que resalte la importancia de la seguridad para Pedro y su familia en las capacitaciones. Ofrecer incentivos para la participación en las capacitaciones	Incorporando EPP's ultraseguros. Traje Biomecánico	Implementar un chatbot que pueda responder preguntas de Pedro sobre los procedimientos. Asegurar que Pedro tenga acceso a los procedimientos de trabajo	Que conozca a detalle cada paso en su actividad. Implementar sistemas de monitoreo y control remoto	Implementar un sistema de control de velocidad. Sistema de frenado automático al detectar un peligro inminente	Tecnología LIDAR con escáner láser y cámaras para detectar el entorno real. Tecnología Gaussian Splatting para capturar el entorno real con precisión. Tecnología HDR para capturar el entorno real con mayor detalle		
Entrenamientos mediante el uso de realidad virtual para antes de que ingrese a sus labores ya sepa qué hacer. Usar aulas con simuladores	Trabajo con el mismo equipo de siempre. Ofrecer oportunidades para que Pedro practique sus habilidades en un ambiente seguro	Monitorear el desempeño en la ejecución de los procedimientos de trabajo mediante sensores. Utilizar imágenes y diagramas para facilitar la comprensión	Incorporación de una IA que evalúe el % de éxito de los controles de seguridad incorporados. Incorporación de una IA que evalúe el uso correcto de EPP's	Cámaras de seguridad para monitorear el desarrollo de los trabajos. Coaching integral para sensibilizar la importancia de seguridad	Incorporación de visión por computadora para evaluar los peligros en el entorno de trabajo antes de realizar las actividades. Implementar cámaras de seguridad como medidas de control		
Generando capacitaciones que puedan transmitir más sensaciones. Gamificación. Sensibilizar con tecnologías	Se debe analizar como está las condiciones de seguridad y mejorar cualquier observación que pueda generar un accidente. Brindar acompañamiento y asistencia. Implementar un sistema de reconocimiento para las buenas prácticas	Uso de I.A. para Aprendizaje personalizado. Ingeniería: Machine Learning para el análisis de procedimientos y seguimiento de desempeño	Podríamos simular situaciones de riesgo para que el colaborador nos indique como debe actuar ante esa situación. Implementar sistemas de protección colectiva	Sistema de asistencia al conductor mediante voz. Vehículos y Maquinarias autónomas	Entrenamiento inmersivo en un "gemelo digital" del entorno de trabajo		
							
Entrenamiento con Realidad Virtual	Traje Biomecánico	Machine Learning	Robot minero para trabajos de mayor riesgo	Vehículos autónomos	Uso de tecnologías Gaussian Splatting + Visión por Computador		
6 IDEAS SELECCIONADAS							

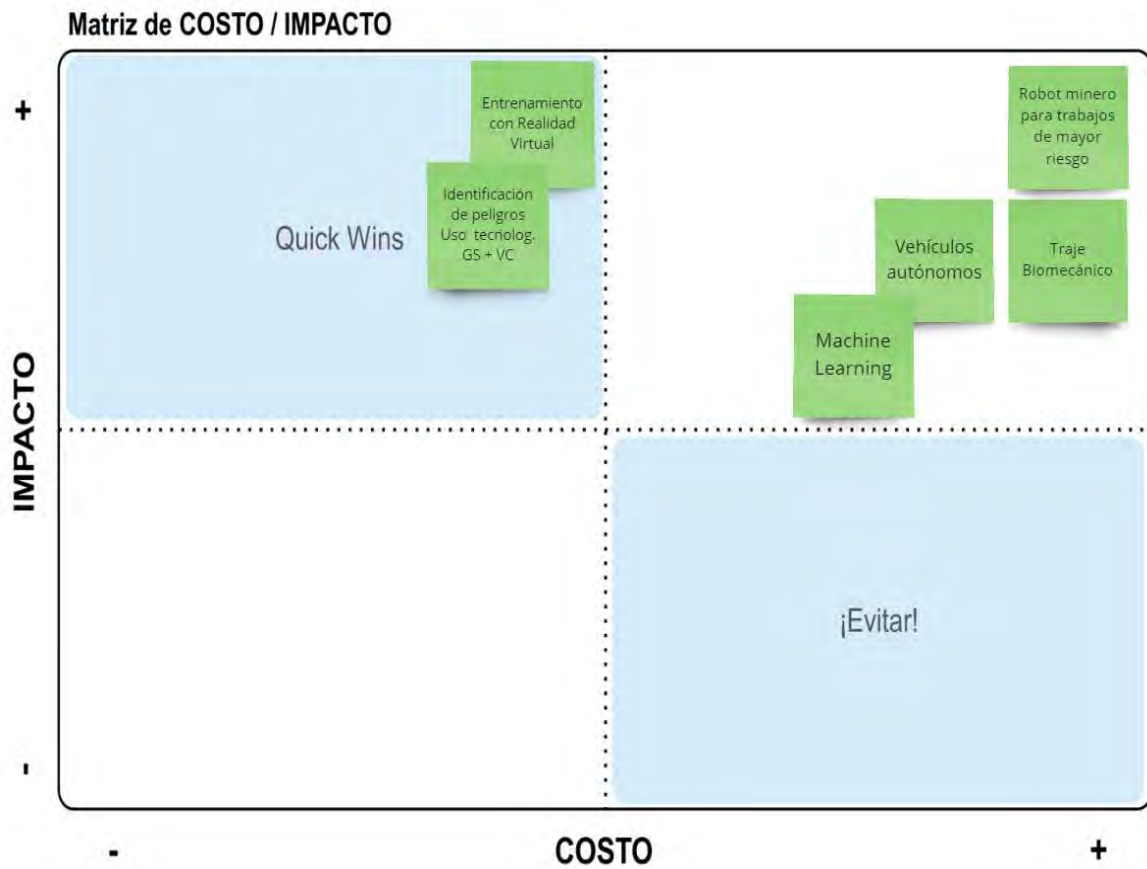
En la Matriz Costo-Impacto, se priorizó cada una de las seis soluciones planteadas (ver Tabla 8):

**Tabla 8**

*Matriz Costo / Impacto*

Soluciones propuestas		Costo			Impacto		
		Bajo	Medio	Alto	Bajo	Medio	Alto
S1	Entrenamiento con Realidad Virtual		X				X
S2	Traje Biomecánico			X			X
S3	<i>Machine Learning</i>			X		X	
S4	Robot minero			X			X
S5	Vehículos Autónomos			X			X
S6	Identificación de Peligros <i>Gaussian Splatting</i> + Visión por computador		X				X

El Lienzo Costo-Impacto se extrae de esta matriz, como se muestra en la Figura 10:

**Figura 10***Lienzo Costo / Impacto*

#### 4.2 Desarrollo de la Narrativa

En la generación y desarrollo de ideas, se aplicaron cinco etapas de la metodología Design Thinking:

- **Empatizar:** En esta etapa se hizo uso del Lienzo Meta-Usuario. Además, se alinearon los resultados de las entrevistas llevadas a cabo (Apéndice B), para elaborar el Mapa de Experiencia del usuario. Durante las entrevistas se realizaron preguntas abiertas para escuchar sus experiencias, necesidades y momentos de dolor.

- Definir: Se recopiló información de las entrevistas a los usuarios, con el propósito de encontrar patrones de conducta, comportamiento y definir claramente sus momentos de dolor.
- Idear: La ideación consistió en definir las posibles soluciones que alivien el dolor de los usuarios. Se realizó a través de sesiones de Brainstorming. Posteriormente se estructuraron estas ideas a través de herramientas como el *Lienzo 6x6*. Finalmente, se priorizaron las soluciones más relevantes con ayuda del *Lienzo Costo-Impacto*.
- Prototipar: Se realizó un prototipo dentro de la plataforma *Spatial.io* en el que se representa la experiencia que sentirá el usuario/cliente en el nuevo modelo de entrenamiento que se está proponiendo para mejorar la capacitación inmersiva y el reconocimiento de riesgos relacionados con la seguridad en minería. Esta plataforma permite la colaboración entre usuarios conectados a través de distintos dispositivos.
- Testear: El testeo se llevó a cabo con la participación de los participantes que formaron parte de la entrevista inicial, así como participantes nuevos que interactuaron con el prototipo de este proyecto, validando luego de distintas iteraciones la solución propuesta. El testeo se llevó a cabo dentro de uno de los campamentos mineros ubicado en la ciudad de Junín, y en la ciudad de Lima, fuera de su jornada laboral. Para experimentar el prototipo, los 33 participantes entre usuarios/clientes tuvieron que colocarse las gafas de Realidad virtual brindadas, y hacer un recorrido virtual dentro de distintos entornos de trabajo, para finalmente realizar un cuestionario de retroalimentación sobre la experiencia con este prototipo.

### 4.3 Carácter Innovador del Producto o Servicio

En la actualidad, las compañías mineras tienen planes de capacitación en temas de seguridad regulados por el DS 024-2016-EM, sin embargo, estas capacitaciones no alcanzan el nivel de eficacia esperado debido a que gran parte de su contenido es teórico, monótono y no genera un impacto en los participantes, como se resume en los patrones de las entrevistas a los usuarios indicados en el Capítulo III.

Como respuesta a este problema, se ha ideado una solución integral que utiliza tecnologías innovadoras con el fin de mejorar la capacitación del personal. Esta solución incluye entrenamientos inmersivos que reproducen fielmente las condiciones del entorno de trabajo real. Estos entornos físicos se digitalizan utilizando técnicas avanzadas de renderizado, como el *Gaussian Splatting* (GS). Posteriormente, los usuarios pueden interactuar con estos entornos digitalizados a través de la Realidad Virtual (RV), lo que les permite, por ejemplo, explorar una mina sin necesidad de estar físicamente presentes en el lugar. Además, esta propuesta se distingue por su enfoque innovador, al integrar la Inteligencia Artificial, en particular en el campo de la Visión por Computador (VC), facilitando la identificación automatizada de peligros y riesgos tanto durante el entrenamiento como en la ejecución de trabajos. En resumen, las nuevas tecnologías planteadas para mejorar la capacitación con el objetivo de reducir los accidentes en minería son:

- ***Gaussian Splatting***: Técnica de renderizado que permite digitalizar rápidamente el entorno de trabajo, creando un gemelo digital que conserve todas las condiciones reales.
- **Realidad Virtual**: Permite a los trabajadores entrar en el espacio virtual de trabajo e interactuar con él, experimentando situaciones reales de forma remota y segura.

- **Visión por computador:** Permite identificar automáticamente los peligros dentro del espacio virtual de trabajo sin necesidad de exponerlos a los riesgos reales del lugar de trabajo físico.

A continuación, en la Tabla 9 se esquematiza el alcance de esta nueva propuesta y su carácter innovador.

**Tabla 9**

*Capacitación y entrenamiento en minería*

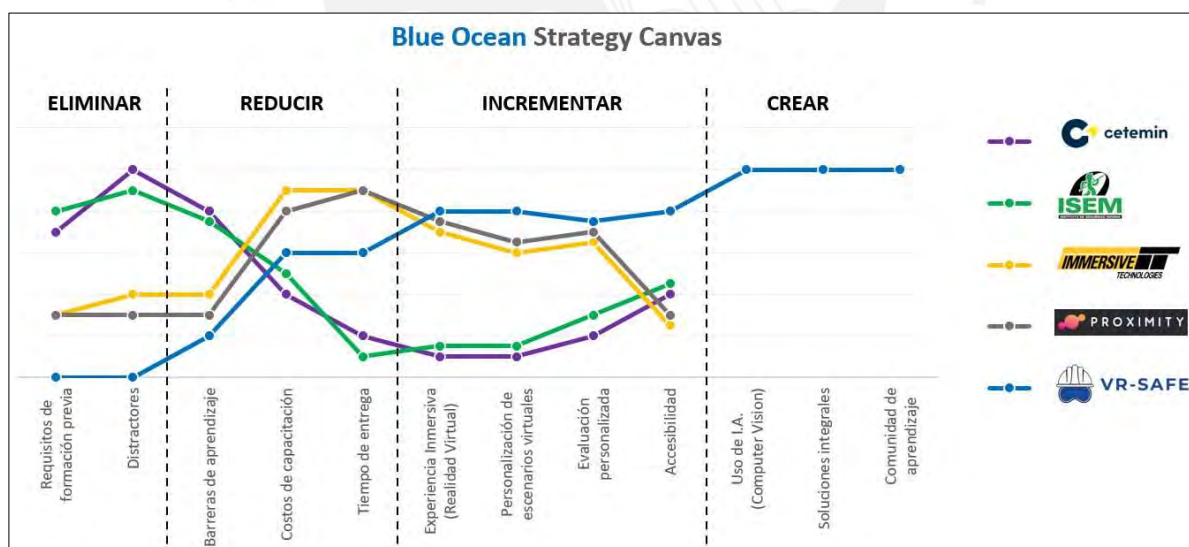
	Enfoque	Tradicional	Innovador
1	Tecnología	Limitado a aulas o plataformas e-learning.	Inmersiva y dinámica, utilizando tecnologías como <i>Gaussian Splatting</i> , Realidad Virtual y Visión por Computador.
2	Objetivo	Transmitir conocimientos básicos de seguridad.	Entrenar en situaciones reales y peligrosas de forma segura, con mayor retención del conocimiento.
3	Metodología	Expositiva, pasiva y unidireccional.	Interactiva, experiencial y personalizada.
4	Recursos	Manuales, presentaciones, videos pregrabados.	Entorno virtual 3D, gafas de Realidad Virtual, software de visión artificial.
5	Escalabilidad	Limitada por la capacidad física de las aulas o la plataforma online.	Altamente escalable, permitiendo la formación simultánea de un gran número de trabajadores.

En general, la propuesta tradicional tiene un enfoque estático, ya que los trabajadores reciben capacitación de seguridad en un entorno limitado y sin interacción, enfocándose muchas veces en la sensibilización y respuesta a los accidentes después de que han ocurrido. La propuesta innovadora tiene un enfoque dinámico e inmersivo, ya que permite a los trabajadores experimentar situaciones reales de forma segura y se enfoca en la prevención de accidentes antes de que ocurran. Esta propuesta innovadora permite la capacitación a través de equipos remotos, lo que amplía su alcance y flexibilidad y además se centra en la lógica del usuario, adaptando la capacitación a las necesidades específicas de los trabajadores.

El marco de estrategia de la propuesta innovadora de VR-SAFE se puede resumir a través del Lienzo del Océano Azul (ver Figura 11), donde se muestra que se busca plantear un nuevo espacio de mercado ofreciendo la propuesta de valor única.

**Figura 11**

*Lienzo de estrategia del Océano azul*



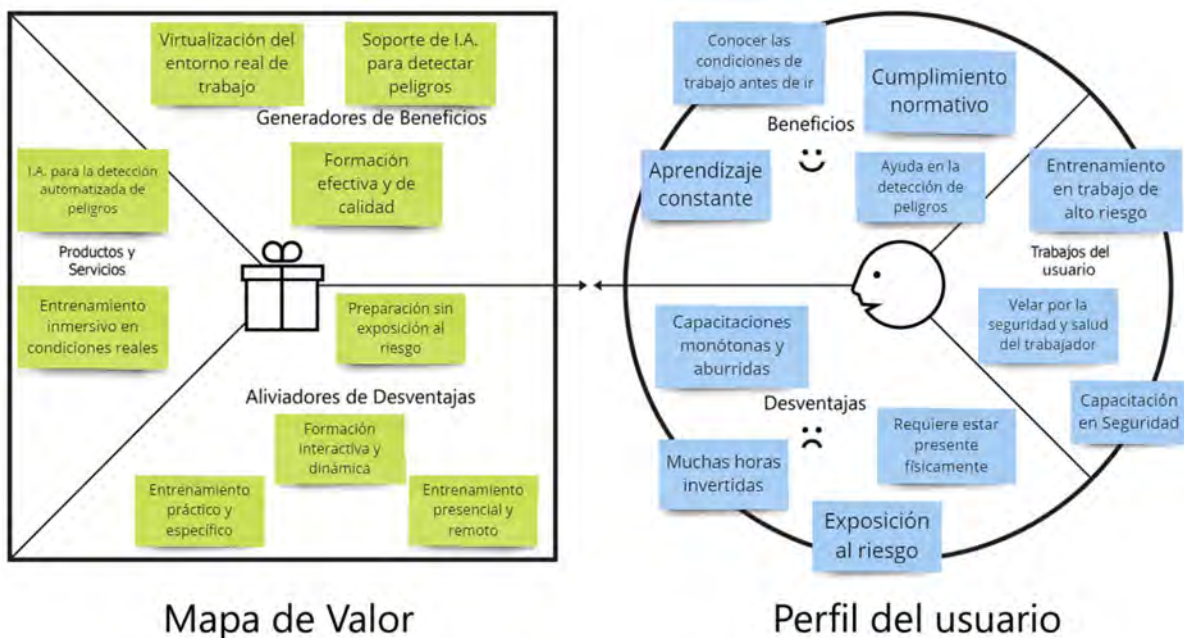
#### 4.4 Propuesta de Valor

En la Figura 12 se presenta cómo la propuesta planteada agrega valor a los trabajadores (usuarios) y a los clientes (empresas) al mejorar la capacitación y entrenamiento del personal en seguridad y reducir los accidentes. La propuesta de valor ofrece una

experiencia de entrenamiento inmersiva que permite a los trabajadores practicar tareas peligrosas bajo condiciones reales simuladas y controladas desde un entorno remoto, seguro y sin la necesidad de entrar a la mina a través del uso de gafas de Realidad Virtual. Además, la propuesta integra inteligencia artificial para la identificación de potenciales riesgos no reconocidos por el usuario, ofreciendo así retroalimentación sobre las condiciones del entorno.

**Figura 12**

*Lienzo Propuesta de Valor*



De acuerdo con un estudio de PwC (2023), se tienen cinco hallazgos principales (ver

Tabla 10) sobre el valor de la Realidad Virtual en el entrenamiento de habilidades:

1. El trabajador que asiste a cursos de Realidad Virtual puede obtener capacitación hasta cuatro veces más rápido.
2. Los estudiantes de Realidad Virtual tienen mayor seguridad en aplicar lo que se les enseña.
3. El contenido de Realidad Virtual tiene un mayor impacto emocional en el trabajador.

4. Los estudiantes de Realidad Virtual tienen una mayor concentración.
5. El aprendizaje de RV puede ser más económico.

**Tabla 10***Efectividad en Capacitaciones con RV versus Métodos de Capacitación Tradicional*

Factor	Efectividad en Capacitaciones RV
4x	Más rápido para entrenar eso en el aula.
275%	Más confianza para aplicar las habilidades aprendidas después del entrenamiento.
3.75x	Más conectados emocionalmente con los contenidos que en el aula de clases.
4x	Más enfocados que sus compañeros de <i>e-learning</i> .
0	Riesgo durante capacitación

*Nota.* Adaptado de “Capacitar a los colaboradores a través de Realidad Virtual,” por PwC, 2023 (<https://www.pwc.com/co/es/pwc-insights/capacitar-colaboradores-realidad-virtual.html>).

Además, de acuerdo con Ludus (2023), este tipo de capacitación utiliza tecnología de Realidad Virtual para crear un entorno simulado en el que los empleados pueden aprender a realizar sus tareas de forma segura y eficiente. Además, la Realidad Virtual es perfecta para aplicaciones de entrenamiento inmersivo donde el estudiante se beneficia al encontrarse dentro de un contexto específico, como en situaciones de formación que implican alto riesgo para la seguridad y la salud. Asimismo, de acuerdo a lo descrito anteriormente con respecto al “Cono de la experiencia” de Edgar Dale basada en la Figura 3 se enfatiza que las situaciones que representan un mejor aprendizaje son escalables, y van desde la cima con los “Símbolos orales” hasta la base con la “Experiencia directa”. En el segundo nivel de la base de la pirámide se encuentra la “Experiencia simulada”, la cual indica que un gran nivel de aprendizaje se da con la exposición a simulaciones de situaciones específicas. Esto puede lograrse gracias a los escenarios simulados dentro de dispositivos de Realidad Virtual.

En general, el uso de estas tecnologías puede ayudar a los trabajadores a aprender con mayor rapidez, retener mejor la información, conocer las condiciones reales del entorno de trabajo, mejorar su confianza y reducir los accidentes generados por acciones subestándar, bajo condiciones controladas y a un menor costo.

Checa et al. (2021), en su artículo de investigación: “Oportunidades de la Realidad Virtual en la reducción de riesgos laborales en la Industria 4.0”, analizó a través de dos experimentos las posibilidades de la Realidad Virtual Inmersiva (RVI) en la formación en prevención de riesgos laborales en la industria manufacturera actual, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- El 86% nunca había usado dispositivos de RV de manera inmersiva.
- La satisfacción fue alta, con el 68% calificándola como "muy buena" y el 32% restante como "buena".
- Con respecto a la utilidad, el 82% pensó que el simulador les ayudaría a aprender a operar puentes grúa y el 91% creía que el simulador les había ayudado a comprender los riesgos inherentes al funcionamiento de este equipo.
- Con respecto al realismo, los usuarios otorgaron una media de 8.2 sobre 10 a la recreación de la fábrica y 8.1 al nivel de presencia experimentada (sensación subjetiva de estar en un entorno distinto).

#### **4.5 Producto Mínimo Viable (PMV)**

En la versión 1 del prototipo se planteó el uso de gafas de Realidad Virtual, el cual se sometió a prueba con distintos usuarios, quienes dieron la retroalimentación necesaria para ajustar el prototipo hasta llegar a la versión 2. Las retroalimentaciones se recogieron en cada iteración (ver Apéndice E).

En la versión 2 del prototipo se incluyó tecnologías de Renderizado Volumétrico para hacer el modelo más realista y fiel a las condiciones reales del entorno. Este modelo se

sometió a prueba con distintos usuarios, quienes dieron la retroalimentación necesaria para pasar a la versión definitiva del prototipo. Las retroalimentaciones se recogieron en cada iteración (ver Apéndice E).

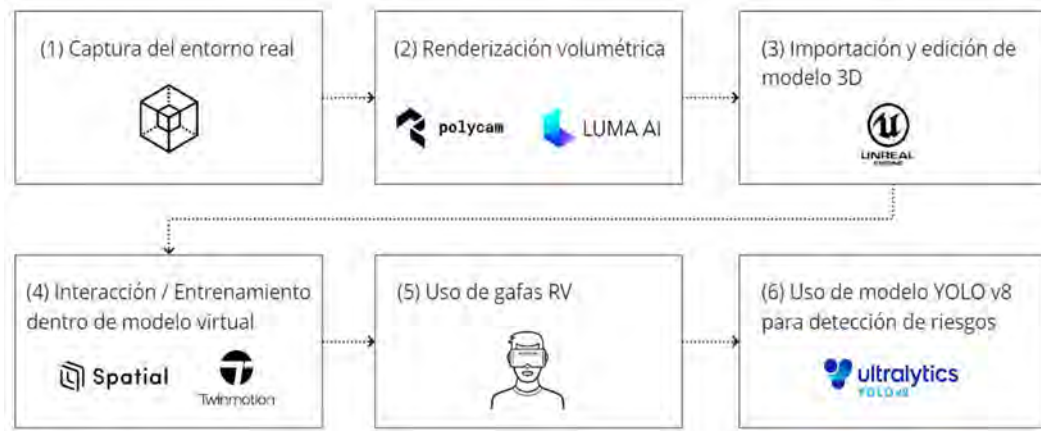
Después de dos iteraciones desarrolladas con los usuarios, se llegó a establecer el PMV (ver Figura 13) que integra tecnologías de Renderizado Volumétrico como *Gaussian Splatting*, de Realidad Virtual utilizando gafas de RV, que incluyen funcionalidades especiales como sensores de movimiento y controladores hápticos que generan vibraciones al momento de interactuar con los elementos virtuales para dar una mayor sensación de realismo; y además se complementa con modelos de Visión por Computador para la detección automatizada de peligros y riesgos sobre las condiciones del entorno.

**Figura 13**

*Producto Mínimo Viable (PMV)*

<b>Producto Mínimo Viable</b>			
Project Name: <b>VR-SAFE</b>		Made by: <b>MBA172 - G3</b>	START date / time: <b>2023</b> END date / time: <b>2024</b>
<b>Para quien?</b> Trabajadores Mineros <ul style="list-style-type: none"> <li>Personal obrero de mina</li> <li>Operadores de maquinaria</li> <li>Personal de mantenimiento</li> <li>Supervisores</li> <li>Nuevos empleados</li> </ul> Empresas Mineras <ul style="list-style-type: none"> <li>Departamentos de seguridad y salud</li> <li>Equipos de entrenamiento</li> <li>Gerentes de operaciones</li> </ul>	<b>Debe tener?</b> Módulo de entrenamiento: <ul style="list-style-type: none"> <li>Escenarios inmersivos para tareas críticas.</li> <li>Seguimiento del progreso y evaluación del desempeño.</li> </ul> Interfaz intuitiva y fácil de usar. Instrucciones claras y precisas. Plataformas de realidad virtual compatible con diferentes headset (Oculus Quest 2, HTC Vive Pro 2). Feedback una vez culminada la capacitación	<b>Debería tener</b> Gamificación. Elementos de juego para aumentar la motivación y el engagement. Sistema de recompensas por logros Realidad social. Interacción entre usuarios en los escenarios virtuales Colaboración en tareas de entrenamiento Adaptación del contenido a las necesidades del usuario Recomendaciones personalizadas	<b>Podría tener</b> Extracción de información del comportamiento del usuario en los escenarios Predicción de riesgos y prevención de accidentes Entorno virtual controlado para la toma de decisiones Conectividad con dispositivos. Integración de sensores y equipos reales en los escenarios virtuales Entrenamiento en un entorno similar al real
<b>Backlog</b> Integración con plataformas de e-learning. Acceso a contenido de capacitación adicional Seguimiento del progreso en un solo lugar Soporte en varios idiomas	<b>Alternativas</b> Cursos en aula física o virtual      Aprendizaje basado en juegos. Refuerzo de conceptos de seguridad de forma lúdica      Simuladores estacionarios. Entornos virtuales para practicar tareas críticas Talleres prácticos. Simulación de escenarios en un entorno controlado      Coaching. Acompañamiento individualizado por parte de un experto		

A continuación, se resume el flujo de trabajo (ver Figura 14) para desarrollar el modelo de entrenamiento (PMV), el cual se estructura en seis (6) pasos.

**Figura 14***Flujo de desarrollo del PMV*

A continuación, se detalla la secuencia de procesos que integran todas las herramientas necesarias para la elaboración del PMV:

- Captura del entorno real a través de cualquiera de las siguientes opciones (ver Figura 15): un smartphone, una cámara 360°, un celular con sensor lidar integrado, drone, un escáner láser. Para la demostración del PMV se hizo una captura de un tramo de 100m. del socavón de la mina San Cristobal ubicada en Yauli, La Oroya, Junín, y pertenece a la compañía Minera Volcan. Esta captura y el procesamiento del modelo se dio durante el mes de diciembre del año 2023. Se consideró esta mina debido a que mantiene las condiciones representativas de un socavón tradicional.

**Figura 15**

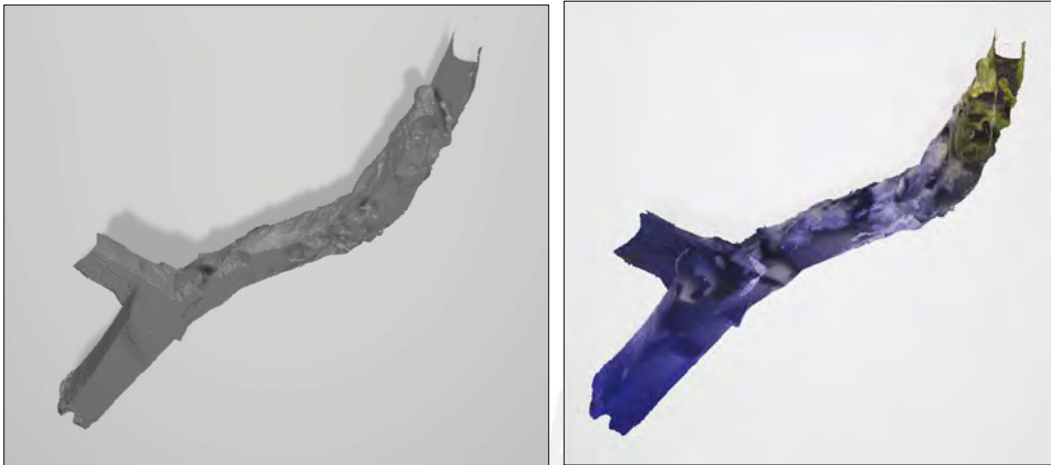
*Captura del entorno real*



- Procesamiento de información y renderizado volumétrico (ver Figura 16) con software basado en modelos *Gaussian Splatting* a través de plataformas como *LUMA AI*. El renderizado volumétrico es una tecnología que permite crear modelos 3D completos a partir de imágenes 2D, como fotografías o videos. A diferencia de los modelos 3D tradicionales, que solo representan la superficie de un objeto, los modelos volumétricos capturan la forma y el volumen completos del objeto.

**Figura 16**

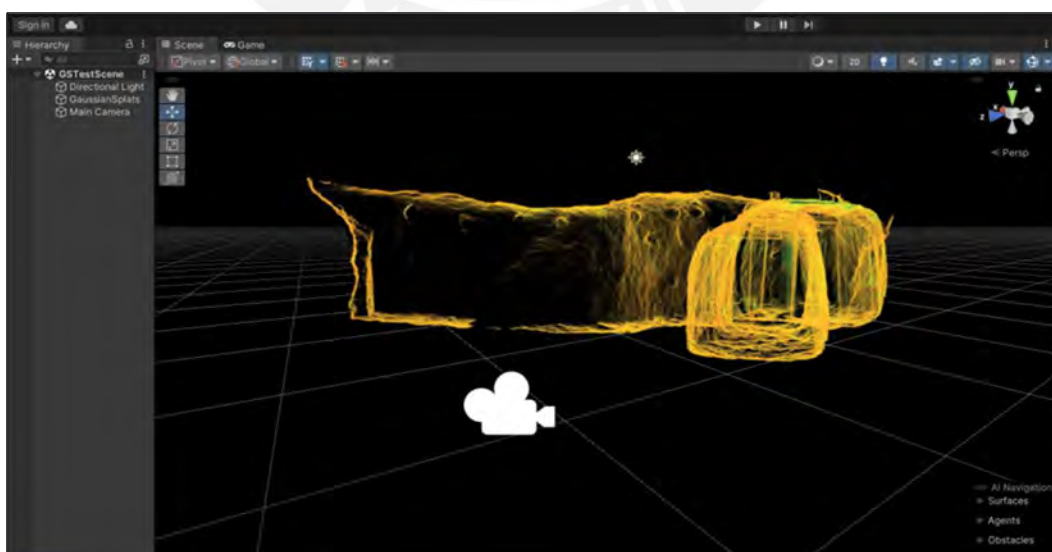
*Procesamiento de información*



- Importación y edición del modelo volumétrico renderizado en software de modelado como Unreal Engine (ver Figura 17). A través de este software se importa el modelo y se asignan los parámetros necesarios para su representación como escala, color, orientación, coordenadas, etc. A su vez, cuenta con un módulo de interacción con dispositivos de Realidad Virtual.

**Figura 17**

*Renderizado volumétrico*



- Interacción con el entorno dentro del modelo virtual (ver Figura 18) en plataformas como Twinmotion (servidor local) o Spatial (online). A continuación, se representa la vista que tiene el usuario del escenario virtual previamente importado.

### Figura 18

*Interacción dentro del modelo virtual*



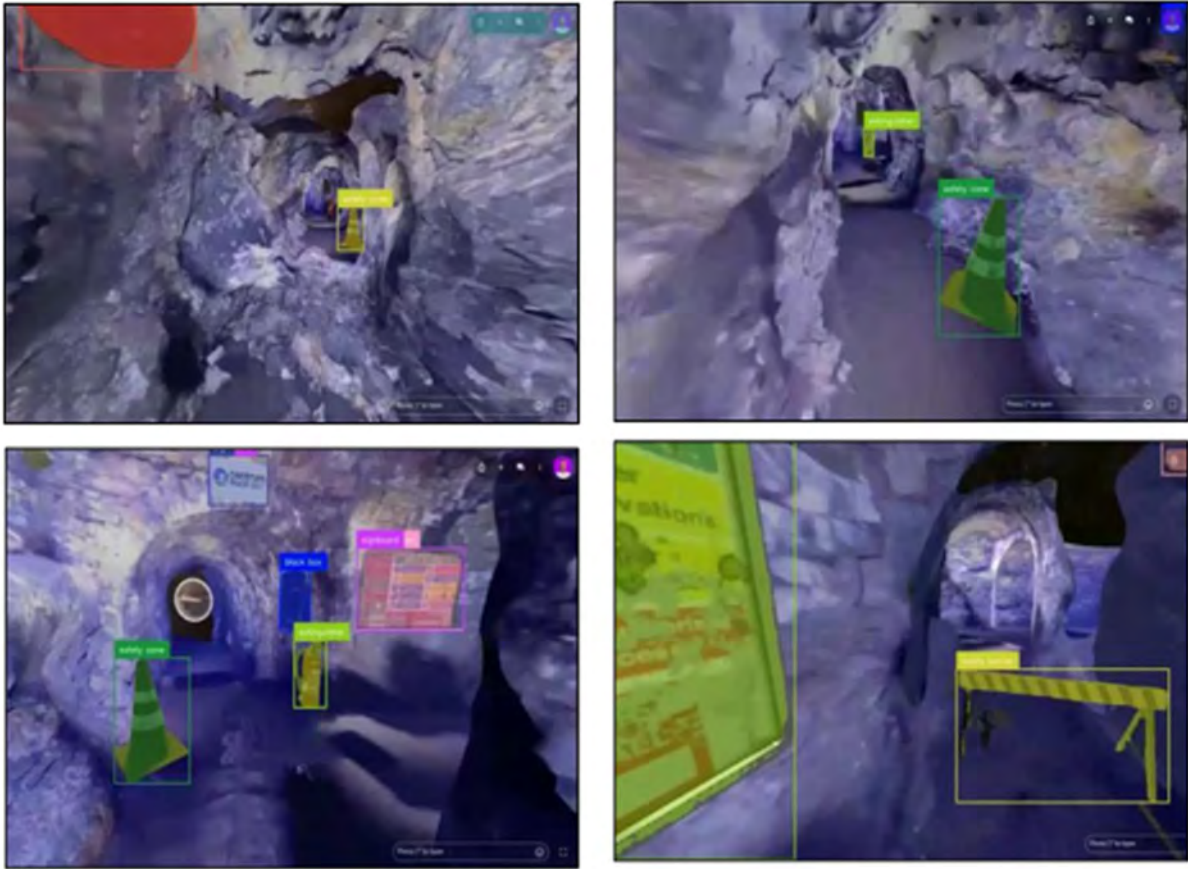
- (5). Uso de dispositivos de Realidad Virtual (ver Figura 19) para la interacción y entrenamiento inmersivo con el modelo virtual. Para este estudio se hizo uso de las gafas de Realidad Virtual *Meta Quest 2*. Este accesorio incluye sensores de movimiento que permiten tener una experiencia inmersiva dentro del modelo.

**Figura 19**

*Uso de gafas de Realidad Virtual*



(6). Uso de YoloV8 para la detección automatizada de potenciales riesgos (ver Figura 20) que se pueden detectar en el espacio de trabajo durante el entrenamiento. A continuación, se muestran capturas del recorrido que experimentaría el usuario con el uso de las gafas de Realidad Virtual.

**Figura 20***Detección de riesgos potenciales con Visión por computador*

A continuación, se muestran capturas de la interacción (ver Figura 21) de los participantes (clientes potenciales) con el PMV. De estas interacciones se obtuvieron las retroalimentaciones que se resumen en el Apéndice E.

**Figura 21***Interacción de usuarios con PMV*



El flujo de trabajo y la integración de la propuesta planteada se muestra en el Apéndice E.

#### 4.6 Resumen

Este capítulo se enfoca en abordar el desafío de reducir el índice de accidentes laborales en el sector minero mediante una propuesta innovadora. Se emplea la metodología *Design Thinking*, involucrando a los usuarios desde el inicio con entrevistas y pruebas de prototipos para identificar sus necesidades y generar soluciones creativas, culminando en el desarrollo de VR-SAFE como la mejor alternativa de solución.

VR-SAFE se basa en un servicio que integra tecnologías de vanguardia como *Gaussian Splatting*, Realidad Virtual y Visión por Computador. Esto permite desarrollar capacitaciones inmersivas bajo las condiciones reales de su entorno de trabajo, ofreciendo una experiencia de entrenamiento personalizada y efectiva para los trabajadores mineros.

La solución VR-SAFE ofrece la posibilidad de practicar tareas peligrosas de una forma segura y controlada dentro de un entorno simulado. Además, utiliza visión por computador para identificar automáticamente potenciales peligros y proporcionar retroalimentación en tiempo real. Esto ha demostrado ser eficaz en la mejora de la capacitación y tiene el potencial de tener un impacto positivo en la seguridad de los trabajadores mineros, mejorando su capacidad para la identificación de peligros y su percepción del riesgo.

## Capítulo V. Modelo de Negocio

En este capítulo se presenta el Lienzo de Modelo de Negocio, donde se identifica la propuesta de valor que brindará VR-SAFE en el mercado, así como su viabilidad y el análisis de tendencia de sostenibilidad.

### 5.1 Lienzo del Modelo de Negocio

Este lienzo de *Business Model Canvas* (BMC) permite identificar los elementos claves del modelo y la interacción entre ellos, a través del cual se ofrece y capta valor para el negocio. A continuación, se desarrolla cada uno de los bloques establecidos en el BMC (ver la Figura 22):

**Segmentación del Mercado.** Empresas formales del sector minero, ya sean grandes, medianas o pequeñas, que busquen reducir los accidentes de su personal. Estos trabajadores son de las diferentes unidades mineras, tienen entre 18 y 65 años y residen en Perú. Pueden tener cargos profesionales, técnicos u obreros, sin distinción de nivel socioeconómico, sexo, raza o credo.

**Propuesta de valor.** El modelo se basa en proporcionar un entrenamiento inmersivo para las actividades laborales más riesgosas en la industria minera, priorizando la seguridad del trabajador por encima de todo lo demás. Este entrenamiento se llevará a cabo a través de Realidad Virtual bajo las condiciones de un entorno real de trabajo y mostrando diversos escenarios laborales. Además, contará con el respaldo de Inteligencia Artificial, actuando como una herramienta de soporte para la identificación de potenciales riesgos, fortaleciendo así la preparación y generando mayor confianza en el trabajador.

El costo por el servicio de capacitación y entrenamiento inmersivo por persona es de S/ 770.00 anuales. El servicio de capacitación y entrenamiento inmersivo se llevará a cabo de forma presencial y segura, generando la sensación de estar en el lugar de trabajo dentro de la mina. Este servicio puede ser ofrecido tanto en espacios de capacitación específicos en la

ciudad de Lima como dentro de cada Unidad Minera. La plataforma tiene capacidad para cien (100) usuarios simultáneos, sin necesidad de que todos estén físicamente en el mismo lugar o conectados a la misma red de internet. La efectividad de la capacitación y entrenamiento con el uso de la Realidad Virtual es cuatro (4) veces más rápida, en comparación con la capacitación tradicional.

**Realismo:** El entorno virtual replica fielmente las condiciones reales de trabajo, permitiendo al personal familiarizarse con los riesgos y practicar sus habilidades en un contexto seguro y controlado.

**Seguridad:** La Visión por Computador identifica y alerta al personal sobre peligros potenciales durante el entrenamiento, mejorando la prevención de accidentes.

**Personalización:** Se puede adaptar a las necesidades específicas de cada empresa minera y a los diferentes tipos de riesgos que enfrenta el personal.

**Relación con clientes.** A través de asistencia personalizada, asesoramiento técnico, actualizaciones periódicas y mejoras continuas del software, se ofrece soporte técnico especializado. También se establecerán sesiones de formación y asesoramiento para brindar apoyo adicional en la implementación de nuevos módulos de aprendizaje. Es importante también la creación de comunidades para fomentar la interacción, el aprendizaje colaborativo y la retroalimentación constante. Además, se participará en eventos y ferias especializadas en el sector minero, como PERUMIN, donde se establecerán importantes contactos y se realizarán ventas directas.

**Canales.** Los canales de distribución se diversifican a través de distintos medios. En primer lugar, se aprovechan los sitios web como puntos primarios de venta. Además, se cuenta con una fuerza de ventas activa para la promoción y comercialización del servicio. Asimismo, se llevan a cabo talleres presenciales en colaboración con instituciones

destacadas, como el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú y el Colegio de Ingenieros del Perú – Capítulo de Ingenieros de Minas.

Respecto a los canales de comunicación, la presencia en redes sociales es importante, con un enfoque particular en LinkedIn, YouTube y Facebook para establecer conexiones profesionales y promover el servicio. Se complementa esta estrategia con la organización de seminarios y la difusión de marketing de contenidos a través de blogs especializados. Además, se considera importante la presencia en plataformas y revistas especializadas en el sector, como Rumbo Minero, para llegar a una audiencia específica y altamente interesada en las novedades y productos del mercado minero.

**Fuentes de ingreso.** Se dará principalmente a través de servicios personalizados de capacitación y entrenamiento inmersivo ofrecidos por VR-SAFE a las empresas mineras, con un costo promedio de S/ 770.00 Soles por el servicio integral de capacitación y entrenamiento por persona anualmente. Además, se plantea tener una segunda fuente de ingresos a través de la creación de módulos estándar de trabajos específicos a los que se puede acceder desde cualquier dispositivo, bajo la modalidad de "Pago por uso".

**Socios clave.** Para el éxito de la propuesta es fundamental establecer alianzas estratégicas con socios clave que aporten valor y complementen las capacidades. Se considera como socios clave a las empresas tecnológicas que comercialicen hardware y desarrollen software especializado, así como a instituciones educativas y de investigación como el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. También se considera a las instituciones regulatorias como el Ministerio de Energía y Minas., El Ministerio del Trabajo, el Colegio de Ingenieros, etc.

**Actividades clave.** Para sostener este modelo de negocio basado en tecnología, la actividad principal consiste en la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), ya que se enfrenta constantemente a nuevas actualizaciones en la industria de la inteligencia artificial y

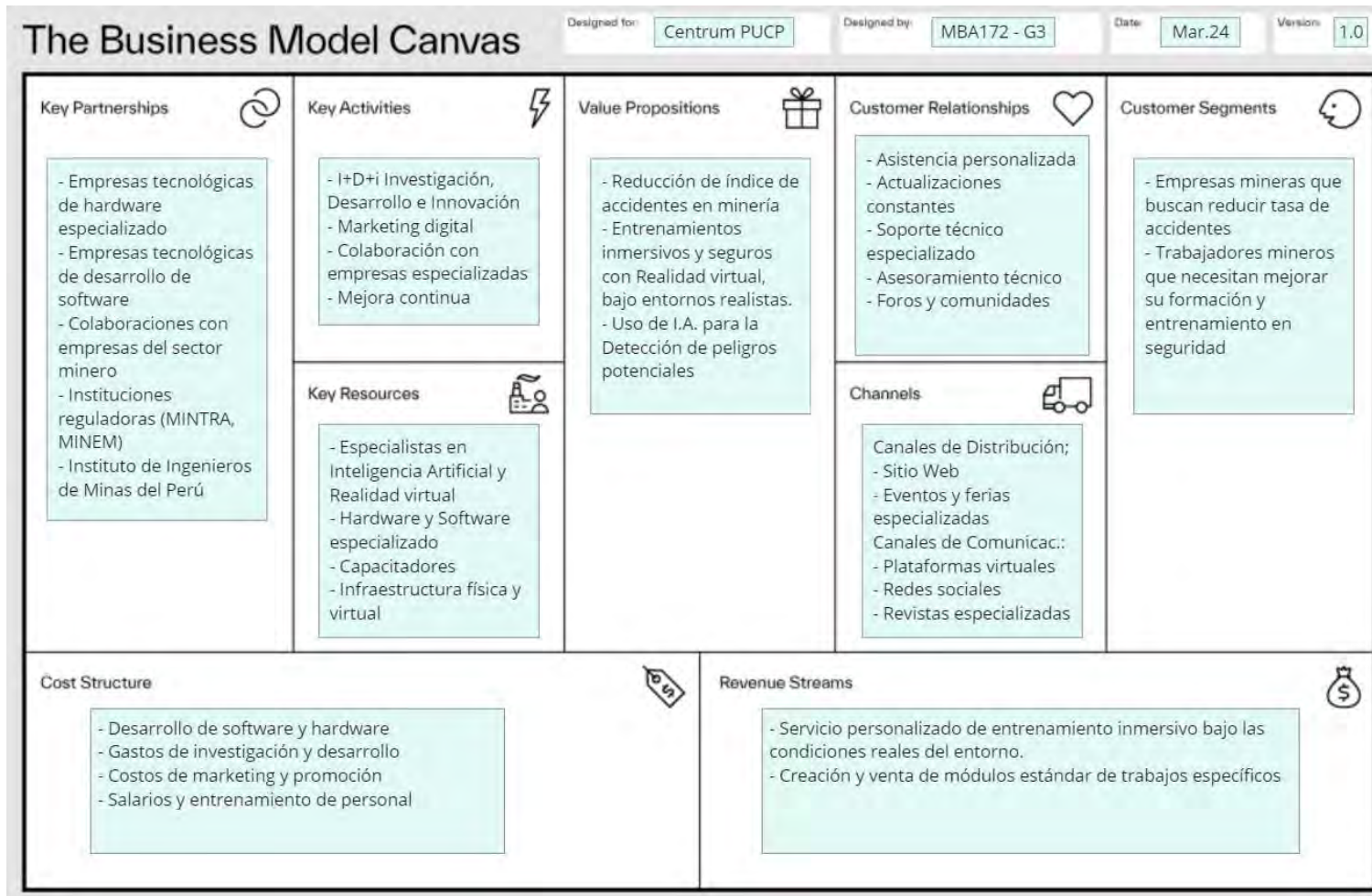
realidad virtual. Se considera además el desarrollo y mantenimiento de la plataforma, la creación de contenido y la personalización, de acuerdo con la necesidad del cliente. Además, se plantea la generación de leads y oportunidades de negocio mediante estrategias de marketing digital y contacto con socios clave y clientes potenciales; e impulsar una cultura de mejora continua como la recopilación de *feedback* de los clientes para conocer su satisfacción y potenciales áreas de mejora. Como parte de las actividades clave se incluye también el soporte técnico, encargado de asegurar el funcionamiento operativo de los equipos, y a los especialistas en capacitación y entrenamiento que serán el contacto directo con los usuarios.

**Recursos clave.** Los recursos más importantes para sostener este modelo de negocio son los profesionales especialistas en Realidad Virtual y Visión por Computador, así como los capacitadores, personal de ventas, personal de T.I., etc. Es importante considerar también el hardware y software necesarios que deberán ser constantemente actualizados y renovados. Se incluye también la infraestructura tanto física como virtual para asegurar el funcionamiento y operatividad de la plataforma, como el mantenimiento del Hosting y el servicio de internet.

**Estructura de costos.** Principalmente referido a inversiones para el desarrollo de software y hardware, gastos de licenciamiento de tecnología, gastos de soporte técnico, costos de marketing y promoción, gastos de investigación y desarrollo, gastos de venta, gastos administrativos como salarios y entrenamiento de personal, gastos de servicios de internet y mantenimiento de hosting, entre otros. Los pagos se podrán realizar con efectivo, o tarjetas de crédito y débito a través de la pasarela de pagos configurada en la página web.

Figura 22

## Business Model Canvas



## 5.2 Viabilidad del Modelo de Negocio

VR-SAFE busca mejorar la formación de estos trabajadores con el objetivo de reducir los accidentes laborales en el sector minero. Financieramente, el modelo busca ser sustentable a través de servicios integrales de entrenamientos y la venta de módulos estándar de trabajos específicos; para el escenario esperado se tiene un Valor Actual Neto (VAN) de S/ 5'352,774.00 Soles y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 121.02 %. El Capítulo VI ofrece una explicación más detallada de los fundamentos de estos resultados. Socialmente, el modelo busca reducir la tasa de accidentes en el sector minero peruano en un 0.5% anual, logrando un VAN social de S/ 13'609,513.23 Soles en un periodo de cinco años. El Capítulo VII ofrece una explicación más detallada acerca de los resultados.

## 5.3 Escalabilidad/Exponencialidad del Modelo de Negocio

Según el MINEM (2023) en Perú se tuvo un total de 233,359 trabajadores directos en la industria minera, tanto de compañía como contratistas, que incluye tanto a profesionales como operarios. El potencial mercado de VR-SAFE es extenso y se mantiene en constante crecimiento. Se debe tomar en cuenta además que este modelo de negocio es altamente escalable a distintas industrias como el sector de construcción, sector industrial manufacturero, sector agrario, sector oil & gas, etc., tanto en el Perú como a nivel Latinoamérica, y posteriormente, a nivel mundial.

De acuerdo con el PMI (2022), Luis Felipe Quiroz, presidente del Gremio de Construcción e Ingeniería de la Cámara de Comercio de Lima, hay alrededor de 23,700 compañías constructoras y 62,200 compañías inmobiliarias, registrando entre ambas un total de 1 millón de trabajadores. De acuerdo con el diario oficial El Peruano (2021), en el sector industrial manufacturero se tienen más de 1.5 millones de empleos en todo el país. Para que el proyecto sea escalable, es necesario que su implementación y administración sean simples.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones para mejorar la escalabilidad del proyecto:

- Utilizar plataformas SaaS (Software como servicio). Una plataforma SaaS es una plataforma de software que se aloja en la nube y se accede a través de Internet. Las plataformas SaaS son escalables, ya que pueden ampliarse o reducirse fácilmente para adaptarse a la demanda.
- Utilizar módulos estándar preestablecidos. El contenido preestablecido es contenido que se ha creado previamente y que se puede reutilizar. El uso de contenido preestablecido puede ayudar a reducir los costes de desarrollo y producción.
- Automatizar las tareas administrativas. Este proceso puede ayudar a liberar recursos para centrarse en el desarrollo de nuevos contenidos y funciones.

#### **5.4 Resumen**

Este capítulo presenta el Lienzo de Modelo de Negocio de VR-SAFE, detallando su propuesta de valor en el mercado minero, su viabilidad y el análisis de tendencia de sostenibilidad. El Lienzo del Modelo de Negocio (BMC) identifica los elementos claves del modelo y la interacción entre ellos, destacando la segmentación del mercado hacia empresas mineras formales que buscan reducir accidentes. La propuesta de valor de VR-SAFE se centra en proporcionar un servicio de capacitación inmersiva, con un costo promedio de S/ 770.00 Soles por persona anualmente.

Los canales de distribución y comunicación incluyen sitios web, fuerza de ventas, talleres presenciales y redes sociales, con un énfasis en LinkedIn, YouTube y Facebook. Las fuentes de ingreso provienen de servicios de capacitación inmersiva personalizada y de módulos estándar de trabajos específicos. Los socios clave incluyen empresas tecnológicas, instituciones educativas y reguladoras. Las actividades clave se centran en I+D+i, desarrollo

de plataforma y soporte técnico. Los recursos clave abarcan principalmente a profesionales especializados, hardware, software e infraestructura.

En cuanto a la viabilidad financiera, el VAN y TIR para el escenario esperado son S/ 5'352,774.00 Soles y 121.02% respectivamente. Socialmente, busca reducir la tasa de accidentes en un 0.5% anual, generando un VAN social de S/ 13'609,513.23 Soles en cinco años. La escalabilidad del modelo se evidencia en el gran potencial del mercado minero peruano, así como su adaptabilidad a otras industrias como construcción, manufactura, agrícola y oil & gas, tanto en Perú como en Latinoamérica y a nivel mundial.



## **Capítulo VI. Solución Deseable, Factible y Viable**

En este capítulo se demostrará qué tan factible y viable es el servicio propuesto. El primer paso es comprobar la validación del servicio propuesto. La verificación se realizará con los clientes que son quienes reciben los servicios de capacitación en minería, ellos son a quienes se entrevistó para validar las sugerencias que son necesarias y útiles, además se involucró a los usuarios que son el objetivo de este proyecto.

La implementación de un plan de marketing será el segundo paso para validar la solución propuesta. Con este plan se podrán estimar las ventas utilizando una proyección de demanda en el mercado, que dará cuál es el potencial del proyecto. Este plan también se enfoca en la promoción de los servicios propuestos. Por lo tanto, el plan operativo está estructurado de tal manera que permite definir los requisitos de infraestructura y logística del proyecto.

El tercer paso de este capítulo trata sobre la planificación de inversiones, la elaboración de presupuestos y el uso de escenarios pesimistas y optimistas para crear planes de contingencia ante riesgos comerciales, como la disminución de las ventas y otros. Se enfoca en la validación financiera de la propuesta mediante la presentación de una simulación, esto ayudará a determinar la rentabilidad de la empresa a través de los resultados de los indicadores financieros. Finalmente, se presentará el resumen del análisis de viabilidad financiera del negocio.

### **6.1 Validación de la Deseabilidad de la Solución**

#### ***6.1.1 Hipótesis para Validar la Deseabilidad de la Solución***

Para la identificación de las hipótesis se muestran a los potenciales clientes las funcionalidades y beneficios del prototipo dentro de la plataforma de Realidad Virtual para el entrenamiento en actividades de alto riesgo. De esta manera, se puede conocer las condiciones reales del entorno de trabajo, contando además con un soporte de visión artificial

que advertirá de los potenciales riesgos a los que se estarán sometidos durante el entrenamiento. Se han identificado hasta tres hipótesis que se utilizarán para el presente modelo de negocio:

- H1. Hipótesis de deseabilidad: Se cree que las empresas mineras buscan un servicio integral de capacitación y entrenamiento en seguridad que contribuya a mejorar el comportamiento y actitud del trabajador alineado a la política en cuanto a la prevención de accidentes laborales.
- H2. Hipótesis de factibilidad: Creemos que las empresas mineras adquirirían un servicio integral de capacitación inmersiva que potencie el conocimiento y comportamiento seguro de los trabajadores, si el precio fuera similar o menor al de la capacitación tradicional.
- H3. Hipótesis de usabilidad: Creemos que las empresas que usen el servicio de capacitación y entrenamiento integral en entornos virtuales realistas volverían a usar nuevamente el servicio para mejorar la experiencia de aprendizaje del personal y contribuiría a la reducción de accidentes.

La hipótesis propuesta es que un modelo de negocio de capacitación inmersiva con el uso de Realidad Virtual debería mejorar el aprendizaje y por ende el comportamiento de las personas a través de las capacitaciones con el fin de reducir el índice de accidentes en las empresas mineras ya sean de la gran, mediana y pequeña minería en el Perú. De hecho, para la prueba y validación de las hipótesis se utilizó un enfoque cualitativo con análisis del *feedback* recibido de los potenciales clientes.

### **6.1.2 Experimentos para Validar la Deseabilidad de la Solución**

Al ubicarse geográficamente, el problema seleccionado fue analizado en la región central del Perú, a una altitud de 4,750 msnm, dentro de la mina San Cristobal – Carahuacra administrada por Volcan Compañía Minera. A través de las entrevistas que se realizaron, se

aprendió sobre el dolor que presentan los mismos trabajadores y las preocupaciones que tienen sobre su seguridad y el bienestar de los trabajadores en general. Para la validación de las hipótesis, se invitó a los potenciales clientes a experimentar con una muestra de VR-SAFE y posterior a la prueba del PMV, se recibieron sus impresiones a través de un cuestionario de satisfacción (ver Apéndice E).

**Hipótesis H1:** Para la validación de la hipótesis H1 (ver Tabla 11) se realizó un cuestionario sobre la deseabilidad del cliente de adquirir VR-SAFE posterior a la interacción con el PMV.

**Tabla 11**

*Hipótesis H1 - Cuestionario*

Hipótesis	Prueba	Dimensión	Métrica	Criterio
Se cree que las empresas mineras buscan un servicio integral de capacitación y entrenamiento en seguridad que contribuya a mejorar el comportamiento y actitud del trabajador alineado a la política en cuanto a la prevención de accidentes laborales.	Prueba de los participantes con el PMV de VR-SAFE para medir el nivel de deseabilidad	Probabilidad de adquisición de VR-SAFE	Medir el nivel de deseabilidad del cliente para adquirir VR-SAFE.	Si / No Tenemos razón si la respuesta de SI es mayor al 70%

Se realizó el cuestionario de deseabilidad a 33 profesionales del sector minero y estuvo orientado a conocer sus impresiones luego de haber interactuado con la propuesta de VR-SAFE (ver Tabla 12).

**Tabla 12***Elementos preparativos HI*

Elemento	Descripción del elemento de prueba	Uso
Pautas generales	Se da las pautas generales y se indica el propósito de la demostración	Narración verbal
Interacción con el PMV	Demostración del Prototipo (lentes de RV) del Módulo de entrenamiento VR-SAFE	Los participantes usan las gafas de RV con el PMV y se les indica las medidas que deben seguir
Cuestionario sobre su experiencia con VR-SAFE	Se utilizó Google Forms (formularios) que recogen las impresiones del usuario respecto al Módulo de entrenamiento (MVP)	Se utiliza el cuestionario luego de la experiencia VR-SAFE. <a href="https://forms.gle/9TwzB9EdNrucTfJv7">https://forms.gle/9TwzB9EdNrucTfJv7</a>

Después de que los participantes (potenciales clientes) interactuaron con la propuesta de entrenamiento de VR-SAFE se realizó un cuestionario con la pregunta “¿Adquiriría un servicio integral de capacitación y entrenamiento en seguridad que contribuya a mejorar el comportamiento y actitud del trabajador?”, considerando como respuestas: (1) Sí, (2) No. Se obtuvo lo siguiente (ver Tabla 13):

**Tabla 13***Resultados del cuestionario - HI*

Cuestionario	Deseabilidad el Servicio		
	Sí	No	Total
¿Adquiriría un servicio integral de capacitación y entrenamiento en seguridad que contribuya a mejorar el comportamiento y actitud del trabajador?	31	2	33
	(93.9%)	(6.1%)	(100%)

De las 33 personas a quienes se les mostró la propuesta de VR-SAFE, el 93.9% indicaron que (Sí) adquirirían un servicio integral de capacitación y entrenamiento en seguridad que contribuya a mejorar el comportamiento y actitud del trabajador; y el 6.1% indicaron que (No) lo usarían, debido a que el personal todavía no está preparado para estas tecnologías. Entonces, se tiene un grado de deseabilidad por el servicio del 93.9%, siendo este porcentaje mayor que el criterio de prueba de 70% establecido para la Hipótesis H1, por lo que se puede concluir que las empresas mineras buscan un servicio integral de capacitación y entrenamiento en seguridad que contribuya a mejorar el comportamiento y actitud del trabajador alineado a la política en cuanto a la prevención de accidentes laborales.

**Hipótesis H2:** Para la validación de la hipótesis H2 (ver Tabla 14) se realizó un cuestionario de factibilidad de VR-SAFE posterior a la interacción con el PMV.

**Tabla 14**

*Hipótesis H2 - Cuestionario*

Hipótesis	Prueba	Dimensión	Métrica	Criterio
Creemos que las empresas mineras adquirirían un servicio integral de capacitación inmersiva que potencie el conocimiento y comportamiento seguro de los trabajadores, si el precio fuera similar o menor al de la capacitación tradicional	Interacción de usuarios con el PMV de VR-SAFE para evaluar su factibilidad en la adquisición del servicio integral de capacitación inmersiva.	Factibilidad de adquisición	Medir el nivel de factibilidad del cliente de adquirir VR-SAFE.	Si / No Tenemos razón si la respuesta de SI es mayor al 70%

Se realizó el cuestionario de factibilidad a 33 profesionales del sector minero. Este estuvo orientado a conocer sus impresiones luego de haber interactuado con la propuesta de VR-SAFE (ver Tabla 15):

**Tabla 15**

*Elementos preparativos H2*

Elemento	Descripción del elemento de prueba	Uso
1 Pautas generales	Se da las pautas generales y se indica el propósito de la demostración	Narración verbal
2 Interacción con el PMV	Demostración del Prototipo del Módulo de entrenamiento VR-SAFE	Los participantes interactúan con el PMV y se les indica las medidas que deben seguir
3 Cuestionario sobre su experiencia con VR-SAFE	Formulario en Google Forms para recoger las impresiones y el nivel de factibilidad.	Cuestionario luego de la experiencia VR-SAFE. <a href="https://forms.gle/nhHr3vx5DQfq4VbeA">https://forms.gle/nhHr3vx5DQfq4VbeA</a>

Después de que los participantes (potenciales clientes) interactuaron con la propuesta de entrenamiento de VR-SAFE se realizó un cuestionario con la pregunta “¿Consideraría adquirir un servicio integral de capacitación inmersiva que potencie el conocimiento y comportamiento seguro de los trabajadores, si el precio fuera similar o menor al de la capacitación tradicional?”, considerando como respuestas: (1) Sí, (2) No. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16***Resultados del cuestionario –H2*

Cuestionario	Sí	No	Total
¿Consideraría adquirir un servicio integral de capacitación inmersiva que potencie el conocimiento y comportamiento seguro de los trabajadores, si el precio fuera menor al de la capacitación tradicional?	27	6	33
Total	27 (81.8%)	6 (18.2%)	33 (100.0%)

De los 33 potenciales clientes a quienes se les mostró la propuesta de VR-SAFE, el 81.8% indicaron que (Sí) considerarían adquirir un servicio integral de capacitación inmersiva que potencie el conocimiento y comportamiento seguro de los trabajadores, si el precio fuera menor al de la capacitación tradicional; y el 18.2% indicó que (No) lo adquirirían por un precio por encima del precio actual de capacitaciones en el mercado. Entonces, se tiene una aprobación de la factibilidad de VR-SAFE por el 81.8%, siendo este porcentaje mayor que el criterio de prueba de 70% establecido para la Hipótesis H2, por lo que se puede concluir que las empresas mineras adquirirían un servicio integral de capacitación inmersiva que potencie el conocimiento y comportamiento seguro de los trabajadores, si el precio fuera menor al de la capacitación tradicional

**Hipótesis H3:** Para la validación de la hipótesis H3 (ver Tabla 17) se realizó un cuestionario de usabilidad de VR-SAFE posterior a la interacción con el PMV.

**Tabla 17***Hipótesis H3 - Cuestionario*

Hipótesis	Prueba	Dimensión	Métrica	Criterio
Creemos que las empresas que usen el servicio de capacitación y entrenamiento integral en entornos virtuales realistas volverían a usar nuevamente el servicio para mejorar la experiencia de aprendizaje del personal y contribuiría a la reducción de accidentes.	Evaluar la disposición de los usuarios a usar estas tecnologías en reemplazo de la capacitación tradicional	Nivel de usabilidad	Cuestionario para medir el grado de usabilidad de VR-SAFE.	Niveles de: Definitivamente lo usaría (5), Lo usaría (4), Tal vez (3), No lo usaría (2), Definitivamente No lo usaría (1) Tenemos razón si de parte de los potenciales usuarios la respuesta es el 75% considerando los niveles 4 y 5

Se realizó el cuestionario de usabilidad a 33 profesionales del sector minero. Este estuvo orientado a conocer sus impresiones luego de haber interactuado con la propuesta de VR-SAFE (ver Tabla 18):

**Tabla 18***Elementos preparativos H3*

Elemento	Descripción del elemento de prueba	Uso
Pautas generales	Se da las pautas generales y se indica el propósito de la demostración	Narración verbal
Interacción con el PMV	Demostración del Prototipo del Módulo de entrenamiento VR-SAFE	Prototipo
Cuestionario sobre su experiencia con VR-SAFE	Formulario en Google Forms para recoger las impresiones y el nivel de usabilidad.	Cuestionario luego de la experiencia VR-SAFE. <a href="https://forms.gle/ptNZQBjaVKEYDW6y9">https://forms.gle/ptNZQBjaVKEYDW6y9</a>

Se realizó un cuestionario para medir el nivel de usabilidad del PMV a favor de las capacitaciones relacionadas con seguridad en minería, con la pregunta “¿Usarías el servicio ofrecido por VR-SAFE?”. Con los siguientes niveles de: “Definitivamente lo usaría” (5), “Lo usaría” (4), “Tal vez” (3), “No lo usaría” (2), “Definitivamente No lo usaría” (1); logrando los siguientes resultados (ver Tabla 19):

**Tabla 19**

*Resultados del cuestionario – H3*

Cuestionario	Definitivamente lo usaría	Lo usaría	Tal vez	No lo usaría	Definitivamente No lo usaría	Total
¿Usarías el servicio ofrecido por VR-SAFE?	28	1	2	2		33
Total	28 (84.8%)	1 (3.0%)	2 (6.1%)	2 (3.0%)	0 (0.0%)	33 (100.0%)

De los 33 potenciales clientes a quienes se les mostró la propuesta, el 84.8% indicaron que “Definitivamente lo usaría”, el 3.0% indicó que “Lo usaría”, el 6.1% indicó que “Tal vez”, el 3.0% indicó que “No lo usaría”, y el 0% indicó que “Definitivamente no lo usaría”. Entonces se tiene una aprobación satisfactoria del modelo a un 87.8%, siendo este porcentaje mayor que el criterio de prueba de 75% establecido para la Hipótesis H3, por lo que se pudo concluir que las empresas que usen el servicio de capacitación y entrenamiento integral en entornos virtuales realistas volverían a usar nuevamente el servicio para mejorar la experiencia de aprendizaje del personal y contribuiría a la reducción de accidentes.

Finalmente, es claro que los ejecutivos de las empresas mineras tienen como objetivo reducir la recurrencia de accidentes, por lo que expresaron su preocupación por la seguridad de los empleados y obreros que supervisan. También mostraron mucho interés en este método inmersivo para mejorar las capacitaciones y entrenamientos, ya que son ideas innovadoras, de fácil uso y adaptabilidad, y definitivamente están seguros de que van a generar un gran

impacto en la reducción de accidentes y lo van a utilizar. El detalle de los cuestionarios e hipótesis se resume en el Apéndice F.

## 6.2 Validación de la Factibilidad de la Solución

### 6.2.1 Plan de Mercadeo

La Tabla 20 ha sido creada para resumir los objetivos comerciales de VR-SAFE en el que especifica los pronósticos basados en los proyectos mineros actuales y los objetivos de mercado a alcanzar, así como las fuentes a proyectar como datos utilizados para los pronósticos de ventas.

**Tabla 20**

#### *Objetivos comerciales de VR-SAFE*

Descripción de Actividades	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cartera de Clientes en Operaciones mineras activas en la región	10	12	14	16	18	20
Proyección de N.º de operaciones mineras a atender	2	5	7	10	12	15
Estimación y Proyección de N.º de personal capacitado por operación proyecto minero	1,500	3,300	6,600	9,900	13,860	18,018
Costo de capacitación por trabajador por año	900	900	880	880	850	850
Capacitaciones (S/.)	1'350,000	970,000	5'808,000	8'712,000	11'781,000	15'315,300

*Nota.* N.º En el Perú, al cierre del 2023 se tienen 240 operaciones mineras formales en operación, según el Ministerio de Energía y Minas (2023).

Se están utilizando los datos de empresas en operación formales al cierre del año 2023. La proyección de proyectos mineros, que se abarcaría como probables clientes meta, se encuentran ubicados en el centro del Perú (Lima, Junín y Cerro de Pasco).

De acuerdo con la información del MINEM (2023), los proyectos mineros tendrán una continuidad e incremento en el número de proyectos en Perú, incluyendo proyectos de construcción de nuevas minas además de proyectos de expansión de minas existentes. Las inversiones proyectadas están por encima de los \$56,158 millones de dólares. Asimismo, según la información del Grupo Casa Lima y el MINEM al cierre del 2023 se tiene que,

dependiendo del tipo de explotación en mina, 335 proyectos mineros se encuentran operando, 107 en régimen minero (mediana y gran minería) y 228 minas operadas por pequeña minería y minería artesanal. En los proyectos mineros se tienen registrados 233,359 trabajadores y para el 2024 se estima un crecimiento de 2.4% de la fuerza laboral total.

Se tiene una gran oportunidad de incluir proyectos de refinería, proyectos de reutilización de relaves, proyectos con métodos de recuperación no definidos, etc., todos ligados a la minería. De acuerdo con el INEI en el sector Minería, Pesca y Agricultura se tienen más de 4 millones de puestos de trabajo (ver Tabla 21).

**Tabla 21**

*Población Económicamente Activa por Ramas de Actividad (Miles de personas y porcentaje)*

Ramas de Actividad	Primer Trimestre				Variación	
	2022		2023		Absolutas (Miles de personas)	%
	Cifras Absolutas	%	Cifras Absolutas	%		
Total	17081.8	100	17,027.20	100	-54.60	-0.3
Agricultura / Pesca / Minería	4,470.70	26.1	4,309.90	25.4	-160.80	-3.6
Manufactura	1,395.90	8.2	1,418.50	8.3	22.60	1.6
Construcción	1,239.50	7.3	1,139.30	6.7	-100.20	-8.1
Comercio	3,209.50	18.8	3,069.30	18	-140.20	-4.4
Servicios	6,766.20	39.6	7,090.20	41.6	324.00	4.8

*Nota.* Adaptado de “Comportamiento de los Indicadores del Mercado Laboral a nivel Nacional y en 26 Ciudades,” por INEI, 2023

(<https://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/01-informe-tecnico-empleo-nacional-y-ciudades-i-trim-2023.pdf>).

El costo objetivo que se está proyectando por persona es de USD\$ 202.00 dólares o S/.770.00 Soles. De hecho, este valor es un 10% menor al facturado actualmente por cada unidad minera (ver Tabla 22). Esta es la oportunidad de beneficio económico para ambas

partes: las empresas mineras y la empresa (se ofrece un servicio a menor costo y realizar las cosas de manera diferente, y con mejores resultados).

**Tabla 22**

*Costo actual de inversión por unidad minera de Volcan*

Compañía	Unidad Minera	# Trabaj. (propios)	Costo PAC (USDS) (Cursos DS024)	Trabaj. / año	Trabaj. en Empresas Contratistas
Volcan Compañía Minera	San Cristobal	1,818.00	421,861.00	232.05	2,456.00
	Andaychagua	474.00	112,452.00	237.24	1,594.00
	Ticlio	102.00	20,056.00	196.63	380.00
	Chungar	250.00	31,150.00	124.60	765.00
	Lima	215.00	70,483.00	327.83	-
	Alpamarca	200.00	48,018.00	240.09	200.00
Subtotal	6 minas	3,059.00	704,020.00	226.41	5,395.00

*Nota:* Información al cierre del 2023

Se tiene en el mercado 107 empresas mineras (subterráneas y tajo abierto) formales similares a las de Volcan y con mucho potencial para ampliar la oferta del servicio de capacitación a estas empresas mineras, con el objetivo de abarcar el 100% de sus trabajadores.

**Segmentos del Mercado.** Para la segmentación se utilizarán los siguientes criterios (ver Tabla 23):

**Tabla 23***Segmentación de Propuesta*

Segmentación	Descripción – Especificaciones
Geográfica	Regiones: Lima Provincia, Junín, Cerro de Pasco (ver Figura 23)
Actividad	Empresas del sector minería (extractivas).
Conductual	Empresas del sector Minería formales que cumplan con las capacitaciones legales vigentes aplicadas a su sector.
	Empresas con múltiples culturas de sus trabajadores y con alta tasa de accidentabilidad
Psicográfica	Empresas que deseen minimizar su rotación de personal y mejorar su clima laboral.
Perfil del Usuario	Sexo: hombres y mujeres
	Nivel Socioeconómico: A, B, C.
	Ocupación: Empleados, profesionales, técnicos y obreros. Personalidad: Se preocupan por su seguridad y tienen responsabilidad social.

El target del modelo de negocio (ver Tabla 24) se resume en:

**Tabla 24***Mercado Objetivo (Target)*

¿Qué compra?	¿Quién compra?	¿Por qué compra?	¿Cómo compra?	¿Dónde compra?	¿Cuándo compra?
Servicios de capacitación y entrenamiento en seguridad	Empresas mineras y contratistas.	Para mejorar la formación del personal y reducir accidentes	A través de canales establecidos para la operación	De manera presencial o virtual	Durante todo el año

**Figura 23**

*Número de Trabajadores Directos en Minería por Regiones*



El criterio a utilizar es de “características del usuario”, como: edades, recursos económicos, procedencia, nivel de educación, otros que ayuden a definir las estrategias a emplear en los softwares para mejorar su entendimiento, aprendizaje y retención.

***Análisis de Alternativas existentes en el mercado de capacitación.*** El análisis de las alternativas que existen en el mercado donde operará VR-SAFE se realizó en el Capítulo 2 (Ver Tabla 5).

***Mezcla del marketing.*** La estrategia del marketing mix es clave para el desarrollo comercial del servicio de VR-SAFE. A continuación, se detallan las 7 P’s (ver Figura 24) de este servicio:

**Figura 24***Marketing Mix*

**Producto / Servicio.** Este servicio ofrece un programa de entrenamiento y capacitación para el cumplimiento de 15 cursos obligatorios además de las capacitaciones del anexo 5 y 6 del DS N.º 024 -2016 - EM indicado en el Capítulo VII – Capacitación y Listado en el artículo 75 (para cada curso obligatorio) tal cual indica la normativa peruana dirigida a empresas mineras y sus contratistas, cuyo objetivo fundamental es reducir el riesgo y, por ende, la accidentabilidad en la industria minera extractiva.

El servicio está basado en un entorno donde las personas podrán sumergirse en un entorno digital tridimensional (no convencional y definitivamente distinto a cualquier método tradicional) e incluso conectarse con otros usuarios en tiempo real obteniendo experiencias nunca antes pensadas. Se combinan las experiencias del mundo real y la oportunidad de reflexionar y evaluar su propio desempeño (se pueden equivocar en el mundo virtual, pero NO en el mundo real). Además, se puede interactuar con objetos de manera casi como si estuviera en la realidad física. A continuación, se detalla el beneficio para el cliente:

- VR-SAFE brindará desarrollos académicos en un entorno personal y específico para cada operación minera, ya que cada mina tiene su propia particularidad.
- Tener personal altamente capacitado y experimentado en el sector minero, lo que permite comprender claramente la problemática y contribuir de manera positiva en la capacitación del personal ayudando a reducir los indicadores de accidentabilidad y las tasas de accidentes descritos en el capítulo 1.3.2

#### Relevancia del Problema.

- Promoverá un diálogo y una comunicación basados en el respeto a la diversidad y la tolerancia.
- Enfoque continuo en el desarrollo de habilidades personales y comerciales relacionadas con la seguridad minera.

#### **Objetivos del servicio**

- VR-SAFE podrá identificar las deficiencias, realizar una identificación del nivel de interdependencia de los colaboradores y realizar planes para trabajar en los factores de accidentabilidad propios de la Unidad Minera donde se preste el servicio (cada mina tiene sus propios indicadores y riesgos principales)
- Enseñanza personalizada y seguimiento a los colaboradores que presenten la más baja percepción a los riesgos, utilizando IA (Inteligencia Artificial).
- Llevar una estadística de los trabajadores por niveles de aprendizaje que podrán ser un filtro para la contratación de personal.

**Precio.** El precio se basa en dos componentes: (a) el hardware (simuladores y lentes de Realidad Virtual) y (b) el software, que son videos desarrollados con información de la misma unidad minera con la que se trabajará para capacitar a los trabajadores en su propio

entorno. Según la información obtenida de los gastos reales del 2023, se estima que el gasto promedio oscila entre los \$226 dólares promedio por persona por año. El objetivo de VR-SAFE es mejorar el costo en un 10% menos y tener un impacto de ganancia o retorno de la inversión en más del 200% (por seguridad y productividad) que ayudará en los costos como impacto por el Plan Anual de Capacitación exigida por la Normativa Peruana.

El costo del servicio (incluye hardware y software) variará entre S/. 770 y S/. 720 Soles por persona capacitada al año. Para hacerlo más atractivo se presentará adicionalmente un plan de reducción de costos por volumen de personal capacitado (cuantas más personas se integren a la capacitación, más económico, será debido a la economía de escala). Se apuntará a tener contratos corporativos y capacitar al 100% de la población de mina. Se debe tener en cuenta que, al tener la información del costo del 2023 (información de los resúmenes de inversión anual en el PAC por Volcan Compañía Minera), este refleja el costo del servicio actual de los competidores en el mercado minero (Ver Tabla 25).

**Tabla 25**

*Proyección de Ventas para el Primer Año (periodo 2024 - 2025)*

Compañía	Unidad Minera	Participantes	Precio / Persona	S/. / Año
Compañía Minera 1	Unidad 1	1,500.00	770.00	1,155,000
Compañía Minera 2	Unidad 2	3,300.00	770.00	2,541,000
Compañía Minera 3	Unidad 3	6,600.00	750.00	4,950,000
Compañía Minera 4	Unidad 4	9,900.00	750.00	7,425,000
Compañía Minera 5	Unidad 5	13,860.00	720.00	9,979,200
Compañía Minera 6	Unidad 6	18,018.00	720.00	12,972,960
Subtotal	6 Unidades Mineras		746.67	39,023,160

**Plaza.** Todas las actividades de VR-SAFE serán mixtas (en sede central y unidad minera), con presencia de personal mínimo destacado en unidad minera y, por otra parte, los canales digitales para la creación de videos de capacitación para ser utilizados en la unidad minera. Los desarrollos de los videos se realizarán utilizando software comerciales y disponibles en el mercado local, los mismos que son esenciales para el funcionamiento de la

empresa y el área de TI juega un papel importante en el negocio porque soporta principalmente las operaciones.

**Promoción.** Se dará a través de los siguientes canales:

- Páginas Web de la marca VR-SAFE.
- Blogs donde usuarios y especialistas podrán revisar y ver videos de ejemplo.
- Utilización de plataformas de redes sociales como Facebook, LinkedIn, Instagram y YouTube, es fundamental integrar esta estrategia para generar la identidad de la marca.
- Realizar ponencias y exposiciones en Foros, Congresos Mineros, jueves Mineros, ser parte del ISEM (Instituto de seguridad Minera), del IIMP (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú), y el CIP (Colegio de Ingenieros del Perú), los capítulos relacionados a Ingenierías y seguridad (todos los capítulos del Colegio de Ingenieros del Perú asociados a minería).
- Visión y Misión del posicionamiento de la Marca y al 2030 obtener el 10% del mercado de trabajadores mineros directos (El Ministerio de energía y Minas (MINEM) reporta que al mes de julio se ha alcanzado la mayor cifra registrada del 2023, con un total de 233,359 personas que trabajan directamente en operaciones o proyectos vinculados a este rubro).

**Personas.** Para el éxito del crecimiento de la empresa y del negocio se considera que el personal es el activo más importante de la empresa, esto incluye al equipo especializado en la tecnología de Realidad Virtual y de la IA, el área de marketing como encargado de los canales de distribución y estrategias para el posicionamiento de la empresa, así como al personal que capacita que tiene la experiencia y el conocimiento en temas de seguridad en minería y en tecnología logrando en conjunto brindar una experiencia inmersiva de alta calidad. La selección y contratación del personal es un factor clave inicial para el logro de

objetivos y se busca que el clima laboral sea lo más positivo con un espíritu altamente colaborativo.

El personal y sobre todo los instructores con experiencia tienen claro que el buen trato es fundamental como parte de la atención al cliente, la buena didáctica en los temas de seguridad tal que se transmita de manera efectiva los conocimientos y las habilidades necesarias a los participantes, la buena predisposición a responder las consultas, y la personalización de acuerdo de las necesidades de cada mina, estarán garantizando la satisfacción del cliente y los trabajadores del sector minero. Además, como organización se buscará mantener relaciones sólidas con los clientes, basado en valores de confianza y colaboración, para así conocer, entender y satisfacer mejor sus necesidades de capacitación. Y de manera interna realizar capacitaciones continuas del personal para estar al día con los últimos avances en materia de seguridad minera y tecnologías que se pueden adoptar para el servicio de capacitación y entrenamiento.

**Procesos.** Se establecerán y diseñarán procesos de entrega para un servicio de capacitación eficiente y efectiva, el cual iniciará desde el proceso de contacto con los clientes potenciales que a través del marketing y los canales implementados que les interese contactarse. Al concretarse el interés se empezará el proceso de evaluación de las necesidades y requerimientos de la empresa minera. Luego se diseñará la programación de las sesiones inmersivas con enfoque personalizado, de manera que se ajusten al horario y necesidades operativas de la empresa minera. La captura y preparación del contenido con entornos reales e interactivos serán a la medida para satisfacer el requerimiento legal y sea aceptado por el ente supervisor (OSINERGMIN). La configuración e integración de las tecnologías de Realidad Virtual (RV), *Gaussian Splatting* e Inteligencia Artificial (IA) se convertirán en procesos clave previos a la capacitación y/o entrenamiento. El proceso de capacitación y de entrenamiento inmersivo será llevado por instructores expertos en minería y con experiencia

en tecnologías siendo fácil de seguir en el uso de lentes para los participantes, y a la vez el proceso inmersivo permitirá hacer el seguimiento y la evaluación de cada participante para medir su experiencia y aprendizaje en la capacitación en la seguridad y la efectividad de los programas.

Finalmente, la obtención de comentarios, sugerencias de los trabajadores y de las empresas mineras servirán para mejorar la calidad inmersiva a través del servicio de capacitación. Como organización se buscará I+D+i (Investigación, Desarrollo e Innovación) incluyendo dentro de los resultados la IA para mejorar los análisis de los resultados, así mismo los videos deben ir mejorando con el feedback que se vaya recibiendo cuando ya se esté en etapa de producción, esto va acompañado con la amplia experiencia adquirida en minería y al uso de herramientas tecnológicas.

**Evidencia Física.** Se indica que por ley las capacitaciones o entrenamientos se deben llevar a cabo en el lugar de trabajo, por lo que estas serán in-house en su mayoría. Para la experiencia inmersiva en Realidad Virtual (RV), el diseño de los espacios o entorno serán ambientados y adaptados acorde a las exigencias del requerimiento legal. Por parte de la empresa se contará con un local alquilado apropiado para realizar sus funciones y operaciones. La distribución interna de los ambientes estará diseñado y distribuido de manera estratégica para fomentar la creatividad y colaboración, así como una comunicación fluida entre las áreas. Por otro lado, La empresa contará con un local propio (o arrendado) según el ritmo de crecimiento de la empresa.

Con respecto a materiales de capacitación, estos serán tangibles, como manuales, casos de estudio, guías y certificados de finalización, que respalden la calidad y la efectividad de los programas. Se recomendará usar también por el personal de la empresa equipos de seguridad durante la capacitación para mostrar empatía y compromiso con la seguridad en la industria minera. Se publicará en la página web, y en los otros canales una serie de

testimonios de las experiencias virtuales que demuestren el éxito del servicio de la capacitación en la reducción de accidentes que se ofrece, los valores que se adoptó, el pensamiento de mejora continua que se tiene y el conocimiento acerca de la cultura de seguridad en las empresas mineras. Asimismo, en la página web los interesados podrán acceder a la información sobre el catálogo o planes del servicio. Es importante que los clientes identifiquen que el servicio profesional cuenta con habilidades y conocimientos de más de 20 años de experiencia en el sector que aportarán un plus adicional al servicio de capacitación.

### ***Estrategias***

*Estrategia de comunicación.* Utilizar las redes sociales, alianzas estratégicas con instituciones y colegios profesionales alineados a la minería extractiva (Capítulos de Ingeniería del Colegio de Ingenieros del Perú, Instituto de Seguridad Minera, Cámara Minera del Perú, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, SUNAFIL, OSINERGMIN). Explicar los beneficios y atributos del nuevo modelo de capacitación y los resultados que se pueden obtener. Realizar propuestas de pruebas de cero costos y otros para introducir el servicio en el mercado. Generar las aprobaciones del órgano supervisor del Estado, en este caso del Instituto de Seguridad Minera (ISEM) para que este servicio sea aprobado y que cumpla con la normativa legal vigente.

***Público objetivo:*** El grupo objetivo está formado por dos tipos de personas:

- (a) Empresas mineras,
- (b) Profesionales que trabajan en la gestión de riesgos laborales y en empresas de seguridad.

***Concepto creativo:*** El diseño de campaña publicitaria recomendado por VR-SAFE está relacionado con la potenciación del marketing digital, diseño de páginas web que,

incluyan contenidos de muestra, creación de contenidos y la creación de blogs institucionales, así como la creación de una red social a través de webinars. La estrategia se ve así:

- Impacto: Es directo en los gerentes de seguridad ocupacional, gerentes de recursos humanos, y la comunidad de gestión de riesgos.
- Contenido sobre seguridad laboral: relacionada con clientes y usuarios.
- Contenido del compromiso: Estimular el interés profesional por los servicios ofrecidos por VR-SAFE

Habrán dos canales a través de los cuales se difundirá la propuesta de valor de VR-SAFE: tradicional y online.

*Online:* Se puede acceder al portal digital vía web utilizando cualquier navegador. Se podrá generar usuarios que podrían tener una vista rápida de videos de simuladores cortos o podrían tener tutoriales de soporte online o incluso llamadas para explicaciones breves del servicio.

*Offline:* Para la captación de clientes, la estrategia se centra en los medios digitales y se apoya en la estrategia de tener dos presentadores que han sido formados para explicar con más detalle los servicios e intercambiar información detallada sobre los servicios de VR-SAFE. Los presentadores de cuentas utilizan principalmente teléfonos móviles y correo electrónico para concertar reuniones y ofrecer ofertas a usuarios potenciales para asegurarse de que estén satisfechos con la información. La plataforma digital de VR-SAFE es operada a través de múltiples navegadores web y proporciona herramientas que permiten la creación de informes de servicios ofertados. El servicio incluye:

- Servicios de capacitación y entrenamiento inmersivo con Realidad Virtual (RV) y potenciado con Visión por Computador (VC).

El servicio considera que toda la información estará disponible online y la evaluación de resultados será instantánea. Además, los usuarios tendrán el poder de utilizar todas las

herramientas para realizar las actividades que necesitan en cualquier momento y en cualquier lugar con una conexión a Internet.

*Estrategia de Medios.* Como estrategias de medio, VR-SAFE permite ampliar el alcance de la capacitación orientada a reducir indicadores de accidentabilidad, principalmente los efectos de fatalidad, bajo una política de “cero accidentes”. Es fundamental conocer la necesidad, indicadores claves y preferencias de la empresa minera, para diseñar la oferta formativa. VR-SAFE sigue una estrategia mixta, digital y presencial, para incrementar las ventas. Se presentará y dará información online y se complementará con visitas técnicas.

Es importante contar con un sitio web con estrategia SEO para aumentar la presencia de la marca en los motores de búsqueda, diseñado profesionalmente e incluir videos tutoriales e imágenes profesionales sobre el servicio, su descripción, tamaño y dimensiones. Los congresos Mineros, Universidades, Institutos de Minería y Colegios Profesionales serán clave para el diseño del medio de comunicación efectivo, así como complementarlo con presencia en las redes sociales mediante un community manager.

*Campaña de correos electrónicos:* En los últimos años, las campañas por correo electrónico han llegado a ser un medio eficaz. Envío de catálogos del servicio a brindar, capacitaciones y anuncio de procesos de inscripción, resaltar contenidos y ofrecer descuentos por correo electrónico.

*Publicidad:* La publicidad será a través del marketing digital, como Facebook, Instagram, Bing, Google y otras plataformas. Esto permite a VR-SAFE pagar solo por los anuncios que realmente están funcionando.

Este tipo de marketing ofrece un nivel de orientación y precisión, lo que garantiza que la inversión publicitaria solo se pague a los clientes que hagan click realmente en el anuncio. Al mismo tiempo, brinda la flexibilidad de poder realizar cambios de forma rápida y flexible, con relación a los cambios de oportunidades que afectan en el marketing.

Marketing directo: Este medio puede ser adoptado para informar a los contactos sobre VR-SAFE y cómo puede ayudar a difundir información sobre los diferentes programas de capacitación que se ofrecen, tarifas, profesionales, instalaciones, plan de gestión, etc.

Posicionar a VR-SAFE como una empresa de cambio y aplicación de las nuevas tecnologías para la formación es uno de los principales objetivos.

*Estrategia de Promoción.* El modelo de negocio de VR-SAFE es un medio de *win to win* (ganar - ganar) que convierte las ventas en ganancias para ambas partes interesadas, cubre todos los costos y crea valor para los todos los involucrados. El modelo de negocio está diseñado para que cada vez que un cliente quiera ampliar el servicio, ambos se beneficien con un menor costo, logrando compartir las ganancias y poder ampliar el servicio, esto asegurará la fidelización del servicio contratado. Los desarrollos que requiera el usuario que es dueño de su propia información les hará sentir que ellos son los verdaderos ganadores con este servicio. En este contexto, comprender rápidamente las expectativas del usuario, recopilar comentarios y evaluar la frecuencia, el tiempo, la relevancia y la utilidad de implementar cada sugerencia o solicitud del usuario.

*Tipos de promociones:* Se pueden generar pruebas piloto de costo cero dadas por VR-SAFE como una muestra de su servicio, a cambio de poder publicar esta información para su propia publicidad de VR-SAFE.

*Eventos de lanzamiento:* Debido a que el público objetivo está constantemente navegando, la promoción se realiza principalmente a través de canales y plataformas en línea (Por ejemplo, el marketing digital es la tendencia que mayor relevancia ha tenido en los últimos años. Según un reporte del 2022, desarrollado por NTT DATA y MIT Technology Review, el 70% de las empresas aumentaron su inversión en América Latina), buscando información e interactuando en las diferentes redes sociales, así mismo se ofertan pruebas

modelo en oficinas centrales (Lima) y en caso de muestras en Unidades Mineras solo serán a costo de locación de personas.

Las promociones se basan en dos ejes: aumentar el conocimiento de la marca y gestionar los canales digitales para construir una base de datos y atraer clientes potenciales. Una actividad presencial importante con los usuarios directos permite que ellos sean quienes recomienden y sean los promotores. El contacto directo permite presentar propuestas, compartir información de manera minuciosa a lo largo del tiempo y recopilar datos personales con fines de relaciones públicas con los actores mineros.

### **Presupuesto del Plan de Marketing**

*Presupuesto de programación anual y comunicaciones.* Los costos y gastos operativos, incluyendo los presupuestos de marketing, actualización de plataformas web, aplicaciones y otros softwares utilizados, son parte estratégica de la operación del negocio. Se trata de estrategia de marketing digital y de contenidos. La partida principal de ingresos y gastos es una partida del 5% de los ingresos por ventas para lograr niveles de inversión que cumplan con los objetivos de ingresos. La Tabla 26 muestra el presupuesto de inversión y de marketing necesario para respaldar el período planificado de cinco años de crecimiento agresivo de las ventas.

**Tabla 26***Presupuesto del Costo de Ventas y la Mezcla de Marketing (2025-2029)*

<i>Trade Marketing</i>	0	2025	2026	2027	2028	2029
Desarrollo de Simulaciones VR + IA	266,000	272,940	544,368	852,837	1'034,895	
Equipos de VR (50 lentes de RV) e incrementando de acuerdo al número de usuarios.	114,000	106,590	363,000	654,852	817,231	
I + D + I (Investigación, Desarrollo e Innovación)	120,000	132,000	145,200	159,720	175,692	
Mantenimiento de Plataformas (Data, aplicaciones)	12,000	12,600	13,230	13,892	14,586	
Servidores	5,000	5,250	5,513	5,788	6,078	
Promociones ( <i>Brochure</i> con videos digitales)	7,500	9,000	10,800	12,960	15,552	
Mantenimiento de Videos de muestra	5,000	5,000	4,000	3,000	3,000	
Otros	2,500	2,500	2,625	2,625	2,756	
<b>Marketing Digitales</b>	<b>11,000</b>	<b>11,975</b>	<b>13,041</b>	<b>14,208</b>	<b>15,484</b>	
Redes sociales	3,000	3,300	3,630	3,993	4,392	
SEO	5,500	6,050	6,655	7,321	8,053	
<i>Emailing</i>	2,500	2,625	2,756	2,894	3,039	
BTL (Publicidad específica para un segmento)	18,520	25,380	35,910	51,921	76,132	
Equipo encargado de la Capacitación	4,320	6,480	9,720	14,580	21,870	
Materiales bibliográficos	5,000	7,500	11,250	16,875	25,313	
<i>Merchandising</i> (gorras, polos, llaveros)	5,200	7,800	11,700	17,550	26,325	
Activación de publicidades virtuales	4,000	3,600	3,240	2,916	2,624	
<b>Total</b>	<b>295,520</b>	<b>310,295</b>	<b>593,319</b>	<b>918,965</b>	<b>1'126,511</b>	

### 6.2.3 Plan de Operaciones

VR-SAFE tiene un programa de capacitación mixto, entre la virtualidad y la atención personalizada para cada operación minera, porque se sabe que cada mina es muy distinta a otra por muchos aspectos. Siendo el principio la mejora de los indicadores de accidentabilidad y personal cada vez más preparado para la identificación y evaluación de los riesgos, se presenta un plan detallado con los principales recursos necesarios:

**Instalaciones y ubicación.** La oficina de administración estará ubicada en la ciudad de Lima, ya que allí se concentran las oficinas principales de las compañías mineras. Desde allí se pueden destacar personal a las instalaciones mineras con mucha facilidad y utilizando el mismo transporte de los empleados de la compañía a la cual se le brinde el servicio.

**Equipos y tecnología.** Dispositivos portátiles de alta capacidad que permiten a los desarrolladores desarrollar e implementar aplicaciones en producción para los usuarios (lentes de Realidad Virtual).

La Tabla 27 proporciona los requisitos mínimos para determinar la maquinaria y el equipo requerido. Los datos estarán respaldados por una proforma que incluya las características técnicas del producto, costos de mantenimiento, gasto de energía, su capacidad, infraestructura requerida y los datos requeridos para brindar información relevante. En la Tabla 28 se aprecian los Gastos de Ventas Anualizados.

**Tabla 27**

*Oficinas y Mobiliario (Gasto de Ventas) (Sin IGV)*

Equipo/Mobiliario Año 0	Cantidad	Marca/Modelo	Precio Unitario S/.	Precio Total S/.
Computadora portátil	3	Compatible	5,500	16,500
Impresora	1	Compatible	750	750
Teléfonos Celulares	2	iPhone	5,500	11,000
Dron con cámara de alta resolución	1	Compatible	12,000	12,000
Oficina con mobiliario	1		30,000	30,000
Mobiliario adicional	2		4,500	9,000
Data center (Cloud)	1		10,000	10,000
Gastos varios de servicios	1		5,000	5,000
<b>Total</b>				<b>94,250</b>

**Tabla 28***Gastos de Ventas Anualizado*

Gastos de Ventas	0	2025	2026	2027	2028	2029
Equipo/Mobiliario Año 0	Precio Total S/.	Precio Total S/.	Precio Total S/.	Precio Total S/.	Precio Total S/.	Precio Total S/.
Computadoras Portátiles	16,500		24,750		49,500	
Impresoras	750	750	1,500	1,500	2,250	2,250
Teléfonos Celulares	11,000		15,000		20,000	
Dron con cámara de alta resolución	12,000		14,000		16,000	
Oficina con mobiliario	30,000	30,000	45,000	45,000	60,000	60,000
Mobiliario adicional	4,500	2,250	6,750	3,375	10,125	5,063
Data center (Cloud)	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000	10,000
Gastos varios de servicios	5,000	5,500	10,000	11,000	20,000	22,000
<b>Total</b>	<b>89,750</b>	<b>48,500</b>	<b>127,000</b>	<b>70,875</b>	<b>187,875</b>	<b>99,313</b>

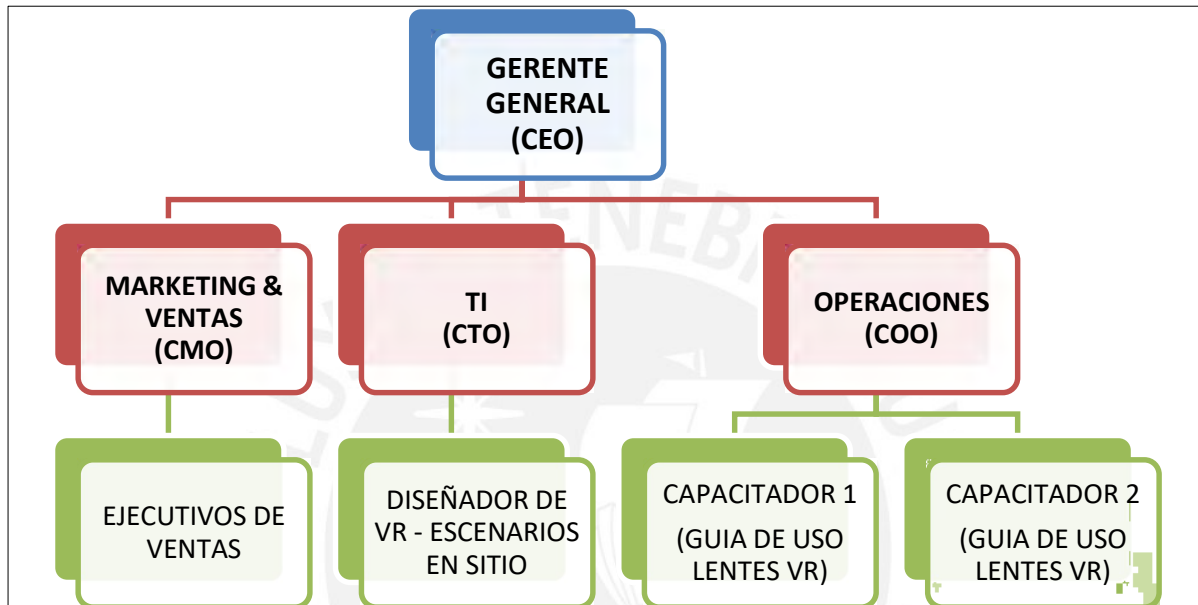
***Recursos Humanos:***

*Cultura y diseño organizacional.* El personal de trabajo son uno de los pilares para construir una empresa de marca que sea atractiva, empática y que pueda acumular éxito y valor, se debe centrarse en un enfoque en las personas que desafíe las habilidades de cada individuo e inspire el entusiasmo de los empleados. El objetivo de capacitación en las empresas mineras es mejorar y crear valor, ayudándolos a llegar a la interdependencia de los trabajadores para mejorar su desempeño frente a la identificación de peligros, evaluación de riesgos y gestión de las mejores medidas de control. El esquema de trabajo está basado en la estrategia "Kanban" debe ser accesible para todos para que las tareas no se repitan ni se olviden. Por lo tanto, se utilizará esta herramienta de apoyo a proyectos que hará más eficiente el trabajo de los empleados.

*Estructura organizacional.* El organigrama propuesto será el responsable de gestionar los servicios ofertados y las operaciones y cubre todas las áreas requeridas por el cliente, (requisitos mínimos exigidos para ser proveedor de una empresa minera ver Figura 25).

**Figura 25**

*Organigrama de Capacitación Minera de VR-SAFE*



**Gerente General (CEO).** Es el que representará a la empresa, así mismo se encargará fundamentalmente de las estrategias, el crecimiento y la innovación. Además, será el principal representante de la empresa ante los Clientes y el principal responsable del personal administrativo.

**Gerente de Marketing y Ventas (CMO).** Es el responsable que creará, supervisará y dirigirá las estrategias relacionadas con el marketing, y publicidad, así como de las licitaciones y cierre de contratos en conjunto con la Gerencia General y las áreas de soporte. Además, se encargará de la gestión de la comunicación interna y evaluación de los resultados de marketing.

**Gerente de TI (CTO).** Es el responsable de tecnologías de la información que brindará soporte en los procesos de licitación (satisface los requerimientos de los clientes), desarrollo e implementación de las plataformas según la solicitud del negocio dentro de la propuesta

inicial. Además, se encargará de la gestión y coordinación del soporte, así como del mantenimiento de las plataformas y canales de comunicación para garantizar que los videos de capacitación funcionen correctamente. Por último, evaluará los sistemas para realizar mejoras y cambios que requieren investigación y desarrollo.

**Gerente de Operaciones (COO).** Es el responsable de operaciones que brindará el soporte a los diversos procesos operativos del servicio contratado. Podrá gestionar pagos, compras, consultas y reclamos y módulos de capacitaciones entre otros, su presencia y resultados es muy importante al encontrarse en la unidad minera donde se brindará el servicio. Asimismo, parte de sus responsabilidades son las coordinaciones directas con TI para el mantenimiento de las soluciones técnicas se realiza sobre la base de equipos técnicos que trabajan continuamente para resolver requerimientos que puedan ocurrir en la gestión de los servidores y la arquitectura creada en los videos de RV (Ver Tabla 29).

**Tabla 29**

*Presupuesto de Mano de Obra Directa y Gastos Varios*

Cantidad de trabajadores por año	2025	2026	2027	2028	2029
Gerencia General	1	1	1	1	1
Gerencia de Marketing y Ventas	1	1	1	1	1
Gerencia de TI	1	1	1	1	1
Gerencia de Operaciones	1	1	1	1	1
Ejecutivo de Ventas	1	1	2	2	2
Diseñador de RV	2	2	2	2	2
Capacitador 1	2	4	8	12	17
Capacitador 2	1	2	4	6	8

**Tabla 30***Gastos Administrativos*

Áreas Funcionales	0	2025	2026	2027	2028	2029
Gerencia General		159,300	175,230	192,753	212,028	233,231
Gerencia de Marketing y Ventas		141,600	155,760	171,336	188,470	207,317
Gerencia de TI		141,600	155,760	171,336	188,470	207,317
Gerencia de Operaciones		141,600	155,760	171,336	188,470	207,317
Personal <i>Onsite</i> (TI y Operaciones) *		327,450	460,200	796,500	1'062,000	1'371,750
MO áreas funcionales anual (S/)	0	911,550	1'102,710	1'503,261	1'839,437	2'226,931

*Nota.* Dentro el presupuesto de Mano de Obra se contempla una política salarial en línea con el crecimiento de la compañía.

### **6.2.3 Simulación para Validar la Factibilidad del Proyecto**

Por medio del análisis de sensibilidad, se evaluará el impacto en los resultados del Valor Actual Neto (VAN) en comparación con diferentes variaciones en el ingreso de las variables a sensibilizar y, por ende, de las hipótesis propuestas. En el caso de esta propuesta, existen variables amplias y sensibles en la demanda de atención de personas que buscan capacitación por parte de las empresas mineras.

Se consideran una variedad de escenarios de flujo de efectivo optimistas y pesimistas para evaluar los posibles resultados económicos de la compañía. Partiendo de un escenario ideal esperado en el que los retornos se predicen con base en los indicadores establecidos ya mencionados, se visualiza que VR-SAFE tiene un VAN y TIR positivos, superior al millón de dólares para los 5 primeros años, lo que aumenta la rentabilidad de la empresa. El escenario optimista asumió un aumento promedio de las ventas anuales del 10% y el escenario pesimista asumió una disminución promedio de las ventas anuales del 20%. De lo contrario, en este caso, la demanda disminuirá a este nivel. Un elemento clave será la creación de alianzas estratégicas con empresas mineras y organismos gubernamentales como

el Ministerio de Energía y Minas para la aprobación del nuevo método de capacitación y sea válido como sustentos para los fiscalizadores gubernamentales.

### **6.3 Validación de la Viabilidad de la Solución**

#### **6.3.1 Presupuesto de Inversión**

Es necesario realizar las inversiones iniciales de capital para iniciar el negocio. Se ha formulado sobre 3 diferentes escenarios: optimista, esperado y pesimista. La Tabla 31 incluye la inversión inicial, la contribución financiera de terceros y el capital que debe utilizarse para respaldar financieramente los flujos efectivos positivos. La tasa de crecimiento anual de las capacitaciones es la diferencia entre los tres escenarios. En el escenario pesimista se asumió que el crecimiento moderado del número de personas capacitadas sería del 1% de la población total de trabajadores activos en el sector minero, lo cual corresponde a una menor tasa de crecimiento promedio de los últimos años de personas que se integran a la actividad en el sector minero. En el escenario optimista, fue del 5% anual, y en el escenario moderado se asumió que sería del 2.5%. Otra variable importante es la variación en el costo (disminución) por persona capacitada por efectos de volumen de ventas o economía de escala (se espera tener contratos corporativos donde se pueda tener el 100% de personal que trabaja en la unidad minera, tanto propios como terceros). En la Tabla 31 se muestra la inversión necesaria en el año 1 para iniciar el negocio, siendo este el capital de trabajo.

**Tabla 31***Inversión Inicial*

Concepto de Inversión	Total, S/.	Capital Propio	Préstamo Financiero
Desarrollo de 3 módulos de entrenamiento (muestra)	136,800		
Desarrollo e implementación de la Plataforma Web	28,000		
Desarrollo de Simulaciones RV + IA	266,000		
Marketing Digitales	11,000		
BTL (Publicidad específica para un segmento)	18,520		
Equipo/Mobiliario Año 0	89,750		
Gastos de cargas diversos (en S/)	14,100		
<b>Total</b>	<b>S/ 564,170</b>	<b>S/ 200,000</b>	<b>S/ 364,170</b>

Aportes		Total
Recursos propios	36%	200,000
Préstamo financiero	64%	364,170
<b>Total</b>		<b>564,170</b>

Nota: Videos estándar elaborados a medida y adquisición de gafas de RV de la página Amazon.

**6.3.2 Análisis Financiero**

El Flujo de Caja Libre se proyecta durante un período de cinco años, primero proyectando las G&P (Ganancias & Pérdidas) (ver Tabla 32) y luego derivando el NOPAT (*Net Operating Profit After Taxes*). Debido a que este NOPAT no representa un pago en efectivo grande, se agrega la depreciación en la Tabla 33. Esto se refleja en la diferencia anual entre el pronóstico de CAPEX anual y en última instancia, el NOWC (*Net Operating Working Capital*) en la Tabla 33, que representa la cantidad de efectivo que requiere una empresa. Al tratarse de una solución de servicio, VR-SAFE no toma en consideración los niveles de inventario.

**Tabla 32***Proyección de VR-SAFE a Cinco Años, en Soles*

	Año 0	2025	2026	2027	2028	2029
Ingresos		1'155,000	2'541,000	4'950,000	7'425,000	9'979,200
Costo de Ventas		-295,520	-310,295	-593,319	-918,965	-1'126,511
Utilidad Bruta		859,480	2'230,705	4'356,681	6'506,035	8'852,689
Gastos Operativos		-976,650	-1'253,360	-1'608,486	-2'077,525	-2'400,381
Gastos Administrativo		-911,550	-1'102,710	-1'503,261	-1'839,437	-2'226,931
Gasto de Ventas		-48,500	-127,000	-70,875	-187,875	-99,313
Gasto cargas diversas		-14,100	-21,150	-31,725	-47,588	-71,381
Otros Gastos		-2,500	-2,500	-2,625	-2,625	-2,756
Depreciación y Amort.		0	0	0	0	0
Gastos Pre Operativos	-89,750					
EBIT	-89,750	-117,170	977,345	2'748,195	4'428,510	6'452,308
Gastos Financieros		-107,594	-106,974	-106,255	-105,420	-104,451
Utilidad antes de IR		-224,764	870,371	2'641,940	4'323,090	6'347,858
Impuesto a la renta		67,429	-261,111	-792,582	-1'296,927	-1'904,357
Utilidad Neta	-89,750	-157,335	609,260	1'849,358	3'026,163	4'443,500

**Tabla 33***Proyección de FCL y Evaluación Financiera, en Soles*

	Año 0	2025	2026	2027	2028	2029
Ventas		1'155,000	2'541,000	4'950,000	7'425,000	9'979,200
Costo de Ventas		-295,520	-310,295	-593,319	-918,965	-1'126,511
Gastos Administrativo		-911,550	-1'102,710	-1'503,261	-1'839,437	-2'226,931
Gasto de Ventas		-48,500	-127,000	-70,875	-187,875	-99,313
Depreciación y Amort.		0	0	0	0	0
Resultado antes de IR		-100,570	1'000,995	2'782,545	4'478,723	6'526,446
Impuesto a la renta		67,429	-261,111	-792,582	-1'296,927	-1'904,357
Utilidad Neta / NOPAT		-33,141	739,884	1'989,963	3'181,796	4'622,089
Inversión gasto capital	-564,170					
Depreciación		0	0	0	0	0
Amortización de la deuda + intereses		-107,594	-106,974	-106,255	-105,420	-104,451
Escudo fiscal (intereses * IR)		-15,086	150,149	417,382	671,808	978,967
Flujo caja libre	-564,170	-155,820	783,059	2'301,090	3'748,184	5'496,605
COK (APALANCADO)	15.43%					
VANE	5'352,774					
TIRE	121%					

## COK aplicado a el Proyecto

### 1. Determinación de la tasa real del rendimiento

- $r = (i-n)/(1+n)$
- $r =$  Tasa real
- $i =$  Tasa efectiva       $i = \text{TEA} = 18.15\%$
- $n =$  Taza de inflación       $n = 3.02\%$
- $r = 14.69\%$

### 2. Determinación del costo de Oportunidad

- $Re = Rf + B (Rm - Rf)$
- $Rf =$  Tasa de rendimiento libre de riesgo de crédito (Bonos emitidos USA)
- $B =$  Beta de la empresa o nivel de riesgo específico (Rendimiento del mercado)
- $Rm =$  Prima de riesgo de mercado (diferencia entre el rendimiento de mercado y la tasa libre de riesgo)

#### Empresa VR-SAFE

- $Rf = 4.29\%$     4.29%
- $B = 2.44$       1.04
- $Rm = 15\%$     15%

#### Clases de Riesgo y Cotización

- CLASE I    Riesgo mínimo      0.52%
- CLASE II    Riesgo bajo      1.04%
- CLASE III    Riesgo medio    2.44%
- CLASE IV    Riesgo alto      4.35%
- $Re$  (medio) = 30.42%
- $Re$  (bajo) = 15.43%

Se realizó la simulación sobre tres escenarios diferentes: el esperado, optimista y pesimista. La Tabla 34 muestra un resumen del VAN y TIR de estos escenarios.

**Tabla 34**

*Resultados de los Tres Escenarios Evaluados*

	Año 0	Esperado	Optimista	Pesimista
VANE S/.	-564,170	5'352,774	9'196,252	1'174,438
TIRE		121.02%	250.28%	46.46%

**6.3.3 Empleo de Simulaciones para la Validación de la Hipótesis**

En cualquier negocio, el flujo de caja es más importante que el de ganancias y pérdidas, porque la razón por la que las empresas fracasan no es el hecho de que sus beneficios sean negativos, sino el hecho de que no pueden cumplir con las obligaciones. Por lo tanto, en la Tabla 35 se muestra el escenario pesimista del flujo de efectivo proyectado y en la Tabla 36 se evalúa el escenario optimista.

**Tabla 35**

*Proyección de Flujo de Efectivo Escenario Pesimista en Soles*

	Año 0	2025	2026	2027	2028	2029
Ingresos		770,000	1'540,000	3'000,000	4'500,000	5'616,000
Costo de Ventas		-236,416	-248,236	-474,655	-735,172	-901,209
Utilidad Bruta		533,584	1'291,764	2'525,345	3'764,828	4'714,791
Gastos Operativos		-997,130	-1'160,930	-1'632,866	-1'936,832	-2'437,092
Gastos Administrativo		-911,550	-1'102,710	-1'503,261	-1'839,437	-2'226,931
Gasto de Ventas		-71,800	-38,800	-101,600	-56,700	-150,300
Gasto cargas diversas		-11,280	-16,920	-25,380	-38,070	-57,105
Otros Gastos		-2,500	-2,500	-2,625	-2,625	-2,756
Depreciación y Amort.		0	0	0	0	0
Gastos Pre Operativos	-89,750					
EBIT	-89,750	-463,546	130,834	892,479	1'827,996	2'277,699
Gastos Financieros		-107,594	-106,974	-106,255	-105,420	-104,451
Utilidad antes de IR		-571,140	23,860	786,224	1'722,576	2'173,249
Impuesto a la renta		171,342	-7,158	-235,867	-516,773	-651,975
Utilidad Neta	-89,750	-399,798	16,702	550,357	1'205,803	1'521,274

	Año 0	2025	2026	2027	2028	2029
Ventas		770,000	1'540,000	3'000,000	4'500,000	5'616,000
Costo de Ventas		-236,416	-248,236	-474,655	-735,172	-901,209
Gastos Administrativo		-911,550	-1'102,710	-1'503,261	-1'839,437	-2'226,931
Gasto de Ventas		-71,800	-38,800	-101,600	-56,700	-150,300
Depreciación y Amort.		0	0	0	0	0
Resultado antes de IR		-449,766	150,254	920,484	1'868,691	2'337,561
Impuesto a la renta		171,342	-7,158	-235,867	-516,773	-651,975
Utilidad Neta / NOPAT		-278,424	143,096	684,617	1'351,918	1'685,586
Inversión gasto capital	-564,170					
Depreciación		0	0	0	0	0
Amortización de la deuda + intereses		-107,594	-106,974	-106,255	-105,420	-104,451
Escudo fiscal (intereses * IR)		-67,465	22,538	138,073	280,304	350,634
Flujo caja libre	-564,170	-453,483	58,660	716,435	1'526,802	1'931,769
COK (Apalancado)	15.43%					
VANE	1'174,438					
TIRE	46%					

**Tabla 36***Proyección de Flujo de Efectivo Escenario Optimista en Soles*

	Año 0	2025	2026	2027	2028	2029
Ingresos		1'540,000	3'850,000	6'000,000	9'000,000	11'520,000
Costo de Ventas		-295,520	-310,295	-593,319	-918,965	-1'126,511
Utilidad Bruta		1'244,480	3'539,705	5'406,681	8'081,035	10'393,489
Gastos Operativos		-106,350	-983,700	-1'264,060	-1'624,349	-2'101,450
Gastos Administrativo		0	-911,550	-1'102,710	-1'503,261	-1'839,437
Gasto de Ventas		-89,750	-48,500	-127,000	-70,875	-187,875
Gasto cargas diversas		-14,100	-21,150	-31,725	-47,588	-71,381
Otros Gastos		-2,500	-2,500	-2,625	-2,625	-2,756
Depreciación y Amort.		0	0	0	0	0
Gastos Pre Operativos	-89,750					
EBIT	-89,750	1'138,130	2'556,005	4'142,621	6'456,686	8'292,040
Gastos Financieros		-107,594	-106,974	-106,255	-105,420	-104,451
Utilidad antes de IR		1'030,536	2'449,031	4'036,366	6'351,266	8'187,589
Impuesto a la renta		-309,161	-734,709	-1'210,910	-1'905,380	-2'456,277
Utilidad Neta	-89,750	721,375	1'714,322	2'825,457	4'445,886	5'731,312

	Año 0	2025	2026	2027	2028	2029
Ventas		1'540,000	3'850,000	6'000,000	9'000,000	11'520,000
Costo de Ventas		-295,520	-310,295	-593,319	-918,965	-1'126,511
Gastos Administrativo		0	-911,550	-1,102,710	-1'503,261	-1'839,437
Gasto de Ventas		-89,750	-48,500	-127,000	-70,875	-187,875
Depreciación y Amort.		0	0	0	0	0
Resultado antes de IR		1'154,730	2'579,655	4'176,971	6'506,899	8'366,177
Impuesto a la renta		-309,161	-734,709	-1'210,910	-1'905,380	-2'456,277
Utilidad Neta / NOPAT		845,569	1'844,946	2'966,061	4'601,519	5'909,901
Inversión gasto capital	-564,170					
Depreciación		0	0	0	0	0
Amortización de la deuda + intereses		-107,594	-106,974	-106,255	-105,420	-104,451
Escudo fiscal (intereses * IR)		173,210	386,948	626,546	976,035	1'254,927
Flujo caja libre	-564,170	911,185	2'124,920	3'486,352	5'472,134	7'060,376
COK (Apalancado)	15.43%					
VANE	9'196,252					
TIRE	250%					

## 6.4 Resumen

Las validaciones de factibilidad, deseabilidad y viabilidad se plasmaron en tres hipótesis, las cuales cuentan con los experimentos que las sustentan. Se obtuvo la información del costo actual real de capacitación por persona por año, que es de \$226 dólares americanos, y se eligió que el foco de oferta será en la zona centro del Perú, donde se concentra más del 10% de las operaciones mineras en actividad.

Para el *marketing mix* se desarrollaron las 7 P's. El servicio especializado e innovador, se oferta con un 10% menos del costo actual. La propuesta es abarcar el centro del Perú. El servicio se promocionará a través de canales digitales y, sobre todo, en la participación de reuniones donde asisten ejecutivos de empresas mineras, lo que permitirá tener contacto directo con ellos. Es importante destacar que se contará con ejecutivos con más de 20 años de experiencia, quienes asegurarán el correcto diseño de los procesos para el

buen funcionamiento del servicio ofertado (reducción de la accidentabilidad a través de la capacitación inmersiva).

Para el inicio y la puesta en marcha del servicio ofertado y las fases de mejora continua, se realizaron las corridas económicas donde se incluyen absolutamente todas las necesidades de inversión incluyendo todo lo necesario para cubrir las exigencias de los futuros clientes, leyes y tributos correspondientes. Se realizaron tres escenarios de evaluación: esperado, pesimista y optimista, con este resultado se aseguran los objetivos y el éxito del servicio propuesto (Ver Tabla 37):

**Tabla 37**

*Resumen de Escenarios*

	Año 0	Esperado	Optimista	Pesimista
VANE S/.	-564,170	5'352,774	9'196,252	1'174,438
TIRE		121.02%	250.28%	46.46%

## Capítulo VII. Solución Sostenible

### 7.1 Relevancia Social de la Solución

En este capítulo se aborda cómo este proyecto se relaciona con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) contrastándolos con la política mundial de garantizar una vida saludable y promover el bienestar de todos y todas las edades (ODS 3). Implementar un modelo de negocio de capacitación con Realidad Virtual inmersiva tiene un impacto social significativo en la reducción de accidentes en la industria minera, ya que la minería es una industria de alto riesgo y con un índice de accidentabilidad muy elevado. Dentro de las políticas de prevención de accidentes de las empresas mineras, la capacitación eficaz es un pilar esencial para ayudar a proteger a los trabajadores de lesiones y muertes. Con la capacitación y entrenamiento, los colaboradores adquieren conocimientos tanto teóricos como prácticos para poder realizar sus actividades de forma segura. Cuanto más práctica y realista sea la capacitación, se puede reducir el índice de accidentes. Dentro de las causas básicas de un accidente están los actos y condiciones subestándar, y con las capacitaciones y entrenamientos se aborda el aspecto comportamental. Se plantearon dos escenarios para definir el Índice de relevancia social. En primer lugar, se destacó la cantidad de objetivos de desarrollo sostenible (ODS) con relación directa en la ejecución del proyecto, teniendo un impacto en la cadena de ejecución de las actividades mineras. Los ODS 3,4,8 y 9 se describen a continuación.

- ODS 3 - Salud y bienestar: VR-SAFE desarrollará capacitaciones enfocadas en la prevención (reducción y/o mitigación) de accidentes laborales. Esto contribuirá a la meta de reducir periódicamente el número de muertes y enfermedades causadas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo para el año 2030.

- ODS 4 - Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad, y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos.
- ODS 8 - Trabajo decente y crecimiento económico: Se apunta a estimular el crecimiento económico sostenible mediante el aumento de los niveles de productividad y la innovación tecnológica.
- ODS 9 - Industria, innovación e infraestructura: Los avances tecnológicos también son esenciales para encontrar soluciones permanentes a los desafíos económicos y ambientales.

En el segundo escenario, se determinaron el índice secundario, el índice de relevancia específica de la meta (TSRI), así como la cantidad de metas del ODS de impacto por la solución entre el total de metas del ODS. Para VR-SAFE se han elegido 15 metas (ver Apéndice F), los siguientes resultados se obtuvieron en relación al cálculo del TSRI:

- $TSRI = \frac{\text{Metas del ODSi movilizadas por la solución}}{\text{Total, de metas del ODSi}} * 100\%$
- Total, de metas del ODSi

La Tabla 38 muestra los hallazgos del TSRI que confirman una significativa intensidad de las actividades en las metas de los ODS 3, 4, 8 y 9. Esto sustenta que VR-SAFE es una empresa sostenible en el tiempo y responsable económicamente social.

**Tabla 38**

*Cálculo del TSRI*

<i>TSRI – índice de relevancia específica de la meta ODS</i>	N.º de metas de la ODS	N.º de metas de la ODS impactadas	TSRI
ODS 3	13	2	15%
ODS 4	10	1	10%
ODS 8	12	3	25%
ODS 9	8	1	13%

## 7.2 Rentabilidad Social de la Solución

Para cuantificar la rentabilidad social de la capacitación en seguridad utilizando la Realidad Virtual, se puede utilizar un análisis costo-beneficio. Este análisis compara los

costos de implementar la capacitación con los beneficios esperados, como los ahorros de costos directos e indirectos, el incremento de la productividad y la mejora de la seguridad. En el caso específico de Perú, la rentabilidad social de la capacitación en seguridad utilizando la Realidad Virtual podría ser aún mayor. Esto se debe a que la actividad minera en Perú es una de las más riesgosas del Perú. Según el Ministerio de Energía y Minas de Perú (2023), en 2022 se registraron 42 accidentes mortales en la actividad minera, lo que representa una tasa de mortalidad de 3.7 por cada 100,000 trabajadores. Según el Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (2023), en el Portal de Datos Abiertos, indicó que la industria minera es 34% mayor que otras industrias de mayor riesgo (manufactura, construcción, transporte).

Con un enfoque importante en el desarrollo sostenible del aprendizaje a través de la experiencia, se unen las emociones, y se desarrollaron evaluaciones de rentabilidad social, medidas de reducción, optimización de tiempo y capacitación a través de Realidad Virtual inmersiva para realizar trabajos seguros sin riesgos o accidentes laborales. VR-SAFE busca que el trabajador minero reconozca e identifique los riesgos o peligros en el lugar de trabajo a través de una educación de alta calidad y tecnología, ayudando así a prevenir accidentes fatales.

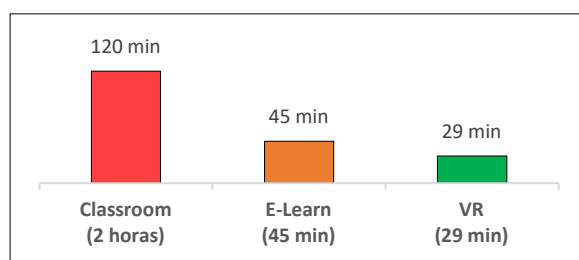
Los beneficios de VR-SAFE incluyen la capacitación y entrenamiento en escenarios inmersivos y realistas en un entorno 3D, lo cual permite que las capacitaciones sean retenidas a través de las emociones y situaciones que encuentra un trabajador sin las medidas de seguridad adecuadas. Aumentar la retención en un corto plazo es otro beneficio social, ya que el colaborador puede recibir capacitación segura y óptima sin experiencia previa, mediante tecnología digital, lo que permite una capacitación vivencial que dura menos horas que la capacitación tradicional de seguridad. La eficiencia de la capacitación con Realidad Virtual se detalla de la siguiente manera:

- 4x más rápido para entrenar eso en el aula (ver Figura 26).

- 275% más confianza para aplicar las habilidades aprendidas después del entrenamiento.
- 3.75x más conectados emocionalmente con los contenidos que en el aula de clases.
- 4x más enfocados que sus compañeros de *e-learning*.

**Figura 26**

*Comparación de tiempo en completar entrenamiento*



*Nota.* Adaptado de “Capacitar a los colaboradores a través de Realidad Virtual,” por PwC, 2023 (<https://www.pwc.com/co/es/pwc-insights/capacitar-colaboradores-realidad-virtual.html#>).

### 7.2.1 Definición del VAN Social

El Valor Actual Neto (VAN) social es una herramienta financiera que permite evaluar la rentabilidad social de un proyecto, considerando tanto los beneficios como los costos desde una perspectiva social.

### 7.2.2 Cálculo del VAN Social

El VAN social se calcula de la siguiente manera:

$$\text{VAN social} = \frac{\Sigma (\text{Beneficios sociales} - \text{Costos sociales})}{(1 + \text{tasa de descuento social})^t}$$

Donde:

- Beneficios sociales: Son los beneficios que el proyecto genera para la sociedad en su conjunto, como la reducción de accidentes mineros, la mejora de la salud y seguridad de los trabajadores, la disminución de la contaminación ambiental, etc.

- **Costos sociales:** Son los costos que el proyecto genera para la sociedad en su conjunto, como la inversión inicial en tecnología de Realidad Virtual, la capacitación del personal, etc.
- **Tasa de descuento social:** Es la tasa que refleja el valor presente de los beneficios y costos futuros del proyecto para la sociedad.

### ***7.2.3 Identificación de Beneficios y Costos Sociales***

#### **Beneficios Sociales.**

- Reducción de accidentes mineros y sus costos asociados (multas por accidentes fatales, pérdida en la producción, gastos médicos, indemnizaciones, etc.).
- Mejora de la salud y seguridad de los trabajadores.
- Disminución de la contaminación ambiental.
- Aumento de la productividad minera.
- Mejora de la calidad de vida de los trabajadores y sus familias.

#### **Costos Sociales.**

- Inversión inicial en tecnología de Realidad Virtual.
- Capacitación del personal.
- Mantenimiento y actualización de la tecnología.

**Estimación de los Beneficios y Costos Sociales.** Para estimar los beneficios y costos sociales, se pueden utilizar diferentes métodos, como:

- **Análisis de datos históricos:** Se pueden analizar datos históricos de accidentes mineros, costos asociados, etc., para estimar el impacto del proyecto en la reducción de estos indicadores.
- **Encuestas y entrevistas:** Se realizaron encuestas y entrevistas a trabajadores mineros, expertos en seguridad minera, etc., para obtener información sobre la percepción del proyecto y sus posibles impactos sociales.

- Estudios de caso: Se deben realizar estudios de caso de proyectos similares que hayan utilizado tecnología de Realidad Virtual para la capacitación en seguridad minera.

**Cálculo de la Tasa de Descuento Social.** La tasa de descuento social, según el Ministerio de Finanzas, es del 8%.

#### 7.2.4 Cálculo del VAN Social de VR-SAFE

Si se supone que un proyecto de capacitación en seguridad minera con Realidad Virtual tiene los siguientes datos (ver Tabla 39):

**Tabla 39**

*Cálculo del VAN social de VR-SAFE*

Costo de Producción x Accidente Mortal (Mediana Minería)	
Tratamiento por día (TMS)	5,000.00
Valor de Mineral (USD \$) /Tonelada	100
Valor Neto de Venta (USD \$)	130
Utilidad Neta por Tonelada (USD \$)	30
Utilidad Neta/Día (USD \$)	150,000.00
Días de Parada Promedio	5
Pérdida Total por un Accidente Fatal (USD \$)	750,000.00
Pérdida Total por un Accidente Fatal S/.	2'850,000.00
Costo de Multas e Indemnizaciones S/.	800,000.00
Costo total por Accidente Mortal S/.	3'650,000.00

Número de Muertes 2023	51
Reducción en una fatalidad	1
% de Reducción de Accidentes	2.0

Criterios	Valor
Inversión inicial: S/.	564,170.00
Costos de capacitación: S/.	240,000.00
Costos de mantenimiento anual S/.	40,000.00
Reducción de accidentes mineros: 2.0%	0.02
Ahorro en costos por accidente mortal: S/.	3'650,000.00
Vida útil del proyecto: 5 años	5.00
Tasa de descuento social: 8%	0.08

$$\text{VAN social} = (3'650,000 - 40,000) / (1 + 0.08)^1 + (3'650,000 - 40,000) / (1 + 0.08)^2 + (3'650,000 - 40,000) / (1 + 0.08)^3 + (3'650,000 - 40,000) / (1 + 0.08)^4 + (3'650,000 - 40,000) / (1 + 0.08)^5 - 564,170 - 240,000$$

- VAN Social S/ 13'609,513.23 Soles
- VAN Social \$ 3'581,451 Dólares

En este caso, el VAN social del proyecto es positivo, lo que significa que el proyecto genera un beneficio neto para la sociedad.

### **7.2.5 Limitaciones del VAN Social**

Es importante tener en cuenta que el VAN social es una herramienta que tiene algunas limitaciones, como:

- Dificultad para estimar los beneficios y costos sociales.
- La elección de la tasa de descuento social puede ser subjetiva.
- El VAN social no considera todos los impactos sociales del proyecto

### **7.2.6 Conclusiones de la Solución Sostenible**

El VAN social es una herramienta útil para evaluar la rentabilidad social de un proyecto de capacitación en seguridad minera con Realidad Virtual. Sin embargo, es importante tener en cuenta las limitaciones de esta herramienta y utilizarla en conjunto con otros métodos de evaluación. Para un horizonte de cinco años de beneficios y costos sociales, el VAN social del proyecto es de S/. 13'612,013.23 con una tasa de descuento social (TDS) de 8% que equivale al costo de oportunidad (Seminario, 2017).

Según lo mencionado, el beneficio social tiene un impacto significativo en la empresa, no solo por el ahorro en términos económicos, sino porque se puede ayudar a salvaguardar la vida humana. Es de suma importancia que las empresas mineras se enfoquen en elevar la calidad de las capacitaciones y entrenamientos. La industria minera está adoptando rápidamente la Realidad Virtual para la capacitación en seguridad. Según un estudio de la

consultora McKinsey, se espera que el mercado de la Realidad Virtual para la capacitación en seguridad minera crezca a un ritmo anual compuesto del 20% entre 2022 y 2027. La implementación de un modelo de negocio de capacitación con Realidad Virtual para la reducción de accidentes en la industria minera es una inversión que puede ayudar a preservar la vida de los trabajadores, que es el recurso más valioso y mejorar la seguridad de las operaciones mineras.

### **7.3 Resumen**

La reducción de accidentes en la actividad minera por la capacitación en seguridad utilizando Realidad Virtual (VR) tiene un impacto positivo en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y genera un valor importante dentro de la relevancia social de la minería. Proteger la vida humana sigue siendo la máxima prioridad en la industria minera. Utilizar RV dentro de los programas de capacitación y entrenamiento proporciona a los trabajadores mineros una experiencia de capacitación más realista e inmersiva, lo que puede ayudarles a aprender mejor las normas de seguridad y a identificar los riesgos y peligros a los que están expuestos en sus actividades diarias. También proporciona una reducción significativa en los costos de las empresas mineras, ya que los accidentes laborales pueden ser costosos para las empresas de este sector, tanto en términos de costos directos (como atención médica y compensación a los trabajadores) como indirectos (como pérdida de productividad y daño a la reputación). La reducción de accidentes puede ayudar a las empresas mineras a ahorrar dinero y mejorar su rentabilidad.

## Capítulo VIII. Decisión e Implementación

### 8.1 Plan de Implementación y Equipo de Trabajo

El plan de implementación se llevará a cabo de mayo a diciembre de 2024. El equipo responsable de la implementación del proyecto estará a cargo de los cuatro socios fundadores: Cesar Torres (CT), Joseph Chancasanampa (JC), Rene Rojas (RR) y Alan Perez (AP). El plan se ha definido en las siguientes fases:

**Fase 1.** Se establecerá la constitución de la empresa de acuerdo a lo solicitado (nombre, elaboración de minuta, inscripción en registros públicos, y el trámite para la obtención del registro único del contribuyente (RUC)) según ley y con el establecimiento de una inversión inicial de S/564,170.00 Soles. También se establecerán las responsabilidades de los socios y del resto del personal, incluyendo la planificación y desarrollo del plan de negocios el cual tendrá la visión, misión y objetivos de la empresa, el modelo de negocio establecido, así como los planes incluidos de operaciones, de recursos (humanos, físicos, tecnología de Realidad Virtual y otros) y de marketing (como estrategias de marketing digital y ventas para promover el servicio inmersivo en Realidad Virtual). El plazo estimado en esta fase es de un mes.

**Fase 2.** Para el centro de operaciones, se empezará con la búsqueda y el contrato del alquiler del local, incluyendo la contratación de servicios de agua, luz, etc. Posteriormente, se buscará a través de proveedores la adquisición e implementación de mobiliario para el acondicionamiento inicial del local. Además, se debe obtener la licencia de funcionamiento en esta fase, puesto que es importante para el posterior inicio de operaciones. El plazo estimado en esta fase es de 1.5 meses.

**Fase 3.** La empresa a través del área de operaciones, procederá en esta fase a la adquisición de recursos humanos y tecnológicos, a través de una licitación se hará la compra de los equipos tecnológicos como 60 lentes para la RV y el software correspondiente, la

contratación del personal en los perfiles de experto en Realidad Virtual, diseñador, experto en IA, instructor con experiencia en temas de seguridad minera, ejecutivo de ventas se hará a través de una selección de personal encargada por los gerentes de la empresa, y el responsable de TI estará a cargo de la licitación para el servicio del desarrollo de la página Web y finalmente la creación de los canales de las redes sociales estará a cargo por el responsable de Marketing. El plazo estimado en esta fase es de dos meses.

**Fase 4.** En esta etapa se debe desarrollar la versión final del PMV, incluyendo el contenido de la capacitación y adaptación de experiencias a los equipos, se podría adoptar un enfoque ágil para el desarrollo de actividades en esta fase. El área de Operaciones y de TI hará una inducción de los objetivos y planificación al personal contratado y luego se procederá a la elaboración final del servicio con su respectiva validación de usuarios para establecer la programación de los equipos (lentes) e integración con el software respectivo y otras tecnologías finalizando con una versión estándar del servicio de capacitación alineado a los ítems de seguridad que se exige de parte del MINEM y que se ofrecerá a los clientes con sus respectivas cantidades de sesiones, los contenidos o experiencias de entornos de trabajo en las minas, los guiones, y los materiales de apoyo, y una evaluación final para medir la efectividad de la capacitación o el entrenamiento.

Aquí en esta fase también se culminará el desarrollo de la página web, y los otros canales de distribución. Además, se establecerá la infraestructura necesaria para ofrecer la capacitación en Realidad Virtual, incluyendo servidores, redes y sistemas de seguridad, de soporte técnico y atención al cliente, para garantizar un funcionamiento sin problemas de la tecnología y la plataforma de capacitación. El plazo estimado en esta fase es de cuatro meses. El contenido de la capacitación será relevante para las necesidades de los trabajadores mineros y debe estar diseñado para que sea efectivo en la enseñanza de las habilidades de seguridad. Enfatizar, por otra parte, que el marketing mix establecido contempla como parte

del servicio y del bloque de procesos poder evaluar las necesidades de capacitación de los trabajadores mineros, y si es solicitado con la respectiva negociación se podrá capturar el entorno de la unidad minera del cliente donde desea que se realice la capacitación o entrenamiento, teniendo en ese aspecto que realizar la personalización del servicio a través del apoyo de las tecnologías que permiten mapear de una manera más rápida el entorno de trabajo actual del cliente.

**Fase 5.** En esta etapa se procederá a buscar posibles problemas potenciales y áreas de mejora a través de la experiencia del usuario, así como las pruebas y optimización final antes del inicio de operaciones. Además, la puesta en marcha garantizará que todos los componentes, como el contenido de la experiencia inmersiva, y las plataformas tecnológicas implementadas, estén correctamente operativos. Finalmente, se hará una capacitación total del personal para que estén alineados a los objetivos, estrategias y procesos de la empresa. El plazo estimado en esta fase es de dos meses.

**Fase 6.** En esta etapa se procederá al lanzamiento del servicio de capacitación y entrenamiento inmersivo y a la ejecución de las estrategias (publicidad, promoción, SEO, campañas, descuentos, etc.) de marketing para atraer a clientes potenciales (empresas grandes y medianas del sector minero). El plazo estimado en esta fase es de 0.5 meses. Una vez que el cliente adquiera el servicio, el equipo de trabajo para implementar una capacitación en seguridad para la actividad minera con el uso de la Realidad Virtual debe incluir a los siguientes miembros:

- Representantes de las empresas mineras: Estos representantes pueden proporcionar información sobre las necesidades de capacitación de los trabajadores mineros y ayudar a garantizar que el contenido de la capacitación sea relevante.



## 8.2 Conclusiones

- El análisis a los entrevistados considera que el 67% (Patrón de la satisfacción) de las capacitaciones “actuales” recibidas se pueden mejorar para ser más efectivas. En ese aspecto se observó por parte del usuario que al no ser vivenciales, ni prácticas, las distracciones empiezan a partir de los 15 minutos de haber empezado una capacitación tradicional, por lo que VR - SAFE permitirá que el personal minero reconozca y experimente desde el primer momento una nueva forma de aprendizaje donde la participación activa y el compromiso con su aprendizaje serán fundamentales para el éxito de reducir los accidentes.
- Checa et al. (2021), en su artículo de investigación: “*Oportunidades de la Realidad Virtual en la reducción de riesgos laborales en la Industria 4.0*”, a través de dos experimentos muestran resultados positivos basados en el uso, satisfacción, utilidad, comprensión de riesgos y realismo experimentado, coincidiendo estos resultados con experiencias similares para otros sectores. Por lo tanto, al practicar en entornos virtuales antes de enfrentarse a situaciones reales, permitirá contribuir a la reducción significativa del riesgo de accidentes y lesiones en un entorno minero que es peligroso.
- Según el Mapa de Principales Unidades Mineras en Producción 2023 del MINEM (2023) existe un potencial mercado en las empresas mineras, reportándose 198 titulares que vienen operando y también se puede considerar los nuevos proyectos mineros que se deben ejecutar en los siguientes años.
- En las entrevistas a los usuarios y los patrones de comportamiento de las categorías, satisfacción por las capacitaciones recibidas, implementar nuevas tecnologías, y medidas de seguridad para reducir accidentes, se observó la necesidad de potenciar y

mejorar la forma que se dictan las capacitaciones en la gestión de riesgos como parte de la seguridad. La empresa que se formará operará bajo la razón social VR – SAFE.

- En comparación con la capacitación tradicional, la solución integral permitirá una evaluación del desempeño de los trabajadores sobre simulaciones con entornos de trabajo más reales y peligrosos, permitiéndole saber al cliente el resultado de esta experiencia y este decida mejorar o potenciar sus conocimientos del trabajador con respecto a la gestión de riesgos y prevención de accidentes.
- De acuerdo al análisis financiero del proyecto es rentable a partir del año 2 de iniciada las operaciones, esto demuestra que el proyecto tiene proyección en el tiempo y se abren nuevas oportunidades y conocimiento para la diferenciación del negocio.
- El análisis de los entrevistados reveló que un accidente laboral en la mina genera un impacto negativo con diversas consecuencias (Patrón de Consecuencias) para los accidentados, los trabajadores, la empresa, y origina que los familiares se sientan afectados y preocupados (Patrones de emociones personales y familiares), sobre todo si se trata de un accidente mortal.
- Para la demostración operativa, la empresa cuenta con un prototipo que permite la viabilidad de la validación y aceptación del personal que está apto para capacitarse. Esto es un indicador que VR-SAFE es un proyecto completamente viable, aceptable y sobre todo rentable. El éxito del negocio radicará principalmente en tener un equipo altamente calificado en temas de seguridad y el uso de tecnologías emergentes, así como su rápida tracción en el mercado a través de su difusión e implementación en las unidades mineras.
- El valor agregado diferenciador es que VR -SAFE como servicio puede adaptarse a las distintas realidades que tienen cada unidad minera. Esto será a través de la captura del entorno real a través de diferentes opciones (un smartphone, una cámara 360°, un

celular con sensor lidar integrado, drone, un escáner láser.), para luego ser procesada la información con el renderizado volumétrico y finalmente generar la importación y edición del modelo volumétrico renderizado en software de modelado como Unreal Engine. Se recomienda ver la Figura 14 relacionada al flujo de desarrollo del PMV.

### 8.3 Recomendaciones

- Buscar la mejora continua en la adaptación de contenidos a través de tecnologías inmersivas que también van innovando, permitirá ajustar de manera más real y rápida los riesgos y procedimientos específicos de cada entorno de trabajo, garantizando la relevancia y la efectividad del entrenamiento.
- El servicio VR - SAFE debe seguir evolucionando y que dentro de su solución integral permita integrarse con otros programas, plataformas o sistemas de seguridad existentes, y así ofrecer una estrategia integral de seguridad en el lugar de trabajo. Por ejemplo, alineado a estrategias de seguridad, como la inspección, la supervisión, y la sanción, el cual también es parte de la recomendación de los entrevistados con experiencia en el sector minero.
- Explorar nuevos mercados de otras industrias como el sector de construcción, manufacturero y agraria, que también reportan altos índices de accidentes y se recomienda escalar el servicio hacia los sectores que muestren un potencial crecimiento para la empresa.
- Incrementar el número de capacitaciones a partir del año 2 debe permitir asegurar la participación del mercado, esto acompañado de la normativa peruana quien pone las exigencias del total de horas de capacitación, en este sentido la propuesta de valor hará posible posicionarse en el tiempo.
- Ampliar estas capacitaciones en seguridad a capacitaciones técnicas, formación en institutos, simulaciones prácticas en universidades, etc. pudiendo crear nuevos

océanos azules con las cuales se puede ampliar el rubro y modelo del negocio en el futuro.

- Los equipos de trabajo de parte de la mina y de la empresa proveedora del servicio trabajen en estrecha colaboración para garantizar que la capacitación sea efectiva y que cumpla con las necesidades de los trabajadores mineros.
- El programa de la capacitación se actualice periódicamente para reflejar los cambios en los peligros y las mejores prácticas de seguridad.
- Incluir constantemente las encuestas de satisfacción, hacer un análisis de datos de desempeño y revisiones periódicas del contenido del entrenamiento.

#### **8.4 Resumen**

El plan de implementación establece los pasos necesarios, planificados y coordinados para llevar a cabo el proyecto con éxito. El plan está compuesto por un cronograma (sujeto a cambios) que indica cuándo se llevará a cabo y sus fases de implementación, así como el equipo de trabajo que será el grupo de fundadores responsables de ejecutarlo. El plan contiene las siguientes fases: 1. Inicio, 2. Establecimiento de un centro de operaciones 3. Adquisición de recursos y equipos tecnológicos, 4. Desarrollo de contenido, plataforma e infraestructura para la capacitación, 5. Pruebas y optimización y 6. Lanzamiento. Además, para que el servicio brindado sea de satisfacción para los clientes y permita consolidarse como un negocio innovador en el mercado, se toman en cuenta las conclusiones y recomendaciones que han surgido de la investigación del problema y las necesidades del usuario y clientes, el *feedback* de los clientes y usuarios, así como la experiencia del equipo de trabajo en minería y tecnología.

## Referencias

- CooperAccion. (2023). *Economía y minería (agosto 2023)*.  
[https://cooperaccion.org.pe/economia-y-mineria-agosto-2023/#\\_ftn1](https://cooperaccion.org.pe/economia-y-mineria-agosto-2023/#_ftn1)
- Checa Cruz, D., et al. (2021). Oportunidades de la Realidad Virtual en la reducción de riesgos laborales en la Industria 4.0. *Revista de Ingeniería Dyna*, 96(6). 620-626. DOI:  
<https://doi.org/10.6036/10241>
- El Peruano. (2021). *Manufactura crece y afianza 1.5 millones de empleos*.  
<https://elperuano.pe/noticia/116943-manufactura-crece-y-afianza-15-millones-de-empleo>
- El Peruano. (2022). *Ciencia y Tecnología*. <https://elperuano.pe/noticia/177361-el-potencial-de-la-realidad-virtual-como-aliado-de-la-industria>
- Instituto Peruano de Economía (IPE). (2021). *Cómo impacta la minería en la productividad de Perú*. <https://www.ipe.org.pe/portal/ipe-como-impacta-la-mineria-en-la-productividad-de-peru/>
- Ludus. (2022). *Realidad Virtual inmersiva ¿por qué es mejor para la capacitación?*  
<https://www.ludusglobal.com/blog/realidad-virtual-inmersiva-por-que-es-mejor>
- Ludus. (2023). *Mutuas de trabajo: Realidad Virtual y concienciación contra accidentes*.  
<https://www.ludusglobal.com/blog/mutuas-de-trabajo-realidad-virtual-y-concienciacion-contraccidentes>
- MINEM. (2016). *Decreto Supremo N.º 024-2016-EM*.  
<https://www.gob.pe/institucion/osinergmin/normas-legales/741887-024-2016-em>
- MINEM. (2020). *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería. Ed. 2020*.  
<https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/4339000-reglamento-de-seguridad-y-salud-ocupacional-en-mineria-ed-2020>

- MINEM. (2023). *Anuario Minero 2022*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/4326371-anuario-minero-2022>
- MINEM. (2023). *Empleo en sector minero sigue en aumento y alcanza mejor cifra de 2023*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/noticias/832532-minem-empleo-en-sector-minero-sigue-en-aumento-y-alcanza-mejor-cifra-de-2023>
- MINEM. (2024). *Boletín Estadístico Minero diciembre 2023*. <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/5185432-boletin-estadistico-minero-diciembre-2023>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (MTPE). (2023). *Anuario Estadístico Sectorial 2022*. <https://www.gob.pe/institucion/mtppe/informes-publicaciones/4485120-anuario-estadistico-sectorial-2022>
- Naciones Unidas. (2023). *Objetivo 3: Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/health/>
- Naciones Unidas. (2023). *Objetivo 4: Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/education/>
- Naciones Unidas. (2023). *Objetivo 8: Promover el crecimiento económico inclusivo y sostenible, el empleo y el trabajo decente para todos*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/economic-growth/>
- Naciones Unidas. (2023). *Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>
- PMI. (2022). *Informe Situacional del Sector Construcción en el Perú Post Covid-2019*. <https://pmi.org.pe/blog/informe-situacional-del-sector-construccion-en-el-peru-post-covid-2019-7296>

- Pricewaterhouse Coopers (PwC). (2023). *Capacitar a los colaboradores a través de Realidad Virtual*. <https://www.pwc.com/co/es/pwc-insights/capacitar-colaboradores-realidad-virtual.html>
- Puelles, X. (2023). *Los enormes riesgos laborales en el sector minero hoy*. CooperAcción. <https://cooperaccion.org.pe/opinion/la-vida-por-trabajar-en-mineria-un-intercambio-justo/>
- Purizaca, G. (2023). *405 trabajadores mineros han muerto en los últimos 10 años: cifra mayor a otros rubros en Perú*. LR Data. <https://data.larepublica.pe/405-trabajadores-muertos-en-minas-y-canteras-de-peru-los-ultimos-10-anos-mina-yanauqhua-ministerio-de-energia-y-minas/>
- Sirinanda, K. (2023, abril). *Minar o no Minar: Principales Desafíos Mineros*. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (IIMP). <https://revistamineria.com.pe/actualidad/minar-o-no-minar:-principales-desafios-mineros>
- Tiempo Minero. (2023). *Accidentes mineros fatales en Perú ascendieron a 32 a mayo de 2023*. <https://tiempominero.com/accidentes-mineros-fatales-en-peru-ascendieron-a-32-a-mayo-de-2023/>
- Timely. (2023). *La pirámide del aprendizaje: explicada para los proveedores de formación*. <https://time.ly/es/blog/La-pir%C3%A1mide-de-aprendizaje-explicada-para-los-proveedores-de-formaci%C3%B3n/#:~:text=La%20Pir%C3%A1mide%20del%20Aprendizaje%20es,ha%20denominado%20Cono%20de%20Aprendizaje>

## **Apéndices**

### **Apéndice A: Formatos de Entrevistas**

<https://drive.google.com/drive/folders/1T1rdgsK-ckV7-zhTVSnR1EBq0oHwXpK2?usp=sharing>

### **Apéndice B: Repositorio de Entrevistas**

[https://drive.google.com/drive/folders/13z2U5g\\_0TCPCTe\\_suE5QqG8dRLFwf8GS?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/13z2U5g_0TCPCTe_suE5QqG8dRLFwf8GS?usp=sharing)

### **Apéndice C: Lienzos**

[https://drive.google.com/drive/folders/1L\\_cf3V-GUx5Of7bRgZrVwSJqeDOPada5?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1L_cf3V-GUx5Of7bRgZrVwSJqeDOPada5?usp=sharing)

### **Apéndice D: Información Financiera**

[https://drive.google.com/drive/folders/1OwroF\\_E-o65MZB3DZ5zLO02v-5KI\\_Ek4?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1OwroF_E-o65MZB3DZ5zLO02v-5KI_Ek4?usp=sharing)

### **Apéndice E: Producto Mínimo Viable**

[https://drive.google.com/drive/folders/1ngBgpBadDnTFUtiSa-09rk19JXJo0C\\_U?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1ngBgpBadDnTFUtiSa-09rk19JXJo0C_U?usp=sharing)

## Apéndice F: Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible Impactadas

ODS IMPACT.	Metas	Impacto
3	3.9 "Para 2030, reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo"	Abogar por la salud y la seguridad laboral: promover la salud en el sitio de trabajo; establecer prácticas rigurosas de seguimiento y presentación de informes de salud y seguridad laboral
	3.4 "Reforzar la capacidad de todos los países, en particular los países en desarrollo, en materia de alerta temprana, reducción de riesgos y gestión de los riesgos para la salud nacional y mundial"	Riesgos por Prevenir: Exponer a los/as trabajadores/as a riesgos de accidentes fatales, lesiones y problemas de salud física y mental
4	Meta 4.4: "Para 2030, aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales, para acceder al empleo, el trabajo decente y el emprendimiento".	Capacitar y educar a la fuerza laboral: capacitar a la fuerza laboral en habilidades técnicas y administrativas; asegurar que las oportunidades de capacitación estén disponibles para los/as empleados/as de todos los niveles y de todos los orígenes
8	8.2 Lograr niveles más elevados de productividad económica mediante la diversificación, la modernización tecnológica y la innovación, entre otras cosas centrándose en los sectores con gran valor añadido y un uso intensivo de la mano de obra	Se ha producido un incremento de la productividad laboral y un descenso de la tasa de desempleo a escala mundial. No obstante, es necesario seguir avanzando para mejorar las oportunidades de empleo, especialmente entre jóvenes, reducir el empleo informal y la desigualdad en el mercado laboral (sobre todo en lo que respecta a la brecha salarial entre hombres y mujeres), promover entornos de trabajo seguros y protegidos y mejorar el acceso a los servicios financieros para garantizar un crecimiento económico sostenido e inclusivo
	8.3 Promover políticas orientadas al desarrollo que apoyen las actividades productivas, la creación de puestos de trabajo decentes, el emprendimiento, la creatividad y la innovación, y fomentar la formalización y el crecimiento de las microempresas y las pequeñas y medianas empresas, incluso mediante el acceso a servicios financieros	
	8.8 Proteger los derechos laborales y promover un entorno de trabajo seguro y sin riesgos para todos los trabajadores, incluidos los trabajadores migrantes, en particular las mujeres migrantes y las personas con empleos precarios	Riesgos a prevenir: Perpetuar prácticas de trabajo deficientes y condiciones de trabajo inseguras
9	9.5 Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales de todos los países, en particular los países en desarrollo, entre otras cosas fomentando la innovación y aumentando considerablemente, de aquí a 2030, el número de personas que trabajan en investigación y desarrollo por millón de habitantes y los gastos de los sectores público y privado en investigación y desarrollo	Promover la investigación y las iniciativas de negocio desarrolladas dentro del país

## Apéndice G: Información de los Entrevistados según Categoría y Patrones de Comportamiento

**Tabla 40**

*Información de los Entrevistados según Categoría y Patrones de Comportamiento*

Ítem	Categoría	Información más relevante de la categoría	Patrones de comportamiento
1	Edad del entrevistado	La mayoría está por encima de los 30 años de edad	29% está entre 30 - 34 años 24% está entre 35 - 39 años 24% está entre 40 o más años 19% está entre 25 - 29 años 5% está entre 18 - 24 años
2	Experiencia en el sector minero	La mayoría está por encima de los 3 años de experiencia	33% está entre 6 - 10 años 24% está entre 3 - 5 años 24% está entre > 10 años 19% está entre < 3 años
3	Ocupación o actividad laboral que desempeña	Suelen ser principalmente profesionales en ingeniería metalúrgica, civil, y operadores de planta, así como administrativos	33% son operadores de planta 29% son ingenieros 29% son administrativos (RRHH, Finanzas)

			5% es topógrafo de profesión
			5% trabaja como metalurgista
4	Conocimiento de lo que es un accidente	Lo describen como algo inesperado que causa daño o la materialización de un riesgo	57% lo relaciona a un hecho inesperado que causa daño a una persona, ambiente o propiedad
			24% lo relaciona a la materialización del riesgo
			19% lo relaciona como un acto subestándar que ocasionado por una persona
5	Experiencia adquirida en seguridad y prevención de accidentes	La mayoría manifiesta que lo ha adquirido en charlas, capacitaciones, uso de herramientas de control para evaluar riesgos y peligros	57% relata que ha estado basado en charlas, capacitaciones, control de actividades
			28% relata que ha usado herramientas de control para evaluar los riesgos y peligros
			10% relata que ha sido trabajar con responsabilidad, haciendo bien las cosas, concentrarse, cumplir con los procedimientos, así como actualizarse en la prevención
			5% relata que su responsabilidad y labor ha sido identificar las capacidades de los trabajadores en cuanto a la seguridad
6	Concepto de seguridad	Interpretan que es el cuidado de uno mismo y de los compañeros, así como un estilo de vida en el trabajo que salvaguarda vidas y la salud	33% considera que es un estilo o cultura para salvaguardar vidas y hacerlo parte del trabajo

		24% considera que es el cuidado de uno mismo y de los compañeros
		14% considera que es un factor importante y se debe implementar a todo nivel porque mantiene sanos y salvo a todos
		14% considera que es una actitud y capacidad que tiene la persona para prevenir los riesgos y salvaguarde su vida y la de otros
		14% considera que esta se encarga de ver la salud y el bienestar que no pase accidentes
7	Cultura de seguridad	La mayoría considera que en su empresa tiene una cultura de seguridad de nivel fuerte
		86% considera que es fuerte
		9% considera que es Intermedio
		5% considera que no es fuerte
8	Medidas de seguridad	La aplican para la identificación y evaluación de riesgos, recomendando que no deben ser fiscalizadoras y pueden ser mejoradas
		38% son medidas aplicadas en la identificación de peligros, evaluación de riesgos y controles usando Herramientas de gestión, sistema de seguridad en el día a día
		29% considera que las medidas están bien hasta cierto grado y más que fiscalizadores deben ser un apoyo
		14% considera que las capacitaciones sobre temas de alto riesgo, pero deben ser mejoradas
		10% son coordinaciones y comunicaciones ayudan a estar informados

			9% son lo mismo de siempre y no hay controles nuevos
9	Experiencia relacionada con un accidente	La mayoría estuvo presente en un accidente e incidentes donde algunos tuvieron resultados leve, incapacitante, mortal	33% no ha tenido experiencia directa con incidente o accidentes  24% estuvo presente en un accidente leve  14% estuvo presente en un accidente incapacitante 14% estuvo presente en un accidente mortal  14% estuvo presente en incidentes
10	Patrones de accidentes	Se resalta que la mayoría es por exceso de confianza o incumplimiento de los estándares	100 % considera que existen patrones, además en el total de menciones consideran que son por:  46% exceso de confianza resaltando 1. Que sucede en personas que tienen muchos años trabajando se confían y 2. Descuidan la importancia de cumplir o seguir los estándares  14% falta de concentración de la persona  11% falta de prevención o identificación  11% falta de experiencia para realizar el trabajo  7% por fatiga  4% desprendimiento de rocas  5% por negligencia

			4% condiciones de trabajo (infraestructura inoportuna, fallas en el ambiente laboral)
11	Condiciones de trabajo más peligrosas en el sector minero	Se resalta que el desprendimiento de rocas, trabajo en espacios confinados y conducir vehículos móviles son los más peligrosos	27% trabajos en el socavón donde hay espacios confinados, desprendimientos de rocas, gases  17% el uso de reactivos químicos para diferentes actividades  13% trabajo en caliente 13% trabajos en altura 10% conducir vehículos móviles 7% aires presurizados 7% riesgos eléctricos 3% excavaciones sobre zonas influenciadas por la humedad 3% atropellamientos por el uso de maquinaria pesada
12	Aptos en seguridad	Se considera que la mayoría están aptos, pero siempre hay desviaciones	81% considera que los trabajadores se encuentran plenamente aptos, pero siempre hay desviaciones asociadas a la confianza, fatiga y otras que hacen perder la cordura y sucede el accidente  19% no se encuentran plenamente aptos, desconocen algunos temas de seguridad
13	Emociones personales ante un accidente	Ante un accidente se sienten afectados, preocupado, sentimiento	48% siente afectado en su interior porque puede haber sido él

de culpa dependiendo de su  
responsabilidad

29% siente preocupado por la persona y los que  
están alrededor suyo como su familia

14% siente culpa por su responsabilidad sobre su  
compañero o colaborador

5% lo toma con calma

5% siente un respaldo por parte de la empresa

- |    |  |   |  |
|----|--|---|--|
| 14 | Emociones familiares<br>ante un accidente        | Los familiares estarían afectados o<br>preocupados  | 67 % piensa que su familia se sentiría afectada<br><br>33 % piensa que su familia estaría preocupada   |
| 15 | Importancia de la<br>prevención de<br>accidentes | La prevención de accidentes llega a<br>ser importante para las empresas en<br>este sector   | 100 % considera que es un tema importante para las<br>empresas mineras en el Perú  |
| 16 | Consecuencias de un<br>accidente laboral         | Hay varias consecuencias a<br>mediano y largo plazo por un<br>accidente en el sector minero | Corto Plazo<br><br>15% para la producción<br><br>13% psicológico al accidentado y personas a su<br>alrededor<br><br>13% persona lesionada<br><br>13% pérdidas económicas<br><br>13% repercusión sobre la moral de los trabajadores<br><br>6% investigación para determinar responsabilidades |

6% recuperación a corto plazo por la persona lesionada

6% horas perdidas por discapacidad

6% desconfianza de los trabajadores

Largo Plazo

31% pérdidas económicas

23% imagen de la empresa es afectada

15% problemas legales

8% desarrollar más controles

8% recuperación larga de la persona lesionada

8% aprendizaje

8% secuelas que afectan emocionalmente hacia el futuro

- |    |                                    |   |   |
|----|------------------------------------|---|---|
| 17 | Actitudes y creencias no positivas | Aún existe un estigma o cultura de la "valentía" o el "a mí no me va a pasar"   | 95 % considera que aún existe   |
|    |                                    |   | 5 % considera que no, todos podemos estar inmersos en accidentes  |
| 18 | Capacitaciones de seguridad        | Los trabajadores en este sector están obligados a recibir capacitaciones de seguridad por parte de su empleadores o dueños de la mina | 100 % confirma que ha recibido capacitaciones relacionadas con seguridad según cronograma (anual, mensual, semanal), por cartera de proyectos a ejecutarse, así como charlas iniciales de seguridad en el día a día |

- 19 Modalidad de la capacitación Las modalidades que se escogen en su mayoría son por modalidad presencial, pero con enfoque muy teórico
- 83 % señala que llevo capacitaciones presenciales y el 17 % de manera virtual
- el 73 % menciona que fue teórico y el 27 % fue práctico
- Además, señalan que no se usó tecnologías nuevas e impactantes, solamente lo de siempre: 44 % diapositivas, 19 % grabaciones, 19 % auditorios o ambientes preparados para las clases presenciales, 13 % material impreso y 6% el uso de Teams para las clases virtuales
- 20 Satisfacción por las capacitaciones recibidas Han ayudado a prevenir accidentes en el sector minero el cual debe continuar mejorando para ser más efectiva en la prevención de accidentes
- El 67% considera que las capacitaciones brindadas han ayudado, pero aún tienen debilidades y pueden mejorar para ser más efectivas
- El 33% considera que las capacitaciones han sido suficientes y efectivas para aprender
- 21 Implementar nuevas tecnologías o sistemas para mejorar la seguridad en tu trabajo Considera que si se puede mejorar la seguridad en las capacitaciones usando nuevas tecnologías
- El 100 % considera que sí se podrían implementar nuevas tecnologías. De las menciones en cuanto al uso de tecnologías se refiere a lo siguiente:
- El 75% pide buscar oportunidades con herramientas tecnológicas para mejorar la captación de los sentidos del adulto en las capacitaciones
- El 15 % busca facilidades de otras herramientas en virtualidad

			El 5% busca tecnologías que busquen mejorar la respuesta del bloqueo de los equipos grandes
			El 5% busca que sea más grupal a través de la tecnología
22	Capacitación tradicional	Se considera que la capacitación tradicional (Charlas, videos, teoría, practica, uso de Teams, diapositivas) podría ser reemplazada con nuevas tecnologías	El 55% considera que sería reemplazada
			El 45% considera más bien sería un complemento, una mejora y ayudaría hacer más efectivas las capacitaciones
23	Medidas de seguridad para reducir accidentes	Enfatiza el usuario en cómo mejorar las capacitaciones y otras acciones más que contribuyan a la seguridad	29% desea que se mejore las capacitaciones (más didácticas para mejorar la atención, más práctico, más aplicado al campo para interiorizar mejor la capacitación)
			19% le gustaría que consideren hacerlo sobre nuevas tecnologías
			19% desea que se incida más en un comportamiento seguro, análisis e identificación de riesgos, porque según los reportes hay altos porcentajes de accidentes por estas razones
			10% mayor entrenamiento a los trabajadores y los mismos encargados estén más capacitados que los trabajadores
			5% implementar cámaras de seguridad

5% brindar reconocimientos para motivarlos

5% implementar más señalizaciones

5% no lo ha analizado

5% espera algo nuevo que contribuya a prevenir  
accidentes

---

*Nota:* Adaptado de entrevistas con usuarios con experiencia en la minería y capacitación en  
prevención de accidentes

