



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL



Aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva (Industria 4.0) para la mejora del proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

PRESENTADO POR:

Bach. Herman Valencia Bustinza

Para optar al título profesional de

INGENIERO INDUSTRIAL.

ASESOR:

Ing. Arturo Chuquimia Hurtado

CUSCO – PERÚ

2019



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por permitirme tener y disfrutar de mi familia, en especial de mi abuelita Lidia, gracias a toda mi familia por apoyarme y estar conmigo en cada decisión y proyecto en mi vida.

Agradezco a mis padres que siempre me alentaron a perseverar mis sueños y me apoyaron también en mi formación profesional y me brindaron alegría, comprensión y consejos.

Agradezco a toda mi linda familia, hermanas, primos, tíos y sobrinos que fueron, son y serán un apoyo incondicional en cualquier situación de la vida

Agradezco también el gran apoyo y formación que recibí de mis docentes universitarios, ya que gracias a sus consejos y al conocimiento transmitido fue que me enamoré de esta linda carrera profesional.

Agradezco significativamente al gerente de la empresa JV-filmmakers, Julio Valencia Flores, que es como un hermano, el cual fue parte importante de este proyecto.

A mis amigos y a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome para que este sueño se haga realidad

Gracias a todos.

Bach. Herman Valencia Bustinza



DEDICATORIA

A mis padres, Carolina y Oscar quienes fueron, son y serán los pilares de mi vida, a mi abuelita Lidia, que siempre fue un ejemplo a seguir en cuanto a valores y cariño, a mis tíos, primos, sobrinos y amigos, que siempre me apoyaron incondicionalmente para salir adelante.

A mi familia y amigos quienes son fuente de inspiración cariño, apoyo para que concrete este logro profesional.

Bach. Herman Valencia Bustinza



ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOi

DEDICATORIA ii

ÍNDICE GENERALi

ÍNDICE DE TABLAS vii

RESUMENxiv

ABSTRACTxv

ÍNDICE DE ACRÓNIMOSxvi

Cap. I: El problema de investigación..... 1

1.1.Planteamiento del problema 1

1.2.Formulación del problema..... 4

1.2.1.Formulación interrogativa del problema general 4

1.2.2.Formulación interrogativa de los problemas específicos 4

1.3.Justificación de la investigación 5

1.3.1.Conveniencia 5

1.3.2.Relevancia social 5

1.3.3.Implicancias prácticas 5

1.3.4.Valor teórico 7

1.4.Delimitación del estudio 7

1.4.1.Delimitación espacial 7



1.4.2.Delimitación temporal..... 8

1.5.Objetivos de la investigación..... 8

1.5.1.Objetivo general 8

1.5.2.Objetivos específicos..... 8

Cap. II: Marco teórico9

2.1. Antecedentes..... 9

2.1.1. Antecedentes internacionales 9

2.1.2. Antecedentes nacionales..... 11

2.1.3. Antecedentes locales..... 13

2.2. Bases legales..... 13

2.2.1. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 29783 – Ley N° 30222)..... 14

2.2.2. Decreto supremo N° 016-2016-TR..... 17

2.2.3. Decreto supremo N° 024-2016-EM..... 19

2.3. Bases teóricas pertinentes..... 20

2.3.1. Industrias 4.0 20

2.3.2. Realidad Virtual..... 21

2.3.3. Seguridad y salud ocupacional 33

2.3.4. La capacitación como primer factor de prevención 42

2.4. Definiciones conceptuales 46

2.4.1. Salud Ocupacional..... 46

2.4.2. Seguridad Industrial..... 47



2.4.3. Capacitación 47

2.4.4. Seguridad 47

2.4.5. Accidente de trabajo 47

2.4.6. Inducción 48

2.4.7. Peligro..... 48

2.4.8. Riesgo 48

2.4.9. Salud 48

2.4.10. Realidad virtual 48

2.4.11. Entorno Virtual 48

2.4.12. Industria 4.0 49

2.5. Hipótesis 49

2.5.1. Hipótesis general 49

2.5.2. Hipótesis específicas..... 49

2.6. Definición de variables 50

2.7. Operacionalización de variables 51

Cap. III: Metodología...52

3.1. Tipo de investigación 52

3.2. Nivel de investigación 52

3.3. Diseño de investigación..... 52

3.4. Población de la investigación 52

3.4.1. Población 52



3.4.2. Muestra	53
3.5. Técnica e instrumento de recolección de datos	53
3.5.1. Técnicas de recolección de datos.....	53
3.5.2. Instrumento de recolección de datos	54
3.6. Procesamiento de análisis de datos.....	54
Cap. IV: Diagnóstico y análisis de resultados	55
4.1. Minería en el Perú.....	55
4.1.1. Indicadores económicos mineros.....	55
4.1.2. Análisis Estadístico de Seguridad en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería – 2017.....	57
4.1.3. Antamina en la historia.....	59
4.1.4. Ámbito de la influencia operativa	60
4.1.5. Marco estratégico	62
4.1.6. Organización de la empresa.....	63
4.1.7. Proceso productivo	65
4.2. Análisis de resultados	67
4.2.1. Comportamientos Seguros e Inseguros de los trabajadores de la Compañía Minera de Antamina	67
4.2.2. Registros de incidentes y accidentes	80
4.2.3. Identificación directa del comportamiento de la variable capacitación en seguridad y salud en el trabajo.....	86



CAP. V: Aplicación de la capacitación mediante la tecnología de realidad virtual 101

5.1. Programa de capacitaciones..... 102

5.1.1. Temario..... 102

5.1.2. Proceso de capacitación tradicional..... 104

5.1.3. Costo de capacitación tradicional 106

5.2. “Modelo de capacitación con tecnología de realidad virtual inmersiva” 106

5.2.1. Fase de análisis 106

5.2.2. Fase de diseño..... 108

5.2.3. Fase de desarrollo 119

5.2.4. Evaluación y simulación..... 120

5.2.5. Productividad de la capacitación 129

5.3. Comprobación de la hipótesis general..... 134

Cap. VI: Discusión de resultados 137

6.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos 137

6.2. Comparación con la literatura existente 140

6.3. Implicancias del estudio 142

CONCLUSIONES..... 144

RECOMENDACIONES 146

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 147

ANEXOS 152

Anexo 1. Matriz de consistencia 153



Anexo 2. Instrumentos155

Anexo 3. Temario de Inducción160

Anexo 4. Validez y confiabilidad de instrumentos.....163

Anexo 5: Análisis de costos.....164

Anexo 6. Equipos de Realidad Virtual inmersiva utilizados166

Anexo 7. Documentación de datos167

Anexo 8. Galería fotográfica172

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1 <i>Base legal de estudio</i>	14
Tabla 2 <i>Operacionalización de variables</i>	51
Tabla 3 <i>Ámbito de influencia</i>	61
Tabla 4 <i>Diagrama de flujo de proceso - Antamina</i>	66
Tabla 5 <i>Comportamientos seguros e inseguros de los trabajadores</i>	67
Tabla 6 <i>Total porcentual de comportamientos seguros e inseguros de los trabajadores, determinados por Categorías generales, de la compañía Minera de Antamina</i>	68
Tabla 7 <i>Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría uso del cuerpo /postura, de la Compañía Minera de Antamina.</i>	70
Tabla 8 <i>Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría de equipos de protección personal, de la Compañía Minera Antamina</i>	73
Tabla 9 <i>Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría de medio ambiente – salud – seguridad industrial, de la Compañía Minera Antamina</i>	75
Tabla 10 <i>Total, porcentual de los obstáculos posibles para los comportamientos riesgosos de los trabajadores, de la Compañía Minera de Antamina</i>	77
Tabla 11 <i>Total porcentual de las partes del cuerpo de los trabajadores expuestos a lesión o afectados en comportamientos riesgosos, de la Compañía Minera Antamina.</i>	79
Tabla 12 <i>Distribución de incidentes y accidentes por gerencia</i>	80
Tabla 13 <i>Distribución de incidentes por mes</i>	82
Tabla 14 <i>Condición de registro del incidente</i>	83
Tabla 15 <i>Clasificación de lesiones</i>	83
Tabla 16 <i>Por la naturaleza de la lesión</i>	84
Tabla 17 <i>Tiempo perdido por la naturaleza de la lesión.</i>	85



Tabla 18 <i>Género</i>	87
Tabla 19 <i>Edad</i>	87
Tabla 20 <i>Grado de instrucción</i>	88
Tabla 21 <i>¿Qué tiempo trabaja en la empresa minera Antamina S.A.?</i>	89
Tabla 22 <i>¿Ud. alguna vez sufrió algún incidente en el trabajo??</i>	90
Tabla 23 <i>¿Ud. alguna vez sufrió algún tipo de accidente en el trabajo?</i>	91
Tabla 24 <i>¿Alguna vez ha recibido capacitación, charlas o inducciones en los siguientes temas?</i>	92
Tabla 25 <i>¿Cómo calificaría Ud. el proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional que realiza la empresa minera Antamina S.A.?</i>	93
Tabla 26 <i>¿El proceso actual de capacitación en seguridad y salud ocupacional es?</i>	94
Tabla 27 <i>¿Obtuvo una nota aprobatoria en el examen de inducción de la empresa minera Antamina S.A.?</i>	94
Tabla 28 <i>¿Cuál fue el grado de retención de información en cuanto a la capacitación actual?</i>	95
Tabla 29 <i>¿Ud. considera que se debería mejorar el proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.?</i>	96
Tabla 30 <i>Si su respuesta anterior fue si ¿Qué aspectos deberían mejorar en cuanto al proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.?</i>	97
Tabla 31 <i>¿Al momento de realizar su jornada laboral, la empresa minera le facilita equipos de protección personal adecuados a su labor?</i>	98
Tabla 32 <i>Costo capacitación tradicional</i>	106
Tabla 33 <i>Equipo de protección personal</i>	109



Tabla 34 *¿Cómo calificaría Ud. el proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional a través de la realidad virtual inmersiva?* 123

Tabla 35 *¿Obtuvo una nota aprobatoria al final de la simulación con realidad virtual?* 124

Tabla 36 *¿Cuál fue el grado de retención de información en cuanto a la capacitación con realidad virtual inmersiva?* 124

Tabla 37 *Si la respuesta anterior fue afirmativa ¿Por qué cree Ud que tuvo mayor retención?*
..... 125

Tabla 38 *¿Se siente seguro al recibir la capacitación a través de la realidad virtual? ...* 126

Tabla 39 *¿Sintió alguna molestia o mareo durante la capacitación con realidad virtual?*
..... 127

Tabla 40 *¿Cómo cree Ud. que se podría implementar la realidad virtual al proceso de capacitación/inducción en seguridad y salud en el trabajo?* 128

Tabla 41 *Costo anual de capacitación con VRI* 129

Tabla 42 *Comparación de tiempo de capacitación por proceso* 129

Tabla 43 *Comparación de tiempo total* 130

Tabla 44 *Comparación de costos totales* 130

Tabla 45 *Resultados de evaluación - encuestados* 131

Tabla 46 *Resultados de evaluación número total de trabajadores* 131

Tabla 47 *Prueba de normalidad* 134

Tabla 48 *Prueba de rangos con signo de Wilcoxon* 135

Tabla 49 *Estadísticos de prueba Wilcoxon* 136



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Delimitación espacial 7

Figura 2. El cono del aprendizaje de Edgar Dale..... 45

Figura 3. Índice PBI Minero (Base 2007= 100) 55

Figura 4. Crecimiento del PBI - Minería metálica..... 56

Figura 5. Víctimas mortales por titular minero y contratista minero (Periodo 2007 - 2018)
..... 57

Figura 6. Índice de frecuencia..... 58

Figura 7. Índice de severidad 58

Figura 8. Índice de accidentabilidad 59

Figura 9. Historia de Antamina..... 60

Figura 10. Ámbito de influencia 61

Figura 11. Organigrama general de la empresa Antamina S.A. 63

Figura 12. Diversidad de trabajadores 64

Figura 13. Proceso productivo 65

Figura 14. Comportamientos seguros e inseguros de s trabajadores 67

Figura 15. Total porcentual de comportamientos seguros e inseguros de los trabajadores,
determinados por Categorías generales, de la compañía Minera de Antamina..... 68

Figura 16. Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la
categoría uso del cuerpo /postura, de la Compañía Minera de Antamina. 71

Figura 17. Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la
categoría de equipos de protección personal, de la Compañía Minera Antamina..... 74



Figura 18. Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría de medio ambiente – salud – seguridad industrial, de la Compañía Minera Antamina. 76

Figura 19. Total porcentual de los obstáculos posibles para los comportamientos riesgosos de los trabajadores, de la Compañía Minera de Antamina 78

Figura 20. Total porcentual de las partes del cuerpo de los trabajadores expuestos a lesión o afectados en comportamientos riesgosos, de la Compañía Minera Antamina 79

Figura 21. Distribución de incidentes y accidentes por gerencia - sin pérdida de proceso 81

Figura 22. Distribución de incidentes por mes. 82

Figura 23. Condición de registro de incidente. 83

Figura 24. Por clasificación de lesión. 84

Figura 25. Por la naturaleza de la lesión 85

Figura 26. Tiempo perdido por naturaleza de lesión. 86

Figura 27. Género 87

Figura 28. Edad 88

Figura 29. Grado de instrucción 89

Figura 30. ¿Qué tiempo trabaja en la empresa minera Antamina S.A.?..... 90

Figura 31. ¿Ud. alguna vez sufrió algún incidente en el trabajo?..... 91

Figura 32. ¿Ud. alguna vez sufrió algún tipo de accidente en el trabajo? 91

Figura 33. ¿Alguna vez ha recibido capacitación, charlas o inducciones en los siguientes temas? 92



Figura 34. ¿Cómo calificaría Ud. el proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional que realiza la empresa minera Antamina S.A.? 93

Figura 35. ¿El proceso actual de capacitación en seguridad y salud ocupacional es?..... 94

Figura 36. ¿Obtuvo una nota aprobatoria en el examen de inducción de la empresa minera Antamina S.A.? 95

Figura 37. ¿Cuál fue el grado de retención de información en cuanto a la capacitación actual? 96

Figura 38. ¿Ud. considera que se debería mejorar el proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.? 97

Figura 39. Si su respuesta anterior fue si ¿Qué aspectos deberían mejorar en cuanto al proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.? 98

Figura 40. ¿Al momento de realizar su jornada laboral, la empresa minera le facilita equipos de protección personal adecuados a su labor? 99

Figura 41. Flujograma de capacitación tradicional..... 105

Figura 42. Escenario, fotografía 360 (entorno)..... 108

Figura 43. Modelado (entorno) 113

Figura 44. Modelado (inicio) 114

Figura 45. Modelado (hecho)..... 114

Figura 46. Modelado (prevencionista) 115

Figura 47. Modelado (EPP trabajo en altura) 115

Figura 48. Modelado (casillero)..... 116



Figura 49. Modelado (Empezar a trabajar) 118

Figura 50. Modelado (evaluación) 119

Figura 51. Mando de control..... 120

Figura 52. Trabajadores usando equipo VRI 121

Figura 53. Flujograma de capacitación virtual 122

Figura 54. ¿Cómo calificaría el proceso de capacitación en seguridad y salud en el trabajo a través de la realidad virtual inmersiva? 123

Figura 55. ¿Obtuvo una nota aprobatoria al final de la simulación con realidad virtual? 124

Figura 56. ¿Cuál fue el grado de retención de información en cuanto a la capacitación con realidad virtual inmersiva? 125

Figura 57. Si la respuesta anterior fue si ¿Por qué cree Ud que tuvo mayor retención? .. 126

Figura 58. ¿Se siente seguro al recibir la capacitación a través de la realidad virtual? 127

Figura 59. ¿Sintió alguna molestia o mareo durante la capacitación con realidad virtual? 127

Figura 60. ¿Cómo cree Ud. que se podría implementar la realidad virtual al proceso de capacitación/inducción en seguridad y salud en el trabajo? 128



RESUMEN

El propósito principal de la presente investigación es mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional utilizando la tecnología de Realidad Virtual inmersiva, en la empresa minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. Donde el tipo de investigación fue aplicada, de nivel explicativo y diseño cuasi experimental. La población de estudio estuvo conformada por los trabajadores de la empresa minera, donde la muestra se determinó bajo el método no probabilístico, muestreo por conveniencia, teniendo a un total de 18 trabajadores. Las técnicas que se utilizaron fueron la revisión documentaria y la encuesta con su instrumento el cuestionario. Asimismo, para la realización del aplicativo se utilizó la metodología propuesta por Morales, et al., (2015) citado por Maldonado & Zamora (2017), fases y actividades correspondientes a la metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales (fase de análisis, fase de diseño, fase de desarrollo y fase de evaluación). Finalmente se logró concluir que la aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019, con un nivel de significancia de 0,046 que afirma la hipótesis alterna en estudio esto debido a que durante la aplicación de la capacitación tradicional solo el 78% de los trabajadores obtuvo una calificación aprobatoria, mientras que luego de la aplicación de la realidad virtual inmersiva se tuvo un 100% de aprobados.

Palabras claves

Realidad Virtual Inmersiva, Capacitación, Seguridad y Salud Ocupacional



ABSTRACT

The main purpose of this research is to improve the training process in Occupational Health and Safety using immersive Virtual Reality technology, in the mining company Antamina SA, Huari, Ancash - 2019. Where the type of research was applied, explanatory level and quasi-experimental design. The study population was made up of the workers of the mining company, where the sample was determined under the non-probabilistic method, convenience sampling, with a total of 18 workers. The techniques that were used were the documentary review and the questionnaire survey with its instrument. Likewise, the methodology proposed by Morales, et al., (2015) cited by Maldonado & Zamora (2017), phases and activities corresponding to the evolutionary development methodology for three-dimensional scenarios (analysis phase, phase) was used for the implementation of the application of design, development phase and evaluation phase). Finally, it was concluded that the application of immersive Virtual Reality technology improves the Occupational Health and Safety training process of the company Minera Antamina SA, Huari, Ancash - 2019, with a level of significance of 0.046 that affirms the alternative hypothesis This was studied due to the fact that during the application of traditional training, only 78% of the workers obtained a passing grade, while after the application of immersive virtual reality, 100% were approved.

Keywords

Immersive Virtual Reality, Training, Occupational Health and Safety



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

APP: Application – aplicación

AST: Análisis de Seguridad en el Trabajo

BCRP: Banco Central de Reserva del Perú

C#: C Sharp – lenguaje de programación

EPP: Equipo de Protección Personal

HMD: Head Mounted Display – Pantalla montada en la cabeza

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

IPERC: Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y medidas de Control

ISEM: Instituto de Seguridad Minera

MEM: Ministerio de Energía y Minas

MOCAP: Motion Capture – captura de movimiento

OHSAS: Occupational Health and Safety Assessment Series – Sistema de gestión en seguridad y salud ocupacional

OIT: Organización Internacional del Trabajo

OMS: Organización Mundial de la Salud

OPS: Organización Panamericana de la Salud

PBI: Producto Bruto Interno

PETS: Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro

REBA: Rapid Entire Body Assessment – Evaluación rápida de todo el cuerpo

SSO: Seguridad y Salud Ocupacional

Toma DOCE: Deténgase Observe Controle Ejecute

VR: Realidad Virtual

VRI: Realidad Virtual Inmersiva



Capítulo I: El problema de investigación

1.1. Planteamiento del problema

La economía global se encuentra atravesando una nueva fase que se caracteriza por la conectividad y la digitalización. La Cuarta Revolución Industrial considera que el surgimiento de la inteligencia artificial constituye un nuevo factor de producción, al crear una realidad ciberfísica de trabajo virtual, en parte humano, en parte desarrollado por máquinas inteligentes, que merced a la capacidad de análisis algorítmico cada vez más sofisticada y al desplazamiento de trillones de datos a súper velocidad, permiten un aprendizaje y autoaprendizaje exponencia (Basco, Beliz, Coatz, & Garnero, 2018).

Tecnologías como internet de las cosas, computación en nube, big data, inteligencia artificial e impresión 3D, entre otras, refuerzan la importancia de la industria manufacturera a partir de la fabricación de productos personalizados e inteligentes. Es allí donde la tecnología de realidad virtual se abre exitosamente como aliado de distintas industrias; logrando la inserción de cercanía y poder de inmersión en estas plataformas. Además, esta tecnología permite envolver a los usuarios, interactuar y experimentar con las actividades y entornos que están dentro de la dinámica.

Para Saldarriaga (2017), hoy en día distintas industrias se acercan a este tipo de tecnología, para lograr construir estrategias que los lleven a realizar campañas exitosas en diversas áreas del negocio, como en el reclutamiento, seguimiento de operaciones, marketing, ventas, entre otros. Es así como la tecnología lleva a consolidar nuevos estándares en diferentes industrias, como en la seguridad en la minería.

La minería está considerada como un proceso productivo, debido a los procesos físico-químicos que se realizan para poder separar los metales y obtener la denominada “pulpa”, en nuestro país la minería es la principal fuente de ingresos, desarrolla un importante papel en la economía peruana, ya que genera valor agregado y contribuye con un



10% al producto bruto interno (PBI), así también genera mayores puestos de trabajo, mayores divisas, ingresos por impuestos, y también atrae inversiones (Instituto Peruano de Economía, 2018).

La minería se considera como la columna vertebral de la economía de nuestro país, pero por el lado de las empresas en estos últimos años se ha observado que tiene un reto que disminuir, el cual está direccionado al índice de accidentes. Según el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (2018) de acuerdo con la información de Osinergmin de 2007 a 2016, se ha registrado una disminución en cuanto a accidentes mortales e incapacitantes en el sector minería, no obstante, en el 2017 se reportaron 28 fallecimientos en la gran y mediana minería, cifra que es sumamente preocupante, a pesar de las mejoras en los procedimientos preventivos en seguridad y salud ocupacional.

En un análisis de accidentes mortales comparados con la cantidad de cobre producido, es decir accidentes mortales por millón de toneladas de cobre producidas en Chile, Australia y Perú, nuestro país presenta los más altos índices con un total de 11 muertes en el año 2016, seguido de Australia con 6.3 y Chile con 3.1, en promedio, así pues según el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú (2018), las víctimas mortales generalmente son trabajadores que laboran entre 1 y 3 años en las empresas y tienen entre 26 y 35 años de edad.

En la empresa minera Antamina, complejo minero polimetálico que produce concentrados de cobre, zinc, molibdeno, plata y plomo, ubicada en el distrito de San Marcos, provincia de Huari en la Región Ancash, se puede observar este mismo problema. Según el Osinergmin (2018) para el 2018 diez de sus trabajadores sufrieron accidentes de incapacidad permanente, teniendo problemas con el movimiento de alguna parte de su cuerpo o sufriendo la pérdida de alguno de sus miembros, lo cual le impide realizar algún tipo de trabajo.



La capacitación, es considerada como una de las mejores inversiones a largo plazo que puede hacer una empresa, y con mayor rentabilidad, ya que es una de las principales fuentes de bienestar para el personal, y para la misma empresa, es definitivamente una herramienta imprescindible de cambio positivo en las organizaciones.

Par lo tanto, es urgente incorporar actualizaciones de la Industria 4.0, con tecnologías de última generación para minimizar al máximo todo tipo de accidentes en la seguridad ocupacional. Proporcionando un programa de Realidad Virtual enfocado en capacitar, simular, evaluar y poner en práctica lo aprendido en procedimientos de Seguridad y Salud Ocupacional para los trabajadores de la empresa Minera Antamina S.A.

Programa que permite mejorar el proceso de capacitación tradicional sobre la prevención de riesgos, así como la simulación de situaciones potenciales de riesgo, y la puesta en práctica de procedimientos aprendidos, hasta la perfección, de esta manera reducir la cifra de personas accidentadas, y lograr incrementar la práctica y productividad de los trabajadores en sus distintas áreas de trabajo.

Definitivamente por tratarse de una empresa minera que requiere de exigencias de estándares de calidad, la empresa actualmente va de la mano de los últimos avances tecnológicos, tal es el caso de la realidad virtual no inmersiva la que utilizan para el seguimiento de diferentes procesos como el monitoreo del tajo abierto en 3D a través de computadoras. Este permite visualizar la localización de los minerales en tiempo real, facilitando el proceso de voladura en la ubicación exacta del mineral.

Así también la empresa minera utiliza drones que supervisan los diferentes procedimientos en las zonas de extracción. Pero a la fecha no se ha implementado la realidad virtual inmersiva en cualquiera de sus procesos, debido a que esta herramienta tecnológica se incorporó en el mercado recientemente en el 2016, con el lanzamiento de los HTC vive, y posteriormente aparecieron equipos más versátiles como los Oculus go que se lanzaron en



el 2018 para el sector entretenimiento (video juegos), pero por su fácil adaptabilidad a diversas ramas es que los programadores y desarrolladores, orientaron los dispositivos a distintos fines.

Por otra parte, es importante mencionar, que antes de la aparición de estos dispositivos de realidad virtual inmersiva, existían otros de mayor tamaño y mayor coste, los cuales no se adaptaban a las necesidades de la minera, así también existen desde hace tiempo simuladores no inmersivos para procesos específicos, como el de la operación de palas, camiones mineros, grúas, etc, con altos costos y orientados solo a simular un proceso.

La ventaja de los dispositivos de realidad virtual inmersiva mencionados (HTCvive, Oculus) es que estos se adaptan a diversas simulaciones que pueden ser capacitaciones, operaciones de maquinaria pesada, arquitectura, medicina, etc).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Formulación interrogativa del problema general

¿De qué manera la aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva mejora el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019?

1.2.2. Formulación interrogativa de los problemas específicos

- ¿Cómo es el proceso actual de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019?
- ¿Cuál es el diseño del programa de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019?
- ¿Cuál es el desarrollo de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019?



- ¿Cómo es la evaluación de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en función a la productividad en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Conveniencia

En la minería se presentan peligros y riesgos que pueden ocasionar accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales. Estos obligan a la empresa desarrollar estrategias preventivas con el fin de eliminarlos o controlarlos. Por tanto, la presente investigación es conveniente debido a que permitirá generar una nueva estrategia preventiva, mediante la capacitación a través de la aplicación de la realidad virtual inmersiva, desplazando o complementando la capacitación tradicional.

1.3.2. Relevancia social

Realizar un entorno de entrenamiento en realidad virtual inmersiva, permite que las personas mejoren su proceso de aprendizaje, aumentando el nivel de retención de conocimiento sobre algún tema. Asimismo, permite captar en mayor medida la atención de los participantes dentro de un proceso de capacitación a comparación de una capacitación tradicional.

Por otra parte, en cuanto a la seguridad y salud ocupacional, este método se orienta a la disminución de riesgos, probabilidades de accidentes laborales que causan pérdidas económicas y humanas a través de la simulación en un entorno virtual seguro y controlado.

1.3.3. Implicancias prácticas

La empresa minera Antamina considera trabajos de alto riesgo a los: trabajos en espacios confinados, trabajos en caliente, excavaciones, control de riesgos de caída desde altura, trabajos en andamios, e izaje con grúas, estos trabajos, tienen procedimientos



específicos, para cada uno, así como barreras de prevención o jerarquía de controles: eliminar, sustituir, control de ingeniería, control administrativo y uso de EPP. Para ello los trabajadores deben recibir información y entrenamiento sobre el procedimiento de cada una de estas barreras, de manera que conozcan la finalidad y las limitaciones.

Asimismo, teniendo la información de que hoy en día diferentes investigaciones han demostrado que la tecnología de realidad virtual está siendo utilizada en diferentes ámbitos, y principalmente en las capacitaciones y entrenamiento de personal, a través de simulaciones interactivas. La presente investigación permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional utilizando la Tecnología de Realidad Virtual en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

La propuesta de la inserción de la tecnología de realidad virtual permite crear posibles escenarios reales de trabajos de alto riesgo mencionados líneas arriba, así como capacitar sobre el procedimiento de dichos trabajos, el uso de EPPs, ayudando a comprender cómo reaccionar física y psicológicamente ante una situación similar en la vida real, ya que en el entorno virtual se formara operarios, sin poner en riesgo su integridad, ni detener la producción.

De esta manera se reducirá accidentes en los trabajadores, ya que los escenarios virtuales permitirán el entrenamiento donde se podrá simular actividades peligrosas o extremas, sin poner en riesgo al usuario o trabajador, contribuyendo así a la práctica de los trabajadores en dichos procedimientos, incrementando su productividad. De igual manera se reduciran costos, eliminando los gastos en materiales, equipos, así mismo las simulaciones virtuales se pueden realizar en cualquier momento y lugar, a diferencia de las reales, que requieren condiciones específicas.

1.3.4. Valor teórico

La presente investigación permitió ahondar en mayor medida la información teórica respecto a las variables de estudio realidad virtual inmersiva y la capacitación en seguridad y salud ocupacional. Que permitirán estudiar el comportamiento de las variables en el contexto ya antes mencionado, identificar los instrumentos necesarios para la identificación y diseño del aplicativo propuesto. Finalmente, los resultados encontrados quedaran como precedentes para futuras investigaciones.

1.4. Delimitación del estudio

1.4.1. Delimitación espacial

El presente estudio se realizará en la empresa minera Antamina, que está ubicada en el distrito de San Marcos, provincia de Huari en la Región Ancash, a 200 km. de Huaraz y a una altitud de 4,300 msnm. Así también la minera cuenta con instalaciones en el puerto de embarque Punta Lobitos, ubicado en la provincia costera de Huarmey.

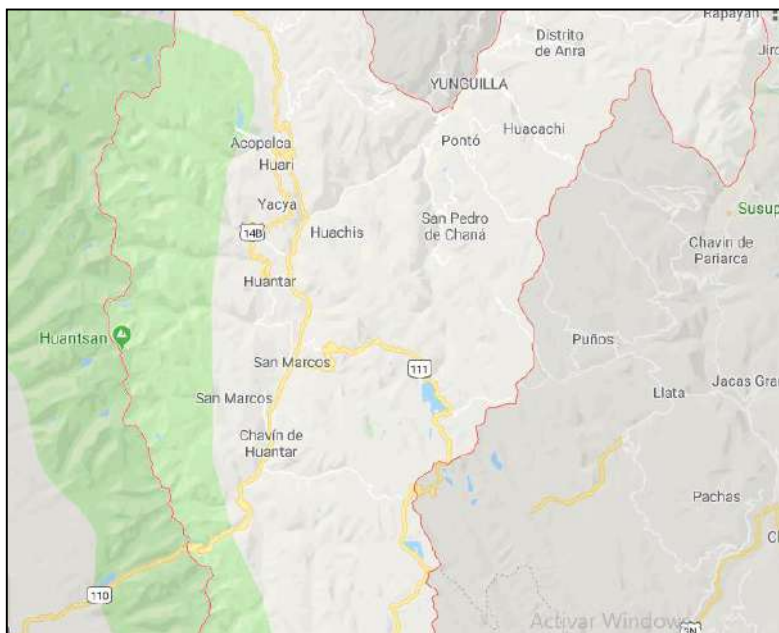


Figura 1. Delimitación espacial

Fuente: Google Maps



1.4.2. Delimitación temporal.

La presente investigación se estudió en dos tiempos pre y post durante el 2019.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional aplicando la tecnología de Realidad Virtual inmersiva, en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

1.5.2. Objetivos específicos

- Conocer el proceso actual de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.
- Diseñar el programa de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.
- Desarrollar la aplicación de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019
- Evaluar la aplicación de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en función a la productividad en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.



Capítulo II: Marco teórico

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Maldonado & Zamora (2017), en su tesis “Realidad Virtual en la Educación: Matemáticas en Tercer Grado de Primaria”; tuvo como objetivo desarrollar una aplicación de RV enfocada al tema de fracciones, que se imparte durante el proceso de enseñanza – aprendizaje a los alumnos de tercer grado de primaria, en México. Donde llegó a las siguientes conclusiones:

- Se cumplió con el objetivo señalado en este trabajo de tesis que fue desarrollar una aplicación de RV funcional enfocada al tema de fracciones, que se imparte durante el proceso de enseñanza – aprendizaje a los alumnos de tercer grado de primaria, en México como complemento de las herramientas educativas tradicionales.
- Se generó una clase en C# tipo librería con la definición de los parámetros necesarios para el cálculo de las fracciones matemáticas (denominados, numerador y entero), así como los métodos de las operaciones que se realizan con los números racionales (suma, resta, comparación y equivalencias). Lo anterior, favoreció la optimización de la programación de las misiones.
- La fase de análisis y diseño son las más importantes en el desarrollo de proyectos, debido a que en estas se definen las bases necesarias para todo el concepto de la aplicación. Para el caso del presente trabajo, en estas fases se tuvo que invertir mucho más tiempo de trabajo de lo previsto, ya que no se tuvo un cliente que presentara directamente una problemática o un área curricular de oportunidad.

Cabrera (2015), en su investigación titulada “Implementación de un plan de capacitación virtual para mejorar el desempeño laboral del personal de Fundación Alternativa”; tuvo como objetivo implementar un plan de capacitación virtual para contribuir



con el mejoramiento del desempeño del personal de Fundación Alternativa. La investigación fue descriptiva – correlacional, diseño no Experimental, de corte transversal. El personal que se tomó en consideración para la investigación fue de 49 personas. Las técnicas e instrumentos de la investigación fueron la encuesta y Psicometría; cuestionario. Finalmente se concluyó:

- La implementación de un plan de capacitación virtual mejoró el conocimiento de su puesto de trabajo y funciones del personal lo que impactó positivamente en su desempeño laboral.
- El personal de Fundación Alternativa pudo mejorar su desempeño, ya que en la evaluación sus calificaciones mejoraron después de participar de la capacitación virtual, además así lo demuestra la encuesta que buscaba captar la percepción de los participantes en cuanto a desempeño.
- La capacitación virtual es una herramienta muy útil para Fundación Alternativa, el personal ha acogido la idea de forma positiva lo que facilitó su implementación, con los resultados obtenidos se ha podido concluir que la forma de capacitar debe ser combinada es decir realizar capacitaciones presenciales y capacitaciones virtuales, lo que no quiere decir que se realizará una misma capacitación utilizando las dos formas.
- La capacitación virtual puede evitar la ausencia en los puestos de trabajo, optimizar en gran medida el tiempo, y recursos como viajes, viáticos, hospedaje, etc.
- Fundación Alternativa realiza capacitaciones presenciales constantes con buenos resultados lo que facilita la implementación del plan de capacitación virtual ya que se combina experiencia con tecnología.



- Con la utilización de la herramienta virtual se puede revisar información de forma continua, es decir auto capacitarse en el momento que se considere apropiado con flexibilidad de tiempo y horario.
- Las personas que obtuvieron mejores resultados en la evaluación son aquellas que en su mayoría ingresaron a la Fundación durante el último año.
- El promedio general de calificaciones tanto de la evaluación anterior y posterior fue muy bueno, lo que nos permite concluir que los conocimientos sobre el Reglamento Interno de Trabajo son satisfactorios.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Cabezuelo (2016), en su tesis titulada “Efectividad de la realidad virtual en el tratamiento del accidente cerebrovascular: una revisión sistemática”; tuvo como objetivo reunir y analizar las principales evidencias científicas que evalúan los efectos de la terapia de realidad virtual en pacientes con accidente cerebrovascular. Los materiales y métodos de estudio se utilizaron los ensayos clínicos controlados y aleatorizados (ECCAs) en las bases de datos Pubmed (Publisher Medline), Pedro (Physiotherapy Evidence Database) y WOS (Web of Science), con las palabras clave “Stroke” y “Virtual Reality”. Se seleccionaron aquellos artículos publicados en los 5 últimos años en español e inglés. Para evaluar la calidad de los estudios se emplearon las escalas PEDro y Jadad. Finalmente se concluyó:

- Tras la búsqueda fueron hallados 1480 artículos, de los cuales se analizaron 10 estudios atendiendo a los criterios de inclusión y exclusión. Cuatro artículos miden el efecto de la realidad virtual sobre la marcha y el equilibrio, cuatro miden el efecto de la realidad virtual sobre el miembro superior y un solo artículo mide el efecto de la realidad virtual sobre el miembro superior e inferior.
- Esta revisión sistemática encontró evidencia sólida de que la terapia de realidad virtual es un buen medio de intervención para mejorar la marcha y el equilibrio



en el accidente cerebrovascular. Sin embargo, existe evidencia limitada sobre el efecto de la realidad virtual en el miembro superior e inferior.

Quispe (2019), en su trabajo de investigación titulado “Identificar los efectos que genera el uso de tecnología digital en el proceso de capacitación del personal minero en Perú.”; tuvo como objetivo identificar los efectos que genera el uso de tecnología digital en el proceso de capacitación del personal minero en Perú. En cuanto a la metodología, es un estudio de nivel descriptivo con un enfoque cualitativo, con una población de 189.963 trabajadores de la minería peruana según el Ministerio de Energías y Minas, y se ha considerado una muestra nacional no aleatoria a 383 trabajadores a través de una encuesta. Finalmente se concluyó:

- Se tuvo una gran satisfacción en las capacitaciones que son realizadas con el uso de tecnología y herramientas digitales, Así mismo la actividad de los coordinadores aun presenta ciertas limitantes a la hora de brindar la instrucción y las horas brindadas en las capacitaciones quedan cortas para el cumplimiento total de los objetivos establecidos.
- La metodología usada acompañada de tecnología fue la más acertada en cuanto a estimular una mayor participación de los trabajadores mineros mediante ejercicios prácticos, utilización de equipos digitales, entre otros.
- La enseñanza con realidad virtual es útil para el mejor desenvolvimiento de los trabajadores mineros en sus puestos de trabajo, además de recibir enseñanza a través de las tecnologías de la información y comunicación el cual brinda una mejor interacción entre el instructor y los trabajadores mineros esto ayuda en el aprendizaje permanente.



2.1.3. Antecedentes locales

Figuroa (2017), en su investigación titulada “Sistema de gestión en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente de una empresa contratista del sector minería”. Tuvo como objetivo mejorar Establecer los lineamientos de seguridad, salud ocupacional a fin de preservar la integridad física de los trabajadores y el medio ambiente, gestionando los riesgos presentes en el desarrollo de las actividades de la empresa. Finalmente, el presente informe, contiene las normas, protocolos e instrumentos de gestión utilizados para la identificación de peligros, evaluación de riesgos y las medidas de control asumidas en materia de seguridad y salud ocupacional, para la prestación de servicios a Mineras tales como: XSTRATA TINTAYA S.A., XSTRATA LAS BAMBAS S.A., y EMPRESA MINERA BARRICK MISKICHILCA S.A.C. La gerencia de esta contratista, por exigencia de sus clientes y por política de trabajo, tiene la obligación de implementar sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo en el desarrollo regular de sus actividades y en la prestación de servicios para la minería y construcción.

2.2. Bases legales

La presente investigación se apoya de la normativa legal vigente en el Perú, constituida por diversos decretos supremos, leyes, reglamentos que involucran la seguridad y la minería:



Tabla 1

Base legal de estudio

Norma básica	Referencia aplicable
Ley N° 29783	Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo
Decreto Supremo 055-2010-EM	Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en minería
Norma Complementaria	Referencia aplicable
Resolución Ministerial 050-2013- TR	Resolución Ministerial 050-2013- TR
Decreto Supremo N° 005-2012-TR	Reglamento de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.
Ley N° 30222	Modifica la Ley N° 29783
Decreto Supremo N° 006-2014-TR	Modifican el Reglamento de la Ley N° 29783
Decreto supremo N° 024-2016-EM	Aprueban Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería

2.2.1. Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo (Ley N° 29783 – Ley N° 30222)

A. Ley N° 29783

Principios:

• Principio de prevención

El empleador garantiza, en el centro de trabajo, el establecimiento de los medios y condiciones que protejan la vida, la salud y el bienestar de los trabajadores, y de aquellos que, no teniendo vínculo laboral, prestan servicios o se encuentran dentro del ámbito del centro de labores. Debe considerar factores sociales, laborales y biológicos, diferenciados en función del sexo, incorporando la dimensión de género en la evaluación y prevención de los riesgos en la salud laboral.



- **Principio de responsabilidad**

El empleador asume las implicancias económicas, legales y de cualquier otra índole a consecuencia de un accidente o enfermedad que sufra el trabajador en el desempeño de sus funciones o a consecuencia del, conforme a las normas vigentes.

- **Principio de cooperación**

El Estado, los empleadores y los trabajadores, y sus organizaciones sindicales establecen mecanismos que garanticen una permanente colaboración y coordinación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

- **Principio de información y capacitación**

Las organizaciones sindicales y los trabajadores reciben del empleador una oportuna y adecuada información y capacitación preventiva en la tarea a desarrollar, con énfasis en lo potencialmente riesgoso para la vida y salud de los trabajadores y su familia.

- **Principio de gestión integral**

Todo empleador promueve e integra la gestión de la seguridad y salud en el trabajo a la gestión general de la empresa.

- **Principio de atención integral de la salud**

Los trabajadores que sufran algún accidente de trabajo o enfermedad ocupacional tienen derecho a las prestaciones de salud necesarias y suficientes hasta su recuperación y rehabilitación, procurando su reinserción laboral.

- **Principio de consulta y participación**

El Estado promueve mecanismos de consulta y participación de las organizaciones de empleadores y trabajadores más representativos y de los actores sociales para la adopción de mejoras en materia de seguridad y salud en el trabajo.



- **Principio de primacía de la realidad**

Los empleadores, los trabajadores y los representantes de ambos, y demás entidades públicas y privadas responsables del cumplimiento de la legislación en seguridad y salud en el trabajo brindan información completa y veraz sobre la materia. De existir discrepancia entre el soporte documental y la realidad, las autoridades optan por lo constatado en la realidad.

- **Principio de protección**

Los trabajadores tienen derecho a que el Estado y los empleadores aseguren condiciones de trabajo dignas que les garanticen un estado de vida saludable, física, mental y socialmente, en forma continua. Dichas condiciones deben propender a:

- a) Que el trabajo se desarrolle en un ambiente seguro y saludable.
- b) Que las condiciones de trabajo sean compatibles con el bienestar y la dignidad de los trabajadores y ofrezcan posibilidades reales para el logro de los objetivos personales de los trabajadores.

- **Artículo 1. Objeto de la Ley**

La Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo tiene como objetivo promover una cultura de prevención de riesgos laborales en el país. Para ello, cuenta con el deber de prevención de los empleadores, el rol de fiscalización y control del Estado y la participación de los trabajadores y sus organizaciones sindicales, quienes, a través del diálogo social, velan por la promoción, difusión y cumplimiento de la normativa sobre la materia.

B. Ley N° 30222

- **Artículo 1.** Objeto de la Ley La presente Ley tiene por objeto modificar diversos artículos de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, Ley 29783 con el fin de facilitar su implementación, manteniendo el nivel efectivo de protección de la salud y seguridad y reduciendo los costos para las unidades productivas y los incentivos a la informalidad.



- **Artículo 2.** Modificación de los artículos 13, 26, 28,32, inciso d) del artículo 49, 76 y cuarta disposición complementaria modificatoria de la Ley 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo Modificase los siguientes artículos.

2.2.2. Decreto supremo N° 016-2016-TR

La Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo fue modificada por la Ley N° 30222, Ley que tiene por objeto facilitar su implementación, manteniendo el nivel efectivo de protección de la salud y seguridad y reduciendo los costos para las unidades productivas y los incentivos a la informalidad;

El 2 de la aludida Ley N° 30222 modificó, entre otros, el artículo 49 de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, estableciendo que el empleador tiene, entre otras obligaciones, practicar exámenes médicos cada dos años, de manera obligatoria, a cargo del empleador; y que en el caso de los trabajadores que realizan actividades de alto riesgo, el empleador se encuentra obligado a realizar los exámenes médicos antes, durante y al término de la relación laboral;

Mediante el artículo 101 del Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado mediante Decreto Supremo N° 005-2012-TR y modificado por Decreto Supremo N° 006-2014-TR, se establece que al inicio de la relación laboral o, para el inicio de la relación laboral, se realiza un examen médico ocupacional que acredite el estado de salud del trabajador;

En ese sentido, es necesario modificar el artículo citado en el considerando precedente a fin de adecuar su contenido a la modificación introducida por la Ley N° 30222 al artículo 49 de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo;

De conformidad con lo dispuesto en el inciso 8 del artículo 118 de la Constitución Política del Perú, el inciso 1 del artículo 6 de Ley N° 29158, Ley Orgánica del Poder



Ejecutivo, y la Ley N° 29831, Ley de Organización y Funciones del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, se tiene:

Artículo 1.- Modifíquese el artículo 101 del Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, aprobado mediante Decreto Supremo N° 005-2012-TR y modificado por Decreto Supremo N° 006-2014-TR, el que queda redactado de la siguiente manera:

Artículo 101.- El empleador debe realizar los exámenes médicos comprendidos en el inciso d) del artículo 49 de la Ley, acorde a las labores desempeñadas por el trabajador en su récord histórico en la organización, dándole énfasis a los riesgos a los que estuvo expuesto a lo largo de desempeño laboral. Los exámenes médicos deben ser realizados respetando lo dispuesto en los Documentos Técnicos de la Vigilancia de la Salud de los Trabajadores expedidos por el Ministerio de Salud.

Respecto a los exámenes médicos ocupacionales comprendidos en el literal d) del artículo 49 de la Ley:

a) Los exámenes médicos ocupacionales se practican cada dos (2) años. En el caso de nuevos trabajadores se tendrá en cuenta su fecha de ingreso, para el caso de los trabajadores con vínculo vigente se tomará en cuenta la fecha del último examen médico ocupacional practicado por su empleador.

b) Los trabajadores o empleadores podrán solicitar, al término de la relación laboral, la realización de un examen médico ocupacional de salida.

La obligación del empleador de efectuar exámenes médicos ocupacionales de salida establecida por el artículo 49 de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo, se genera al existir la solicitud escrita del trabajador.



c) Los estándares anteriores no se aplican a las empresas que realizan actividades de alto riesgo, conforme lo establece el inciso d) del artículo 49 de la Ley, las cuales deberán cumplir con los estándares mínimos de sus respectivos Sectores.

d) En ningún caso el costo del examen médico será asumido por el trabajador.

Asimismo, el Ministerio de Salud pública los precios referenciales de las pruebas y exámenes auxiliares que realizan las empresas registradas que brindan servicios de apoyo al médico ocupacional.”

2.2.3. Decreto supremo N° 024-2016-EM

Aprueban Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería

- **Artículo 1.- Aprobación**

Apruébese el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería, que consta de cinco (5) Títulos, cincuenta y seis (56) Capítulos, sesenta (60) Subcapítulos, cuatrocientos diecisiete (417) Artículos, una (1) Disposición Complementaria Transitoria, una (1) Disposición Complementaria Derogatoria, treinta y siete (37) Anexos, y tres (3) Guías.

- **Artículo 2.- Publicación de anexos**

Los anexos y guías que forman parte del Reglamento aprobado por el presente Decreto Supremo, son publicados mediante el Portal Electrónico del Ministerio de Energía y Minas.

- **Artículo 3.- Refrendo y Vigencia**

El presente decreto supremo será refrendado por la Ministra de Energía y Minas y entra en vigencia al día siguiente de su publicación.



2.3. Bases teóricas pertinentes

2.3.1. Industrias 4.0

En la actualidad el término Industria 4.0 tiene varios conceptos, de acuerdo al sector al que se aplique, por ejemplo, en Estados Unidos, donde está más ligado a la producción, se le conoce como Fabricación inteligente (Smart Manufacturing), de igual manera en diversos artículos o documentos la definen como la industria digital, ciberfísica, fabricación avanzada o industria integrada.

Barros (2017), describe estas definiciones para la industria 4.0:

- Es la transformación de la esfera global de la producción industrial a través de la unión de la tecnología digital y el internet con la industria convencional.
- Es relativamente reciente y se refiere a la cuarta revolución industrial que consiste en la introducción de las tecnologías digitales en la industria. Los “habilitadores digitales” son el conjunto de tecnologías que hacen posible que esta nueva industria explote todo su potencial. En efecto, éstas permiten la hibridación entre el mundo físico y el digital, es decir, vincular el mundo físico al virtual para hacer de la industria una industria inteligente.
- Es un término referido a muchas actualizaciones en cuanto a diseño, fabricación, operación y servicio de los sistemas de producción. Y en cuanto al número 4.0 se refiere a la cuarta revolución industrial, continuación de las tres anteriores que representaron avances significativos en la productividad, y transformaron las vidas de todo el mundo.

Asimismo, Schawab (2016), “la cuarta revolución industrial genera un mundo en el que sistemas de fabricación virtuales y físicos cooperan entre sí de una manera flexible en todo el planeta. Esto permite la absoluta personalización de los productos y la creación de nuevos modelos de operación”.



2.3.2. Realidad Virtual

La Realidad Virtual fue acuñada por Iván Southerland en 1965, donde divide en dos los términos de Realidad Virtual. Una es la Realidad Virtual (con mayúsculas), que es la que engloba a los conceptos mencionados líneas arriba, y se define como la simulación del mundo virtual interactivo. La otra es la realidad virtual (minúsculas) que es más específico y se refiere solo a una aplicación que está orientada a cubrir una necesidad o a solucionar un problema concreto de simulación avanzada (Montero, 2012).

Para Roehl (1996) citado por Escartín (2000), se ha descrito así a todo lo tecnológico pero relacionado a video juegos de computadora, películas en 3D, pero en realidad mucha gente no sabe que es en sí la Realidad Virtual. Para poder salir de esta duda, un buen concepto que define la realidad virtual es el siguiente:

“La Realidad Virtual es una simulación de un ambiente tridimensional generada por computadoras, en el que el usuario es capaz tanto de ver como de manipular los contenidos de ese ambiente” (Escartín, 2000).

Los elementos clave de este concepto son los siguientes: Simulación, tridimensional, y es interactiva.

Asimismo Escartín (2000), menciona que la realidad virtual, denominada también como entorno virtual, es una simulación en tres dimensiones a través de una computadora, la cual integra sonido, imagen, entre otros que tienen el objetivo de sumergir al participante en un determinado lugar, todo esto con la ayuda de un softwares y hardwares como tarjetas de video, tarjetas de sonido, pantallas en cascos, guantes, controles, localizadores, etc.

2.3.1.1. Tipos de Realidad Virtual

Para Maldonado & Zamora (2017), los tipos de RV se diferencian según el nivel de inmersión con el usuario y estos son:



A. Realidad Virtual no inmersiva

El usuario mediante una computadora de escritorio puede ver el espacio virtual y navegar en él a través del teclado y el ratón. La realidad virtual de escritorio hace su uso más factible y sencillo al no utilizar dispositivos de alto costo. Ejemplo de ésta son las aplicaciones que utilizan Internet y los videojuegos con objeto de interactuar en tiempo real con diferentes personas en espacios y ambientes tridimensionales (Ramos, 2003).

B. Realidad Virtual inmersiva

Este tipo de RV ofrece inmersión total al usuario y pone en tentativa sus habilidades mediante el uso de diferentes equipos de interacción como los sensores, guantes, visores de RV, diademas e incluso CAVES (Zhan, 2011).

Un ejemplo de ellos son los videojuegos, que recrean un mundo virtual donde el ambiente es impredecible, percibiendo a través de los estímulos sensoriales una sensación de formar parte del entorno en el que se encuentra virtualmente. La interacción que proporciona es mayor a la RV no inmersiva y se tiene la oportunidad de transformar el mundo virtual y realizar tareas que en el mundo real es imposible de efectuar (Zhan, 2011).

2.3.1.2. Componentes de la Realidad Virtual

Para Maldonado & Zamora (2017), la Realidad Virtual tiene cuatro elementos indispensables para que el usuario experimente un buen acercamiento a ella. Los elementos son los siguientes:

A. Mundo Virtual

El mundo virtual es una representación digital del mundo real almacenada en la memoria de un ordenador, por medio de objetos tridimensionales (personajes, terrenos, casas, arboles, carros, etc.) que constituyen información espacial. Este



elemento debe tener un comportamiento interactivo con el usuario y que reaccione a sus acciones efectuadas en tiempo real. Con estos comportamientos el usuario obtiene una inmersión en el mundo virtual. Los mundos virtuales tienen grandes alcances, ya que pueden ser implementados para ambientes de cualquier índole como, entrenamientos de vuelo, intervenciones quirúrgicas, terapias psicológicas, apoyo a la educación, etc. (Maldonado & Zamora, 2017).

B. Inmersión

La palabra inmersión puede tener muchos significados según el contexto en el que se aplique. Pero en la RV se puede definir como el conjunto de estímulos auditivos, visuales, táctiles, olfativos manipulados con una gran variedad de tecnologías de punta que hacen creer al usuario que se encuentra realmente en el mundo virtual, olvidándose del espacio físico donde se encuentra (Maldonado & Zamora, 2017).

C. Retroalimentación

La retroalimentación es un elemento muy importante en la RV porque involucra todas las reacciones correspondientes a las acciones del usuario inmerso en el mundo virtual. Estas reacciones son simulaciones del mundo real por ejemplo, tocar algún objeto tridimensional que emita un sonido pregrabado como el de un platillo de una batería o las cuerdas de una guitarra. Estas reacciones se suman a la impresión generada en las personas de que realmente se encuentra en otro espacio físico (Maldonado & Zamora, 2017).

D. Interactividad

La retroalimentación anteriormente descrita es el efecto de la interacción del usuario con el mundo virtual en tiempo real. Esta interacción se puede describir como las decisiones que toma el usuario mientras navega virtualmente en los escenarios tridimensionales. Un ejemplo de la interacción es la acción de prender un foco, el



usuario tendría que presionar un interruptor en el mundo virtual como lo haría en el mundo real para encender la luz (Maldonado & Zamora, 2017).

2.3.1.3. Aplicaciones actuales reales

Para Montero (2012), la realidad virtual se aplica en diversas áreas como técnicas, científicas o de servicios.

A. En la arquitectura

Se usa la Realidad Virtual para poder diseñar y visualizar de diferentes perspectivas construcciones de edificios, casas, proyectando las variaciones, pudiendo conocer dichos diseños antes de ser construidos, viendo así si la futura casa o departamento serán del agrado de los dueños (Montero, 2012).

B. En medicina

Donde se simulan operaciones, y/o procedimientos quirúrgicos delicados, los cuales requieren de mucha práctica, para no cometer errores que podrían ser mortales (Montero, 2012).

C. En educación

En esta área no hay límites, ya que se pueden simular entornos de cualquier tipo, sean laboratorios, exploraciones de planetas, exploraciones del cuerpo humano, entre otros sin incurrir en altos costos ni generar daños, y estas simulaciones pueden hacerse en cualquier materia (Montero, 2012).

D. En el diseño

Se puede ver el final de un proyecto sin haber comenzado con este, pudiendo corregir errores de manera rápida, y sin generar costos extra, por ejemplo al diseñar un coche y poder experimentar la sensación de conducirlo, así como evaluar la ingeniería de dicho vehículo (Montero, 2012).



E. Las empresas del sector del entretenimiento

Siendo este sector el que más ha invertido en Realidad Virtual creando simuladores de todo tipo, donde destacan los videojuegos de naves voladoras, adoptando el papel de guerreros en enfrentamientos, asaltos entre otros (Montero, 2012).

F. Las comunicaciones

Una nueva y diferente manera de transmitir contenido, es a través de la realidad virtual, donde los espectadores, tienen vista en 360° de lo que el comunicador quiere transmitir, añadiendo además la posibilidad de interacción (Montero, 2012).

G. El deporte también

En esta área, el usuario puede practicar y entrenarse en diversos deportes sin salir de casa, por ejemplo, puedes participar en un torneo de tenis o frontón, así como remar en un lago y competir con personas en otros lugares del mundo (Montero, 2012).

2.3.1.4. Base material para el desarrollo de ambientes virtuales inmersivos

Para Escartín (2000), para poder crear entornos virtuales es necesario:

A. Hardware

a) Computadoras

Cualquier computadora personal, puede ser adaptada o repotenciada para poder crear y explorar entornos virtuales, esto dependerá del procesador que se mejore en esta máquina, ya que, a mayor procesamiento, mayor complejidad del entorno virtual (Escartín, 2000).

b) Dispositivos para estimulación de los sentidos

Un objetivo principal de la realidad virtual, es el estímulo de los sentidos, esto en respuesta a la información que se genera por la computadora, generando movimiento de los brazos, giros de cuerpo, etc. (Escartín, 2000).

**c) Dispositivos Visuales**

Ya que la mayoría de los seres humanos tienen dos ojos, los cuales posibilitan ver el mundo en tres dimensiones, para la simulación de entornos de realidad virtual, se necesitan también dos pantallas, las cuales muestran el entorno creado, también en tres dimensiones, estas pantallas reciben el nombre de display binocular montado en la cabeza (HMD).

Entre otras alternativas para poder sumergir al usuario en entornos virtuales, se tiene a los espejos o sistemas de proyección 3D, denominados CAVE, los cuales son habitaciones con varias pantallas, las cuales transportan a los usuarios a diversos lugares (Escartín, 2000).

d) Dispositivos Auditivos

Al igual que la visión, la mayoría de seres humanos, tienen dos orejas, las cuales permiten identificar de dónde vienen los sonidos, es decir interpretan el sonido en tres dimensiones también, teniendo dos pistas de audio, se puede producir un paisaje sonoro, los dispositivos HMD, o pantallas montadas en la cabeza, traen bocinas estereofónicas, las cuales combinadas con las pantallas hacen vivir una experiencia total de sumergirse en otros entornos (Escartín, 2000).

e) Dispositivos Kinestésicos

La posibilidad de involucrar a los demás sentidos en estos entornos es posible gracias a los diversos dispositivos que existen, los cuales posibilitan sentir con el tacto, generar olores y sabores, así como la experiencia que se vive en una sala de cine 4D, sintiendo la lluvia, los vientos, etc (Escartín, 2000).

f) Tarjetas Aceleradoras Gráficas

Existen muchas tarjetas aceleradoras gráficas 3D en el mercado, con diferentes características, con prestaciones desde 500 mil a 2 millones de polígonos por segundo, variando igualmente sus precios desde USD 300 hasta USD 20,000, es necesario hacer un análisis exhaustivo de que tarjeta requerimos (Escartín, 2000).

**g) Sistemas de localización y seguimiento**

Dispositivos los cuales registran los movimientos del usuario, llevando esta información a la computadora, para que esta replique dichos movimientos en el entorno virtual, de manera que el usuario viva una experiencia total con todos los sentidos (Escartín, 2000).

h) Otros dispositivos de entrada

Se utilizan otros dispositivos de entrada los cuales comunican a la computadora de los movimientos y acciones del usuario, ya que no se puede utilizar un teclado y un ratón, el usuario con el casco de realidad virtual utilizara un joystick con diversos botones, los cuales permitirán que el usuario interactúe fácilmente con el entorno (Escartín, 2000).

B. Software**a) Software para el Modelaje Tridimensional**

Es necesario utilizar software de modelado 3D, ya que los objetos con los que interactuará el usuario, serán vistos, desde todos los ángulos, por lo que una imagen plana, no serviría (Escartín, 2000).

b) Software para Gráficos Bidimensionales

Para poder dar color y corregir algunas texturas en 2D, se requieren softwares adicionales de gráficos bidimensionales, denominados programas para pintar. Como ejemplos de software de gráficos bidimensionales se pueden mencionar Adobe Photoshop, Adobe Illustrator, Fractal Design Painter, Corel Photo-Paint, Corel DRAW, etc. (Escartín, 2000).

c) Software para Edición de Sonido Digital

El audio es uno de los componentes más importantes de la realidad virtual y frecuentemente no se le da la atención debida, es por ellos que, al momento de integrar los componentes de la realidad virtual, es importante alinear las imágenes, videos, entre otros al sonido 3D, con la ayuda del software de edición de sonido el cual permite la edición del mismo facilitando cortar, insertar, mezclar, los sonidos del entorno virtual (Escartín, 2000).



d) Software para Simulación

La realidad virtual requiere de un software complejo, el cual sea capaz de procesar la información recibida e ingresada por los dispositivos de entrada, sean localizadores, botones, entre otros, esta información debe ser refrescada por lo menos 20 veces por segundo, a esto se suma la posibilidad de tener más de un participantes durante la simulación, así como el hecho de estar conectado a una red la cual se alimente de información (Escartín, 2000).

2.3.1.4. Metodología de desarrollo

Para Morales, et al. (2015) citado por Maldonado & Zamora (2017), se describen las fases y actividades correspondientes a la metodología de desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales, que será utilizada para la creación del presente proyecto.

a. Fase de análisis

La finalidad de esta fase, es tener una perspectiva clara del contexto en la cual se va enfocar la aplicación educativa. Para lo cual, es necesario definir y comprender las necesidades del trabajador a través de tres actividades: identificación de requerimientos, propuesta de desarrollo y especificación de requerimientos.

- Identificación de requerimientos

Se analiza el problema que, planteado por los trabajadores, para identificar los requerimientos que serán satisfechos.

- Propuesta de desarrollo

En esta parte, se definirán los planes de desarrollo que satisfarán las necesidades descritas anteriormente y estos planes deben estar alineados a las limitaciones de recursos y tiempo.



- **Especificación de requerimientos**

Especificar claramente cuáles serán los alcances, atributos, requerimientos y limitantes del producto a desarrollar, es decir, los requerimientos funcionales y no funcionales del producto (Maldonado & Zamora, 2017).

b. Fase de diseño

Fase en la que se crean los modelos conceptuales y se determinan los rasgos o características explícitas e implícitas de todos los componentes ya sean: entornos, objetos, personajes, guiones, audio, video.

- **Modelado conceptual**

A partir de la información obtenida de la anterior fase, el equipo de diseñadores hace los primeros modelos o bocetos, los cuales servirán de base para el desarrollo de los entornos 3D.

- **Modelado de navegación**

Determinar la manera en el que usuario recorrerá los entornos y podrá interactuar con los elementos, ya sean objetos 3D, maquinas entre otros, y se definirá el tipo de vista, que puede ser en primera persona o en tercera persona.

- **Descripción de componentes**

Con el objetivo de tener información detallada de cada uno de los componentes, sean objetos, personajes, edificios, etc, se describirá utilizando tablas dichos componentes con especificaciones como interactividad, y características físicas particulares.

- **Modelado de eventos**

En esta parte se especifican los sucesos que el usuario visualizará y experimentará, así como el orden de las actividades que deberá realizar durante la simulación. Es importante mencionar que mientras más realista sea la simulación, más complejo será el modelado de eventos.



c. Fase de desarrollo

En esta fase se construye el producto, es decir se integran todas las partes descritas anteriormente, teniendo la posibilidad de corregir errores, este proceso es iterativo e incremental, es decir se da paso a paso.

- Producción de recursos artísticos

En esta fase, con la ayuda de software de modelado 3D, se crean los entornos arquitectónicos, objetos, personajes, y todo lo que integren los escenarios de la app, así como los colores, materiales y texturas que le darán realismo al entorno de realidad virtual, así también se desarrollan las secuencias de audio y video que complementarán la app.

- Animación e integración

En la fase de animación, se programan los movimientos y los cambios de posición de los componentes, los cuales tendrán que ver con la interacción del usuario y en cuanto a la integración, se incorporan los escenarios, así como las secuencias de audio y video y los componentes 3D (Maldonado & Zamora, 2017).

- Producción de recursos tecnológicos

Con la información obtenida de la fase de diseño, se programan los eventos o las consecuencias que serán los resultados de las acciones del usuario, las cuales se establecen para cada dinámica.

- Pruebas

En cada paso culminado, se realizan pruebas para verificar el correcto funcionamiento y la integración de los componentes, con el objetivo de obtener información valiosa la cual servirá para mejorar el producto final.



d. Fase de evaluación

- Valoración por el trabajador / usuario

Una vez obtenida la versión Alfa, el cual es el producto casi final, con todas las partes integradas, el usuario o cliente debe confirmar, que esta cumple con los requerimientos planteados en el inicio del proyecto.

Finalmente, la retroalimentación del cliente dará como resultado una versión Beta del producto, que se pone a consideración del usuario con pocos conocimientos acerca de la navegación en entornos virtuales, para valorar algún fallo no conocido por el equipo de desarrollo; con la finalidad de que el producto pueda ser liberado.

- Fase de cierre y entrega final

En esta última parte se entrega el producto final es decir la app terminada, lista para ser implementada y sumergir a los usuarios en el entorno diseñado con las características deseadas, este producto se podrá actualizar y modificar posteriormente de acuerdo a los nuevos requerimientos del cliente o usuarios (Maldonado & Zamora, 2017).

2.3.1.5. Realidad virtual y ergonomía

La ergonomía está directamente relacionada con la salud y seguridad en el trabajo, y está a la vez también puede ser mejorada o complementada con la tecnología de realidad virtual, ya que al tener un gráfico en 3D en un entorno virtual de un trabajador realizando alguna actividad, sus movimientos serán mejor estudiados y analizados, por la versatilidad que se tiene al manejar un entorno simulado, así mismo el software puede detectar por sí mismo los movimientos que atentan contra la salud del trabajador, facilitando el diseño de un puesto de trabajo de acuerdo a los requerimientos del trabajador en cuanto a su salud y seguridad.



Para Asociación Española de Ergonomía (2019), según la asociación internacional de ergonomía define ergonomía como disciplina científica que trata de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, así como, la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos al diseño con objeto de optimizar el bienestar del ser humano y el resultado global del sistema.

Un antecedente sobre la realidad virtual en la ergonomía es la tesis titulada “Realidad virtual aplicada a la ergonomía. Caso de estudio ergonómico manipulación y movilización de paciente en enfermería” de Yenny Nuñez, donde se implementa la tecnología de realidad virtual, así como sistemas de captura de movimiento humano (Mocap) aplicados a la prevención de riesgos laborales, ergonomía y análisis de posturas ergonómicas, a través de la realidad virtual se reproducen en un entorno virtual las posturas del trabajador realizando alguna tarea, para poder observar detalladamente los movimientos y analizar ángulos.

El objetivo de este trabajo de investigación, es aplicar la tecnología de realidad virtual y la tecnología de captura del movimiento humano, al proceso de transporte de los pacientes en un centro médico, para poder reproducir dicho proceso desde diferentes perspectivas en un entorno virtual y analizar ángulos y determinar si se pueden producir lesiones musculo esqueléticas durante la ejecución de la tarea.

En el motor Unity, se hace un monitoreo y configuración de los movimientos del cuerpo humano con parámetros máximos de los ángulos que pueden soportar los segmentos corporales, al momento de superar estos ángulos máximos se genera una alerta de color rojo en las articulaciones implicadas.

REBA es un método de análisis corporal que estudia las tareas con cambios de postura debido a la manipulación de cargas inestables o impredecibles, se aplica para identificar riesgos de lesiones posturales y musculo esqueléticas, este método se fundamenta en varios métodos como la ecuación de Niosh (waters et al, 1993) la escala de percepción de



esfuerzo (Borg, 1985), el método Owas (Karhu et al., 1994), la técnica Bpd (Corlett y Bishop, 1976) y el método Rula (McAtamney y Corlett, 1993) para de los rangos angulares de las posiciones de las distintas partes del cuerpo.

Es importante mencionar también, que los dispositivos de realidad virtual inmersiva de entrada (mandos, guantes, palancas, etc) y de salida (visores, cascos, pantallas, altavoces) están diseñados con altos estándares ergonómicos de tal manera que el usuario pueda sumergirse en diversas simulaciones de actividades como operación de maquinaria y equipo, recorrido por áreas industriales, entre otros de una manera cómoda y sin forzar ni dañar ninguna parte del cuerpo, teniendo los controles necesarios para desarrollar la simulación en el lugar correcto. Además, que dichos dispositivos se ajustan a las dimensiones del cuerpo del usuario de manera que no representan ningún tipo de molestia durante una simulación.

2.3.3. Seguridad y salud ocupacional

La Seguridad y Salud Ocupacional (SySO) es un conjunto de disciplinas que incluye temas de protección, seguridad, salud y bienestar de los individuos que son parte de una empresa y están involucrados en un trabajo. El objetivo de los programas de seguridad y salud ocupacional, es el de promover un entorno de trabajo seguro y saludable, la seguridad y salud en el trabajo no solo incluye a los trabajadores, sino también a los familiares de estos, a los empleadores, a los clientes, y a otros que puedan ser partícipes del entorno de trabajo (Apaza, 2012).

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) citado por Apaza (2012), la seguridad y salud ocupacional debe tener como objetivo la difusión y el sostenimiento del más elevado nivel de confort físico, mental y social de los colaboradores en todas las áreas de la empresa, eliminar las malas condiciones de trabajo, para que el trabajador se sienta seguro en su espacio laboral, es decir adaptar el



puesto de trabajo de acuerdo a los requerimientos del trabajador, y adaptar al trabajador de acuerdo a los requerimientos del puesto de trabajo.

Para las OHSAS (Occupational Health and Safety Assessment Series) (Sistemas de Gestión de Salud y Seguridad Laboral), la SySO son las disposiciones y factores que perjudican la tranquilidad de los trabajadores en general, así como la de cualquier persona que tenga que estar en el lugar de trabajo. (OHSAS 18001, 2007 citado por Apaza, 2012).

La SySO es importante, ya que está relacionada con temas legales como los preventivos, disciplinarios, indemnizatorios, de igual manera temas económicos como beneficios y costos sociales, es por ello que involucra a muchas especialidades como la medicina legal, la higiene industrial, la salud pública, ingeniería de seguridad, ingeniería industrial, ergonomía, química, y psicología.

2.3.3.1. Seguridad ocupacional

Para Chiavenato (2007), la seguridad laboral es el conjunto de normas técnicas, formativas, facultativas y psicológicas aplicadas para evitar accidentes, utilizando diversos procedimientos, como la eliminación de situaciones inseguras, capacitación sobre procedimientos ante este tipo de situaciones entre otros procedimientos los cuales son importantes para realizar un trabajo eficiente.

Asimismo, Chiavenato (2009), la seguridad en el trabajo incluye tres áreas básicas de actividad: la prevención de accidentes, la prevención de incendios y la prevención de robos. La seguridad en el trabajo es profiláctica, se anticipa a efecto de que los riesgos de accidentes sean mínimos.

Un programa de seguridad en el trabajo requiere las etapas siguientes:

- a) Establecimiento de un programa de índices de accidentes.
- b) Implementación de programas de registro de acciones tomadas.
- c) Planteamiento de normas y métodos seguros.



d) Compensaciones a los altos cargos por la correcta gestión de procedimientos de seguridad.

Para Chiavenato (2009), un plan de seguridad implica los requisitos siguientes:

1. La seguridad en un compromiso de todos los trabajadores, así como su mantenimiento debido a su especialización.
2. La prevención está determinada por las condiciones de trabajo, el ramo de actividad, el tamaño, la ubicación de la empresa, etc.
3. La seguridad implica todas las áreas de la empresa, incluyendo a las oficinas administrativas, los almacenes, el área de producción, ya que en todas estas áreas existen riesgos que perjudican a toda la empresa.
4. El plan de seguridad compromete, necesariamente, a la adaptación del trabajador a su área de trabajo, y a la adaptación del área de trabajo al trabajador, es decir la selección del personal y la racionalización del trabajo, incluyendo los aspectos socio psicológicos, por lo que muchas organizaciones relacionan la seguridad al área de recursos humanos
5. La seguridad laboral congrega a todos los componentes que se necesitan para la capacitación y la instrucción de todos los trabajadores en cuanto a materia de seguridad y salud ocupacional, ya sea procedimientos de seguridad, simulaciones, primeros auxilios, o uso de EPPs.

2.3.3.2. Salud ocupacional

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2017), la Salud Ocupacional es una labor multidisciplinaria la cual tiene como objetivo la protección de la salud de los trabajadores, a través de la prevención y el control de accidentes y enfermedades, los cuales pueden ser originados por causa de las condiciones laborales, así también impulsa la eliminación de condiciones inseguras y propone mejorar las condiciones de trabajo,



contribuyendo a que el trabajador labore en un entorno de bienestar físico, mental y social, y de esta manera se incremente la productividad de los mismos.

2.3.3.3. Controles de seguridad y salud ocupacional

Según la norma internacional ISO 45001 (2018), se debe utilizar la siguiente jerarquía de controles:

- a) eliminar el peligro
- b) sustituir
- c) aplicar controles de ingeniería
- d) aplicar controles administrativos
- e) uso de equipos de protección personal

Una vez terminada la evaluación de riesgos, considerando las medidas de control, usted recién puede definir si los controles existentes son los adecuados o no, y si estos requieren mejora, o si se pueden añadir nuevos y mejores controles. (ISO 45001, 2018).

En el caso que se determine añadir nuevas medidas de control se debe aplicar el principio de jerarquía, es decir, primero eliminar todos los riesgos, sustituirlos, aplicar medidas de ingeniería, administrativos, y como último recurso el uso de EPPs.

Es importante considerar el orden que establece la jerarquía, pero también se pueden combinar diversos tipos de control (ISO 45001, 2018).

- **Eliminar:** cambiar el diseño para eliminar el peligro; por ejemplo, la construcción de un muro que aislé el peligro del trabajador
- **Sustituir:** reemplazar maquinas, equipos, herramientas peligrosas por otras que no sean peligrosas o no presenten las mismas características.
- **Los controles de ingeniería:** Construcción de ductos de ventilación, aislamientos de máquinas, para evitar la salida de sonido, viruta, etc.



- **controles administrativos:** Son todos aquellos que avisan o notifican al trabajador sobre los peligros presentes, estos pueden ser señaléticas, luces, alarmas, formatos especiales de trabajos de alto riesgo, entre otros.
- **Equipo de protección personal:** estos pueden ser: zapatos de seguridad, guantes, lentes de seguridad, tapones para las orejas, etc (ISO 45001, 2018).

Las tres primeras barreras son las que se debería implementar, pero no siempre es posible, al aplicar esta jerarquía es importante considerar los costos, así como los beneficios que traerán principalmente la reducción de riesgos.

2.3.3.4. Riesgos en las actividades mineras

A diferencia que, en el trabajo industrial, en el sector minero existen muchos más riesgos, principalmente porque las tareas o actividades mineras se llevan a cabo en lugares remotos, y estos no cuentan con condiciones de trabajo seguro, es por ello que una característica del trabajo en el sector minero son las condiciones inseguras (Díaz, 2009).

Existen dos tipos de minería, las cuales son: minería subterránea y minería a tajo abierto o a cielo abierto.

A. Minería subterránea:

Este tipo de minería se da debajo de la tierra a través de los socavones, donde se extrae materias primas que se encuentran debajo de la tierra transportadas a través de rieles hasta la superficie (Díaz, 2009).

B. Minería a cielo abierto:

Este tipo de minería es aquella que se realiza por encima de la tierra, extrayendo el mineral realizando excavaciones, dentro de esta están las canteras y salinas, ambos tipos de minería presentar peligros y riesgos para los trabajadores, pero la minería subterránea presenta condiciones particulares y por lo tanto es más peligrosa (Díaz, 2009).



Para Díaz (2009), el término riesgo está referido a la posibilidad de que se produzca algún suceso que perjudique o afecte la salud de las personas, en otras palabras, malograr la armonía que existe en la parte física, mental y social. Ya que es un derecho de los trabajadores, ser protegidos eficazmente, las áreas de trabajo deben estar libres de riesgos, aplicando la jerarquía de controles.

2.3.3.5. La prevención de riesgos del trabajo

Prevenir, es adelantarse a los riesgos potenciales, y así evitar incidentes, accidentes o enfermedades relacionadas con el trabajo. La OMS citado por Díaz (2009) ha definido tres niveles de prevención de riesgos del trabajo:

A. Prevención primaria

Referida a la eliminación de los riesgos.

B. Prevención secundaria

Referida a una evaluación anticipada de los peligros y riesgos.

C. Prevención terciaria

Es la última etapa, y esta tiene que ver con la rehabilitación.

Prevenir es anticiparse, por lo tanto, actuar sobre los peligros anticipadamente, evitando que estos se conviertan en riesgos y afecten al trabajador.

Díaz (2009) menciona que la forma de actuar preventivamente es tomando medidas de diferente naturaleza las cuales eviten los riesgos, y comprenden los siguientes pasos:

A. Detección de los riesgos

Identificar y reconocer las condiciones de trabajo potencialmente peligrosas, que pueden perjudicar la salud del trabajador o causar accidentes.

B. Evaluación de los riesgos detectados

En este proceso se conoce la dimensión de los riesgos los cuales no pudieron ser evitados.



C. Control de los riesgos

Son todas aquellas actividades que se aplican al área de trabajo, para que esta sea segura y no represente ninguna amenaza a la salud del trabajador, estas son eliminar, sustituir, medidas de ingeniería, administrativos, y EPPs.

En el caso de la actividad minera en particular, el proceso de control debe ser continuo debido a las continuas variaciones que existe en este rubro tales como las condiciones geológicas, las variaciones en el clima, cambios en los estratos, trabajadores sensibles a determinados riesgos, entre otros (Díaz, 2009).

2.3.3.6. Accidente de trabajo

Es considerado un accidente de trabajo todo suceso repentino e implacable el cual ocurra durante una actividad relacionada al trabajo, o en el camino del domicilio del trabajador al trabajo, siempre y cuando el trabajador no haya alterado dicho trayecto por causas ajenas al trabajo.

Los accidentes siempre son causales, es decir, tienen una serie de causas que lo originaron, ya sea que las medidas de prevención fallaron, o que las condiciones de trabajo son inadecuadas, la diferencia de los accidentes con los incidentes, es que el ultimo mencionado solo trae daños materiales y económicos, mas no produce lesiones en el trabajador (Díaz, 2009).

2.3.3.7. Acciones necesarias

La prevención de los riesgos laborales corresponde a todos los niveles jerárquicos de la empresa, así mismo, debe estar en constante práctica y aplicada a todas las áreas de la empresa (Díaz, 2009).

El área correspondiente de la empresa minera debe elaborar y ejecutar un Programa de Salud y Seguridad en el Trabajo, de acuerdo a la normativa vigente, con el objetivo de:



“Eliminar o, si esto no es posible, reducir el riesgo a niveles que aseguren la protección de la salud y seguridad de los trabajadores”. Para ello deberá:

- a. Aplicar normas las cuales controlen los riesgos en su origen.
- b. Evaluar los riesgos que no puedan ser evitados.
- c. Disminuir los riesgos usando procedimientos de trabajo seguro.
- d. Acoger disposiciones orientadas a la protección común y no solo a la personal
- e. Aplicar normas de prevención y protección.
- f. Dotar de EPPs adecuados, de acuerdo al tipo de trabajo a realizar y a los peligros y riesgos a enfrentar.
- g. Proporcionar los recursos humanos, físicos y económicos necesarios que contribuyan a cumplir el programa de seguridad y salud, manteniendo los equipos, maquinas, herramientas e instalaciones de trabajo. (Díaz, 2009).

2.3.3.8. Equipos y elementos de protección personal

Un equipo o elemento de protección personal (EPP) es aquel que se utiliza para proteger al trabajador de los riesgos que pueden afectar su salud o seguridad (Díaz, 2009). Los equipos de protección personal deben ser utilizados:

1. Cuando no se pudo aplicar ninguna de las primeras barreras ya sea eliminar, sustituir, medidas de ingeniería, y administrativas.
2. Si, después de evaluar un riesgo, el encargado de seguridad y salud ocupacional define que las medidas de prevención aplicadas no aseguran la eliminación o la sustitución del mismo a nivel compatible con la protección de la salud y seguridad en los trabajadores.
3. Cuando no hayan soluciones de acuerdo a las planteadas con eliminar o reducir riesgos.
4. Momentáneamente, hasta implementar otro tipo de medidas de seguridad
5. En procedimientos de emergencia como mantenimientos correctivos, incendios, entre otros los cuales expongan al trabajador a situaciones peligrosas. (Díaz, 2009).



A. Medidas de prevención

Los equipos y elementos de protección personal deberán cumplir con las especificaciones técnicas nacionales o aquellas internacionales que garanticen su calidad y eficacia, en caso que no las hubiera en el país. El equipo de protección personal debería estar constituido por:

- a. Protección Respiratoria
- b. Protección Auditiva
- c. Protección de Ojos y Cara
- d. Protección de Cuerpo
- e. Protección para Caídas
- f. Protección de la Cabeza
- g. Protección para las Manos
- h. Protección para Pies
- i. Caídas a nivel y desnivel

Asimismo, el equipo básico de protección personal debería estar constituido por:

- a. Casco de seguridad: En toda explotación minera ya sea subterránea o a tajo abierto, existe siempre el riesgo de caída de materiales, rocas, entre otros.
- b. Guantes protectores: De acuerdo al tipo de trabajo, ya sea de riesgo eléctrico, o trabajos en caliente, etc.
- c. Calzado de seguridad: Botas o zapatos con punta de acero, dieléctricos, de acuerdo al tipo de trabajo a realizar.
- d. Protección auditiva: Pueden ser tapones auditivos, u orejeras adheridas al casco.
- e. Protección ocular: lentes de seguridad de acuerdo al riesgo.
- f. Protección respiratoria: Barbijos o mascarar con filtro. (Díaz, 2009).

Los trabajadores que realicen trabajos específicos tales como:

- a. soldadura autógena y eléctrica



- b. trabajos con riesgo de caída de altura
- c. manejo de sustancias químicas peligrosas
- d. trabajos con tensión
- e. manipulación de metales fundidos
- f. otras tareas específicas a definir según el puesto de trabajo.

Serán dotados de equipos y elementos de protección personal los cuales protejan eficazmente a los trabajadores de los riesgos que se encuentren en los trabajos mencionados líneas arriba. Toda la vestimenta y el casco de los trabajadores de las minas deberán tener cintas reflectivas. Los trabajadores de minas subterráneas que no hayan instalado un sistema de iluminación, deberán tener lámparas adheridas a los cascos de seguridad, esta lámpara deberá ser resistente, así como duradera para toda la jornada de trabajo (Díaz, 2009).

2.3.4. La capacitación como primer factor de prevención

Díaz (2009), menciona que se debería considerar a la capacitación como un procedimiento dinámico y continuo, de aprendizaje, a través del cual los trabajadores adquieran conocimientos y actitudes. La capacitación es un instrumento importante que contribuye a que los conocimientos se apliquen, y estos sean ejecutados y evaluados eficazmente.

El principal objetivo de la capacitación en materia de salud y seguridad en el trabajo es el de informar al trabajador sobre todo lo referido a cuidar y defender su salud y seguridad, así como fomentar la participación activa en la mejora continua de las condiciones de trabajo, y la prevención de riesgos laborales. Es importante que los trabajadores, no participen en las capacitaciones solo como receptores de información, sino también participen activamente conversando e intercambiando ideas con el expositor, ya que sus experiencias y conocimientos los hace parte activa del proceso de capacitación.



El aprendizaje activo implica que los participantes se involucren de lleno en el proceso enseñanza aprendizaje, de manera que no sean solo sujetos pasivos. La empresa debe implementar de acuerdo a la norma vigente, programas de capacitación anuales para todas las áreas y niveles de la empresa, orientados a los diversos tipos de trabajo o actividades que realizan las diferentes áreas. La formación deberá focalizarse en el puesto de trabajo o función de cada trabajador, contemplando, entre otros:

- a. Procedimientos de explotación.
- b. Maquinarias, herramientas y materiales requeridos en el proceso productivo.
- c. Identificación de los riesgos para la SySO.
- d. Medidas de prevención y protección colectivas e individuales.
- e. Las condiciones y formas de disposición del trabajo que pueden afectar la salud.
- f. Conocimientos de primeros auxilios.

Antes de iniciar sus labores todos los trabajadores en el momento del contrato, deben de recibir una formación teórica y práctica adecuada en temas de seguridad y salud en el trabajo que incluya mínimamente:

1. Características generales de tipo de extracción minera
2. Riesgos generales en minería, y específicos de la labor que desempeñará
3. Procedimientos en emergencias
4. Reglamento interno de seguridad, salud y protección del medio ambiente

Si el trabajador será cambiado de puesto de trabajo, se le deberá capacitar de nuevo, y de acuerdo a los procedimientos que este desempeñará en el nuevo puesto de trabajo, informando sobre los diferentes peligros y riesgos a los que se expondrá.

El Programa de Capacitación debe contemplar:

1. La emisión de certificados, los cuales acrediten la asistencia de los trabajadores.



2. Registro en libro foliado de las capacitaciones dadas, con información detallada de los temas tratados, el contenido, nombre de los expositores, la duración, fecha y firma de todos los asistentes (Díaz, 2009).

2.3.4.1. El Método de aprendizaje basado en la acción

Sobre el método de aprender haciendo que está basado en la posibilidad de reforzar las habilidades y destrezas de las personas, realizando sus actividades, aprenden de mejor manera.

Dale citado por Masters (2013), menciona que, en la industria, tradicionalmente la seguridad se enseña a los empleados a través de los métodos convencionales de reuniones sala de juntas, presentaciones tales como Keynote o diapositivas de PowerPoint, libros de procedimientos de seguridad y folletos, o módulos en línea que los empleados son necesarios para leer y contestar preguntas sencillas. Todos estos métodos son aceptables para transmitir hechos, pero uno tiene que cuestionar su eficacia.

De acuerdo con la investigación de Dale de métodos audiovisuales en la enseñanza, hay grados y clasificaciones de aprendizaje, como se refleja en siguiente figura:



Figura 2. El cono del aprendizaje de Edgar Dale
Fuente: Masters (2013)

El mayor apoyo, la base del cono es basado en experiencias directas y uso del aprendizaje. Con esta investigación sobre los métodos adecuados de enseñanza y aprendizaje, es seguro asumir que el aprendizaje de un sujeto únicamente a partir de la base de PowerPoint y folletos puede no ser la mejor manera de comunicar correctamente el protocolo de seguridad a los empleados en la industria.

2.3.4.2. La capacitación hacia la mejora de la productividad

Lacavex (2013), refiere que la productividad es la relación entre producción e insumos, la productividad en un centro de trabajo se ve afectada por factores externos e internos. Entre los factores externos se cuenta la disponibilidad de materias primas, políticas fiscales, infraestructura existente. Por lo general están fuera del control de los patrones. Entre los factores internos son de considerarse las instalaciones, el equipamiento, la organización, la mano de obra.



Es derecho del patrón lograr que el tiempo de trabajo se aproveche adecuadamente y se reduzca al máximo el tiempo improductivo, si se considera que jornada de trabajo es el tiempo que el trabajador está a disposición del patrón para realizar el trabajo para el cual fue contratado. Para alcanzar el mejor de los resultados e incrementar la productividad de los centros de trabajo, resulta fundamental, la capacitación y el adiestramiento que los trabajadores reciben, es decir, la formación para el trabajo (Lacavex, 2013).

Entre los objetivos de la capacitación y adiestramiento se señalaba prevenir riesgos de trabajo, actualizar y perfeccionar los conocimientos y habilidades de los trabajadores e incrementar la productividad. Patrones y trabajadores debían formular de común acuerdo los planes y programas de capacitación y adiestramiento de cada centro de trabajo.

La capacitación y adiestramiento debe en principio, impartirse dentro de la jornada de trabajo. Puede impartirse por instructores del propio centro de trabajo, por instructores específicamente contratados, dentro del propio centro de trabajo o en instituciones educativas adecuadas. La productividad y capacitación pueden establecerse en las diferentes ramas industriales y de servicios.

Finalmente, Maynard (2006), también refiere que otro camino para el aumento de la productividad es la capacitación y desarrollo, actividades que toman muchas formas y tienen muchos objetivos. Un claro ejemplo es el estudio realizado por Guzzo, Jette y Katzel (1985), donde se obtuvo que de once prácticas tendientes al aumento de la productividad, se encontró que la capacitación fue la que obtuvo, en promedio, el mayor efecto sobre la productividad.

2.4. Definiciones conceptuales

2.4.1. Salud Ocupacional

Para la OPS (2019), la define como el conjunto de actividades multidisciplinarias encaminadas a la promoción, educación, prevención, control, recuperación y rehabilitación



de los trabajadores, para protegerlos de los riesgos de su ocupación y ubicarlos en un ambiente de trabajo de acuerdo con sus condiciones fisiológicas y psicológicas.

2.4.2. Seguridad Industrial

La Seguridad Industrial es la estructura de disposiciones obligatorias que tienen el objetivo de prevenir y limitar riesgos, de igual manera está orientado a la protección contra accidentes que pueden producir daños a los bienes o al medio ambiente, procedentes de actividades industriales o del funcionamiento, mantenimiento de instalaciones o equipos y de la producción, uso o consumo de productos industriales (Pérez & Merino, 2008).

2.4.3. Capacitación

El autor, Chiavenato (2007) define la capacitación como el proceso formativo de corto plazo, aplicado de manera metódica y estructurada, a través del cual las personas obtienen conocimientos, desarrollan habilidades y competencias en función de objetivos definidos.

2.4.4. Seguridad

Seguridad se define como aquellas acciones y actividades que permiten al trabajador laborar en condiciones de no agresión tanto ambientales como personales para preservar su salud conservar los recursos humanos y materiales (D.S. 0052012-TR, 2012).

2.4.5. Accidente de trabajo

Todo suceso repentino que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte. Es también accidente de trabajo aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, y aun fuera del lugar y horas de trabajo (Decreto Supremo No 024-2016-EM, 2016).



2.4.6. Inducción

Es una capacitación inicial que reciben los trabajadores nuevos de una empresa, la cual brinda información, conocimientos y habilidades para que el trabajador desempeñe una actividad con seguridad y de manera eficiente (Delgado, Sánchez, & Urday, 2017).

2.4.7. Peligro

Situación o acto capaz de producir alteraciones en términos de lesiones a los trabajadores y daños al proceso, los equipos y al medio ambiente (Ley N° 29783, 2011).

2.4.8. Riesgo

Es la probabilidad de que un peligro se materialice en determinadas condiciones y genere daños a las personas, equipos y al ambiente (Ley 29783, 2011).

2.4.9. Salud

Es un derecho fundamental que supone un estado de bienestar físico, mental y social, no meramente la ausencia de enfermedad o de incapacidad (Ley 29783, 2011).

2.4.10. Realidad virtual

La RV es un campo de la visualización científica, compuesta por un conjunto de dispositivos electrónicos y objetos virtuales tridimensionales que reaccionan con la interacción del usuario de forma que se asemeje lo más posible a la realidad (Pérez, Zabre & Islas, 2004).

2.4.11. Entorno Virtual

Es una experiencia donde el usuario o participante puede interactuar a través de dispositivos de entrada, sean controles, guantes, entre otros y dispositivos de salida, como pantallas, cascos, etc., los cuales envían y reciben información a través de una computadora, por lo general los entornos virtuales tratan de simular el mundo real (Cruz, Durbey, & Sanz, 2011).

2.4.12. Industria 4.0

El concepto de Industria 4.0 es relativamente reciente y se refiere a la cuarta revolución industrial que consiste en la introducción de las tecnologías digitales en la industria. Los “habilitadores digitales” son el conjunto de tecnologías que hacen posible que esta nueva industria explote todo su potencial. En efecto, estas permiten la hibridación entre el mundo físico y el digital, es decir, vincular el mundo físico al virtual para hacer de la industria una industria inteligente (Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, Gobierno de España) (Barros, 2017).

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

H1 = La aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

H0 = La aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva no permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

2.5.2. Hipótesis específicas

- El proceso actual de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019, es tradicional.
- El diseño del programa de Realidad Virtual inmersiva contribuye a la mejora del proceso de capacitación en Seguridad y Salud ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.
- El desarrollo de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva contribuye en la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.



- La aplicación de Realidad Virtual inmersiva permite incrementar la productividad en el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

2.6. Definición de variables

VI: Realidad Virtual inmersiva

“La Realidad Virtual es una simulación de un ambiente tridimensional generada por computadoras, en el que el usuario es capaz tanto de ver como de manipular los contenidos de ese ambiente” (Escartín, 2000).

Para la aplicación de la tecnología realidad virtual inmersiva, Morales, et al., (2015) citado por Maldonado & Zamora (2017), describe 4 fases y actividades correspondientes al desarrollo evolutivo para escenarios tridimensionales: Fase de análisis, Fase de diseño, Fase de desarrollo y Fase de evaluación.

VII: Capacitación en seguridad y salud ocupacional

Díaz (2009), menciona que “todos los actores deberían, considerar a la capacitación como un proceso dinámico y permanente de aprendizaje mediante el cual los trabajadores puedan adquirir y/o modificar habilidades, conocimientos y actitudes sobre asuntos de protección, seguridad, salud y bienestar de las personas en el trabajo”.

2.7. Operacionalización de variables

Tabla 2
Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
V. Independiente Realidad Virtual inmersiva. Simulación de un ambiente tridimensional generado por computadora, donde el usuario interactúa con el contenido de ese ambiente.	Fase de análisis	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación de requerimientos • Propuesta de desarrollo • Especificación de requerimientos
	Fase de diseño	<ul style="list-style-type: none"> • Modelado conceptual • Modelado de navegación • Descripción de componentes • Modelado de eventos
	Fase de desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Producción de recursos artísticos • Animación e integración • Producción de recursos tecnológicos • Pruebas
	Fase de evaluación	<ul style="list-style-type: none"> • Productividad • Valoración por el trabajador • Fase de cierre y entrega final
V. Dependiente Capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional. Proceso dinámico y permanente de aprendizaje, donde se adquieren habilidades, conocimientos y actitudes en materia de seguridad y salud ocupacional.	Accidentes	<ul style="list-style-type: none"> • Número de accidentes reportados • Accidentes por gerencia • Condición de registro de accidente • Clasificación de lesiones • Naturaleza de accidentes
	Incidentes	<ul style="list-style-type: none"> • Número de incidentes reportados • Incidentes por gerencia • Condición de registro de incidente
	Comportamientos seguros e inseguros	<ul style="list-style-type: none"> • Uso del cuerpo y postura • Equipo de protección personal • Medio ambiente, salud y seguridad industrial • Comportamiento riesgoso
	Uso de EPP	<ul style="list-style-type: none"> • Protección Respiratoria • Protección Auditiva • Protección de Ojos y Cara • Protección de Cuerpo • Protección para Caídas • Protección de la Cabeza • Protección para las Manos • Protección para Pies • Caídas a nivel y desnivel



Capítulo III: Metodología

3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo es de tipo aplicada, debido a que con sustento teórico se implementará la tecnología de Realidad Virtual inmersiva en el proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional de los trabajadores de la empresa Minera Antamina S.A. (Carrasco Díaz, 2005).

3.2. Nivel de investigación

La presente investigación corresponde al nivel explicativo, debido a que los trabajos explicativos tienen como finalidad determinar el origen de los hechos que se investigan y su estructura permite establecer los principios de los acontecimientos (Hernandez, Fernandez, & Baptista, 2014).

3.3. Diseño de investigación

La investigación es de diseño cuasi experimental en vista de que se estudiará el proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional tradicional de los trabajadores de la empresa minera antes de la intervención del aplicativo y posterior a esta, así mismo la evaluación pre y post se realizó al mismo grupo de estudio, obteniendo resultados que involucren la mejora o no del aplicativo (Canahuire, Endara, & Morante, 2015).

3.4. Población de la investigación

3.4.1. Población

La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común, la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación (Canahuire et al 2015).

En la empresa minera Antamina cuenta con 2,759 trabajadores directos y además aproximadamente 3,329 socios estratégicos, haciendo un total de 6,088 trabajadores.



La población para la siguiente investigación estará conformada por el total de trabajadores capacitados en los últimos tres meses en temas de seguridad y salud ocupacional de la empresa minera Antamina S.A.

3.4.2. Muestra

El muestreo fue elegido mediante el método no probabilístico, muestreo intencional o de conveniencia. Debido a que este tipo de muestreo se caracteriza por un esfuerzo deliberado de obtener muestras representativas mediante la inclusión en la muestra de grupos supuestamente típicos.

La muestra para la presente investigación estuvo conformada por 18 trabajadores de la empresa minera Antamina, se seleccionó de manera directa e intencionadamente a los trabajadores a los que fue factible acceder, principalmente gerentes y directivos de las áreas de operaciones y seguridad y salud en el trabajo.

3.5. Técnica e instrumento de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas que se utilizaron para la recolección y tratamiento de los datos hacia la consecución de los objetivos de la presente investigación son los siguientes:

- **Encuesta**, se hace referencia a la técnica principal de recolección de datos cuantitativos, aplicable a la población objeto de la investigación de forma tal que se verifique el comportamiento de las variables.
- **Revisión documentaria**, existen diversidad de documentos elaborados, boletines informativos, entre otros considerados como fuente secundaria dentro de la investigación.



3.5.2. Instrumento de recolección de datos

- **Cuestionario**, documento con un conjunto de preguntas o ítems que midan el comportamiento de las variables de estudio pre y post aplicación de la realidad virtual inmersiva.
- **Fuentes de información**, tales como reportes de accidentes e incidentes; reportes de comportamiento seguros e inseguros de los diversos procedimientos y distribución de registros en Ellipse, alcanzados por la Vicepresidencia de Salud, Seguridad Industrial y Medio Ambiente de la empresa Minera Antamina S.A.

3.6. Procesamiento de análisis de datos

Para el procesamiento de datos se utilizarán diversos programas estadísticos, ya que facilitan realizar cuadros y pruebas estadísticas como:

- Excel, versión 2016.
- SPSS, versión 25
- Word, versión 2016, para la información secundaria de carácter bibliográfico.
- Otros.

Capítulo IV: Diagnóstico y análisis de resultados

4.1. Minería en el Perú

4.1.1. Indicadores económicos mineros

En el año 2017, los indicadores económicos del sector minería mostraron cambios de tendencia significativos.

Desde el 2014 al 2017, la producción de la minería metálica se expandió en 55% como muestra el índice del PBI minero. Esto se debió principalmente a la explotación de nuevas minas de cobre como Antapaccay, Constancia, Toromocho y la ampliación de Cerro Verde y Las Bambas. Sin embargo, para los años venideros se espera un crecimiento moderado esto debido a los plazos de maduración para nuevos proyectos mineros. Es por ello que, el escenario del 2017 en adelante es el de una producción minera con cambios más modestos, tal como sucedió del 2006 al 2013. En efecto, de acuerdo al Marco Macroeconómico Multianual presentado en agosto, la minería metálica crecerá 5.5% este año, 4.1% el 2018, 1.4% el 2019, 2.1% el 2020 y 2.9% el 2021 (el promedio del período 2018-2021 sería de 2.6%) (CoperAcción, 2017).

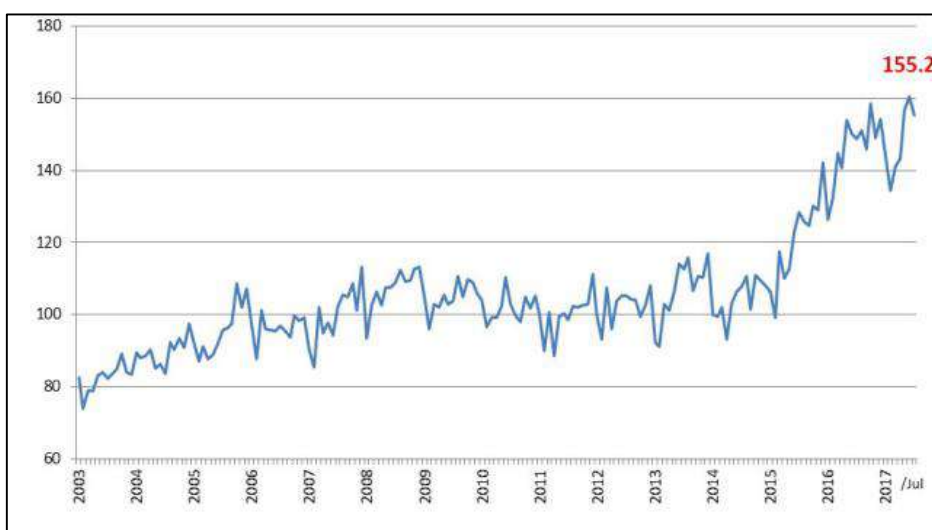


Figura 3. Índice PBI Minero (Base 2007= 100)

Fuente: CoperAcción (2017)

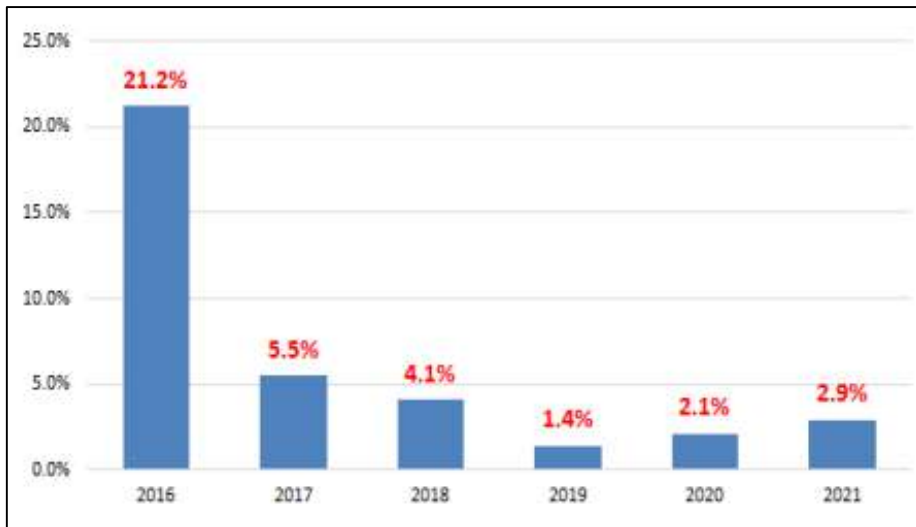


Figura 4. Crecimiento del PBI - Minería metálica

Fuente: CoperAcción (2017)

A nivel nacional, el reporte de producción del INEI muestra que en el mes de julio la economía llegó a un incremento de 1.55% después de estar sobre el 3% los dos meses anteriores. Por otro lado, las proyecciones del BCRP indican que el PBI crecería en 2.8% hasta finales del 2017. En julio los sectores de la economía que mostraron un mayor desempeño positivo fueron Agropecuario, Otros Servicios Telecomunicaciones, Derechos de Importación, Minería e Hidrocarburos, Construcción, en ese orden. Por su parte, registraron una importante contracción los sectores Manufactura y Pesca. El subsector minero creció en julio en 4.26%, aunque en términos acumulados registra un crecimiento de 3.79% en lo que va del año. Por su parte, el sector hidrocarburos decreció en -11.02% en julio (CoperAcción, 2017).

4.1.2. Análisis Estadístico de Seguridad en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería – 2017.

a. Accidentes Mortales por Empresa Titular y Contratista Minero (Periodo 2007 / 2018)

Las 3 primeras causas de los accidentes mortales (víctimas) que ocasionaron los 23 accidentes mortales de 2018, de acuerdo a la clasificación según tipo fueron: choques contra o atrapado en golpes por vehículo motorizado (tránsito vehicular) que representa el 30.4% del total de accidentes del año, desprendimiento de rocas representa el 21.7% del total y exposición a, o contacto por inhalación con gases tóxicos/asfixiantes (ventilación deficiente) equivalente al 17.4%, los que suman 16 accidentes mortales que representa el 69.5% del total de los 7 tipos de accidentes.

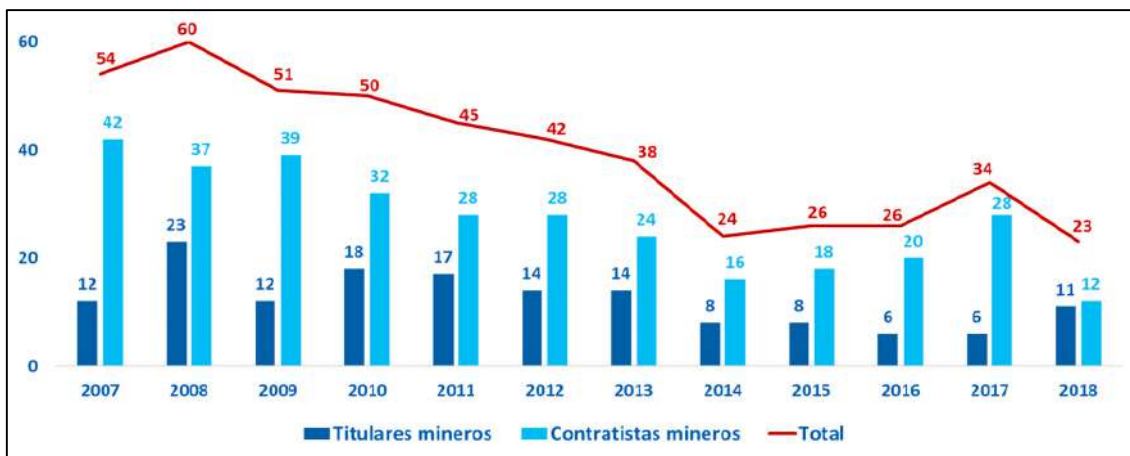


Figura 5. Víctimas mortales por titular minero y contratista minero (Periodo 2007 - 2018)

Fuente: Osinergmin (2018)

El personal que presenta mayor número de accidentes mortales sigue siendo como los años anteriores de 0 a 1 año de servicios que representa el 52.2% del total registrado. El puesto de trabajo más expuesto a accidentes mortales es el perforista y los ayudantes/otros con 17.4% cada uno.

Asimismo el resumen de los índices de frecuencia, severidad y accidentabilidad de la mediana y gran minería (metálicas, no metálicas y proyectos de exploración), tiene como fuente las estadísticas registradas por la Dirección General de Minería del Ministerio de Energía y Minas – MEM al mes de diciembre de 2018 y se muestra:



Figura 6. Índice de frecuencia

Fuente: Osinergmin (2018)



Figura 7. Índice de severidad

Fuente: Osinergmin (2018)

De acuerdo a la clasificación de la ocurrencia de accidentes por estratos, durante el año 2018 han ocurrido 13 víctimas en la gran minería y 10 en la mediana minería, parámetro que nos indica la disminución comparado con los últimos once años (2007 – 2017). Del análisis del reporte de 23 accidentes mortales el mayor número de accidentes mortales corresponden al personal de las empresas contratistas mineras que representa el 52.2% y al personal del titular minero representa el 47.8%.

En resumen, el análisis anterior indica que el personal de los contratistas tiene mayor probabilidad de accidentarse, que el personal de los titulares mineros.

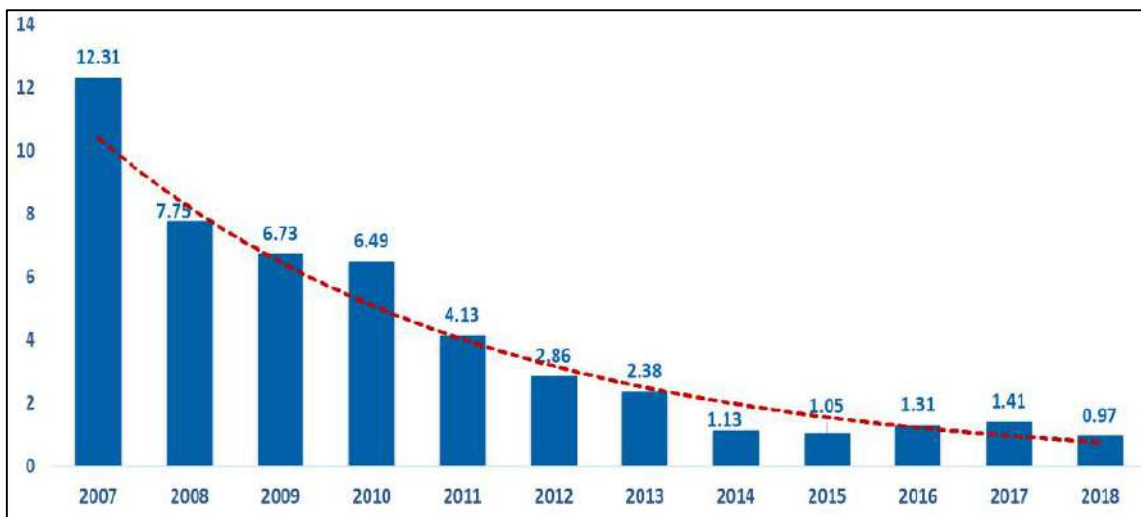


Figura 8. Índice de accidentabilidad

Fuente: Osinergmin (2018)

4.1.3. Antamina en la historia

La palabra quechua «anta» significa cobre y da origen a “Antamina”, o mina de cobre. Desde los tiempos de la Cultura Chavín, los hombres del antiguo Perú ya conocían las propiedades de este mineral y lo utilizaban con fines religiosos. Los trabajos en metales eran utilizados para comunicar sus creencias, pues los motivos eran complejos símbolos religiosos.

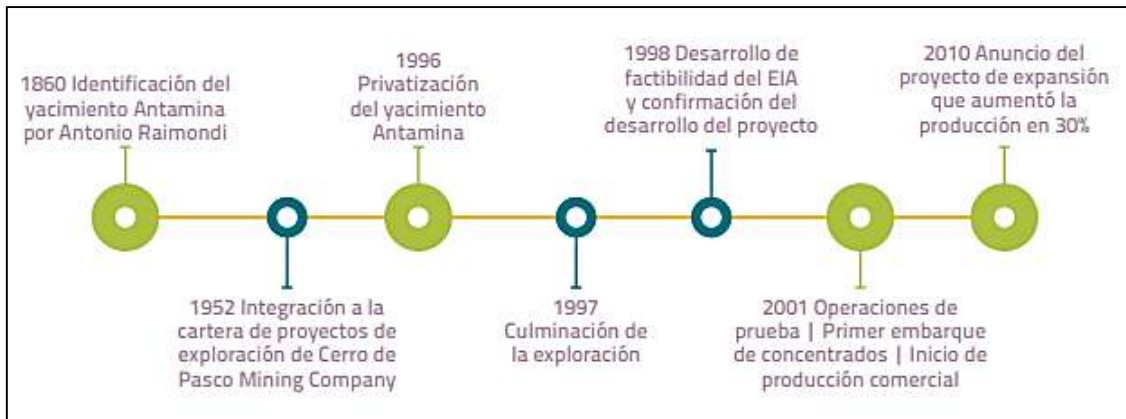


Figura 9. Historia de Antamina

Fuente: Compañía Minera Antamina S.A. (2018)

En 1860, el italiano Antonio Raimondi, escribió acerca del yacimiento minero Antamina, en su representativa obra *El Perú*, la cual se publicó en seis tomos entre el año 1874 y 1913. Posteriormente dicho yacimiento quedó en el olvido por muchas décadas hasta el año 1952 que fue cuando la empresa Cerro de Pasco Mining consideró el yacimiento dentro de su cartera de proyectos. Así pues en los setenta, Antamina pasó a manos del estado hasta 1996. Que fue cuando se inició como Compañía Minera Antamina S.A. Después de un largo proceso de exploración el 28 de mayo del 2001 se iniciaron las operaciones de prueba, y así el 1 de octubre del 2001 se empezó a producir y comercializar los concentrados de cobre y zinc (Compañía Minera Antamina S.A., 2018).

4.1.4. **Ámbito de la influencia operativa**

Ventas netas en el 2017: US\$3,495,133,311.88

Antamina contribuye activamente al desarrollo de toda el Área de Influencia Operativa (AIO), abarcando 6 provincias y 20 distritos, con una población de más de 115,000 habitantes.

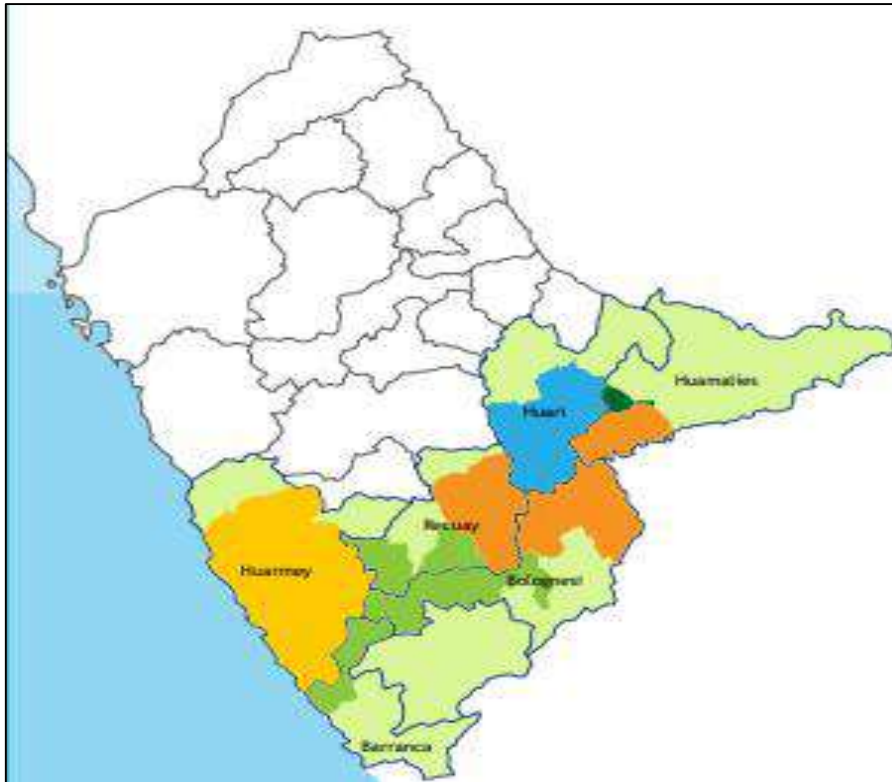


Figura 10. Ámbito de influencia
 Fuente: Compañía Minera Antamina S.A. (2018)

Tabla 3
 Ámbito de influencia

Unidad de Gestión Territorial (UGT)	Provincia	Distrito
UGT Mina San Marcos	Huari - Ancash	San Marcos Chavin de Huántar Huachis San Pedro de Chaná
UGT Llata Puños	Huamallies - Huánuco	Llata Puños
UGT Huallanca	Bolognesi	Huallanca Aquía Chiquián
UGT del Valle Fortaleza	Bolognesi	Cajacay Antonio Raimondi Colquioc Huallacayán
	Recuay	Cátac Pampas Chico Marca Llaclín Pararín
	Barranca - Lima	Paramonga (Zona Rural)
UGT Huarmey	Huarmey	Huarmey

Fuente: Compañía Minera Antamina S.A. (2018)



4.1.5. Marco estratégico

a. Misión

“Logramos resultados extraordinarios y predecibles en salud y seguridad, medio ambiente, relaciones comunitarias, calidad y eficiencia, con el compromiso, participación y liderazgo de nuestra gente” (Compañía Minera Antamina S.A., 2018).

b. Visión

“Ejemplo peruano de excelencia minera en el mundo. Extraordinarios líderes transformando retos en éxitos. ¡Trabajando por el desarrollo del mañana...ahora!” (Compañía Minera Antamina S.A., 2018).

c. Valores

- Salud y seguridad industrial: Asumimos la salud y la seguridad industrial en todas nuestras acciones y decisiones, protegiendo proactivamente a las personas y a la propiedad.
- Integridad: Somos nuestra palabra, honramos nuestros compromisos y cumplimos con las leyes y las políticas corporativas.
- Responsabilidad: Somos responsables de nuestros actos y sus consecuencias y de la administración eficiente de los recursos, operando con responsabilidad social y ambiental, promoviendo el desarrollo sostenible.
- Respeto y reconocimiento: Reconocemos los logros de cada uno, respetando las tradiciones y promovemos una cultura donde las ideas y contribuciones se valoran.
- Aprendizaje continuo: Promovemos una cultura de aprendizaje y mejora continua para nuestro equipo, socios estratégicos, clientes e industria, optimizando los procesos y el uso de la tecnología.

4.1.6. Organización de la empresa

En lo más alto de la jerarquía, se encuentra la Junta General de Accionistas, la cual delega en el Directorio la gestión estratégica de la compañía. Así mismo cuenta con un directorio, constituido por nueve miembros titulares los cuales cuentan con nueve miembros alternos, y estos representan a los accionistas que son: International AG, Teck Metals, BHP Billiton Marketing AG y Mitsubishi Corporation RtM International Pte Ltd.). El cargo de presidente de este órgano se renueva anualmente (Compañía Minera Antamina S.A., 2018).

Las reuniones del directorio son trimestrales, pero también se dan sesiones no presenciales cuando existen temas de urgencia a discutir y aprobar.

La organización ejecutiva está liderada por el presidente & CEO y en 2017 tuvo la siguiente estructura:

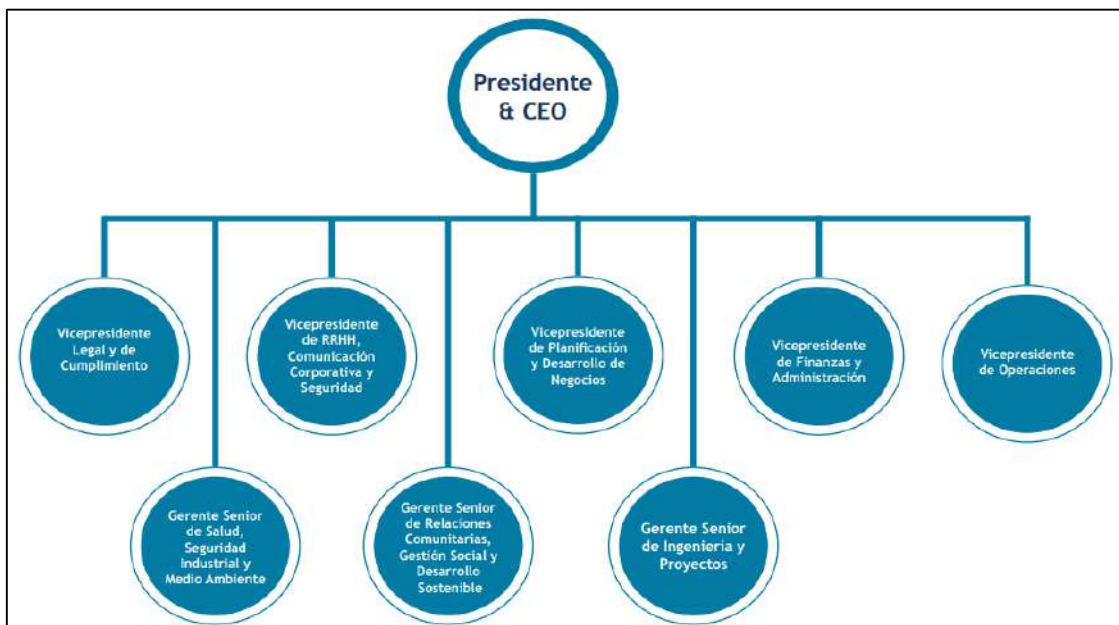


Figura 11. Organigrama general de la empresa Antamina S.A.

Fuente: Compañía Minera Antamina S.A. (2018)

Para la Compañía es muy importante la formación, capacitación y el cuidado de los colaboradores, antes que la producción o la comercialización del mineral extraído, consideran como lo más importante al capital humano, es por ello que en retribución al trabajo la empresa se preocupa por darles condiciones de trabajo optimas, así como un adecuado clima laboral, y estímulo de desarrollo integral personal y profesional. La compañía minera cuenta con 2,759 colaboradores directos (762 empleados y 1,997 operarios), además de aproximadamente 3,329 socios estratégicos que se desempeñan en sus distintas áreas operativas y en una amplia zona de influencia (Compañía Minera Antamina S.A., 2018).

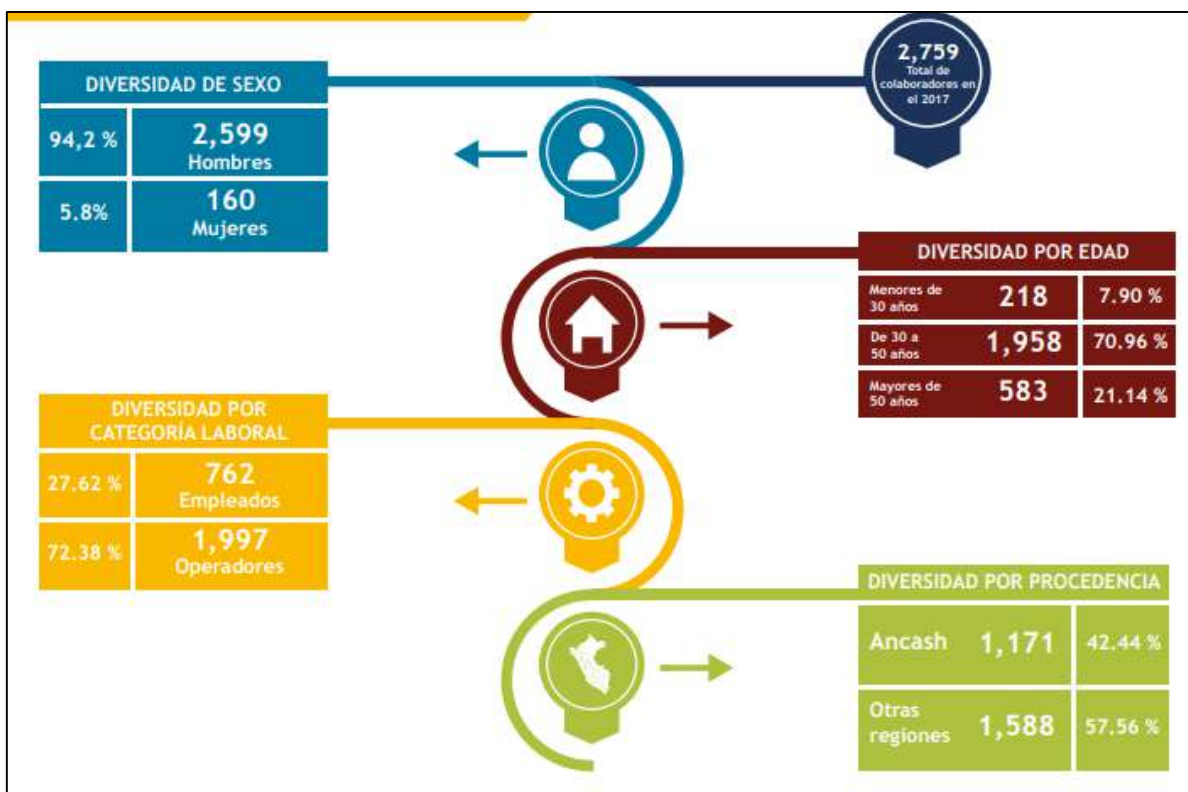


Figura 12. Diversidad de trabajadores
Fuente: Compañía Minera Antamina S.A. (2018)

4.1.7. Proceso productivo

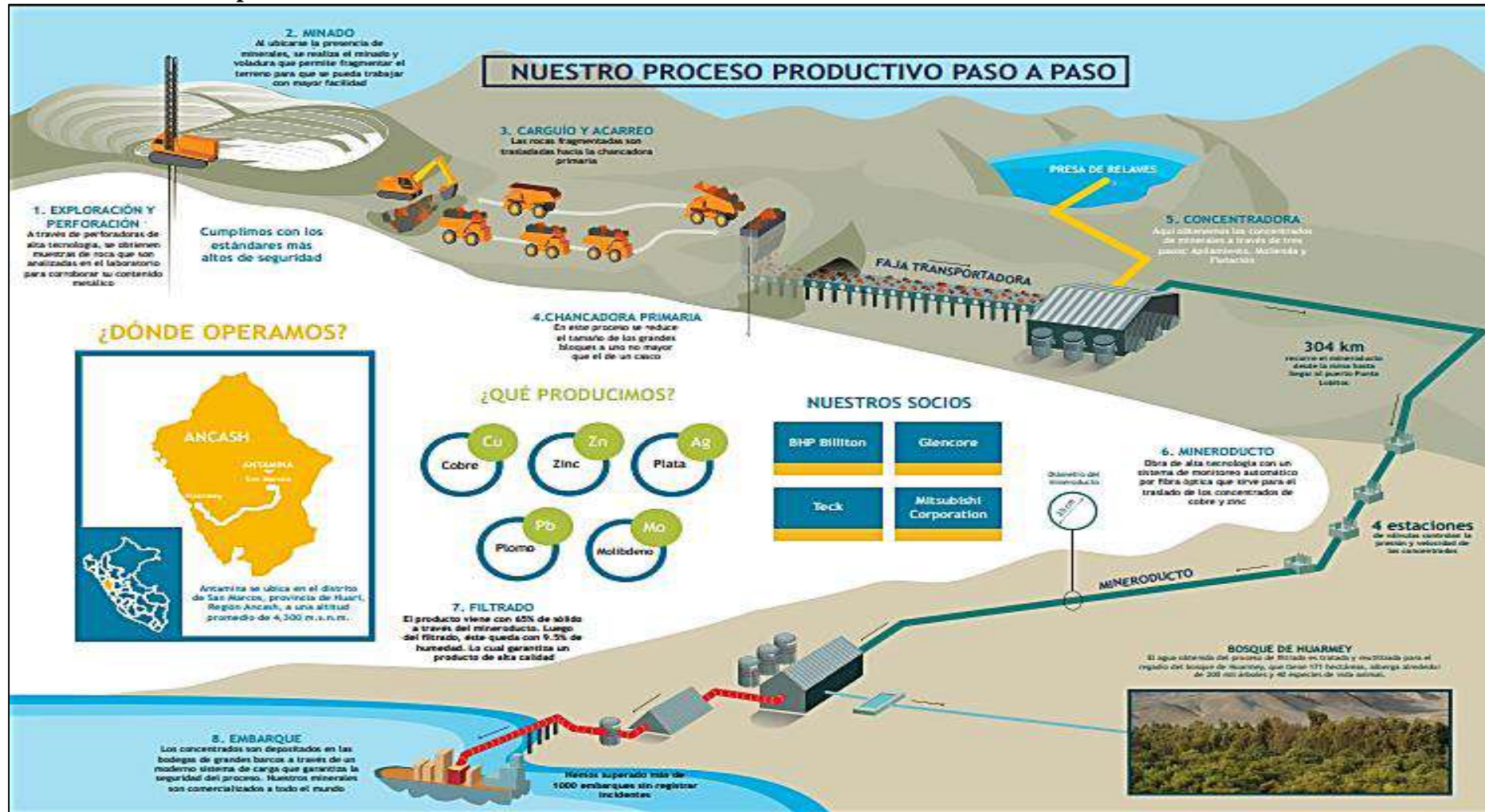


Figura 13. Proceso productivo
Fuente: Compañía Minera Antamina S.A. (2018)

Tabla 4

Diagrama de flujo de proceso – Antamina

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO - ANTAMINA						
DIAGRAMA	ACTIVIDAD					
Objeto: analizar el proceso de producción	Operación	●				
Actividad:	Inspeccion	■				
Proceso productivo polimetálico	Transporte	➔				
Lugar: Minera Antamina Huari	Espera	◐				
	Almacenamiento	▼				
DESCRIPCION DE LAS OPERACIONES			DISTANCIA	TIEMPO (aprox.)	OBSERVACIONES	
Perforación	●					
Voladura	●					
Carguío	●			5"	Camiones mineros de 320 Toneladas	
Acarreo	●	➔	3.5–12 km	10"8'-36"	Desde palas hasta-chancadora primaria	
Chancado	●			15"	Se reduce el tamaño de la roca a 5"	
Transporte	●	➔	1.5 km	13"	A través de una faja subterránea	
Molienda	●			25"	Obtención de la pulpa	
Transporte	●	➔	500 m	4"	A través de una faja	
Flotación	●				Separación de cobre, zinc, plata, plomo y molibdeno	
Transporte	●	➔	304 km	46h	A través del minero ducto (cobre y zinc)	
Filtrado	●				Quedando solo con un 9.5 % de humedad	
Almacenamiento	●				Hasta la llegada del buque (4 veces por mes)	
Embarque	●					

Fuente: Elaboración propia - Compañía Minera Antamina S.A. (2018)

Nota: En el diagrama se muestra las operaciones, transporte y almacenamiento del proceso productivo de la empresa Minera Antamina.

4.2. Análisis de resultados

Para la obtención de resultados en el presente Trabajo de Investigación, se utilizó primeramente la observación y posteriormente para un mejor análisis la encuesta directa a los trabajadores de la empresa minera Antamina S.A.

4.2.1. Comportamientos Seguros e Inseguros de los trabajadores de la Compañía Minera de Antamina

Se hizo una evaluación a los comportamientos seguros e inseguros de los trabajadores de la empresa minera Antamina, la cual sirvió de línea de partida para el presente trabajo.

Tabla 5

Comportamientos seguros e inseguros de los trabajadores

COMPORTAMIENTOS IDENTIFICADOS EN (%)	%
Comportamientos Seguros	81%
Comportamientos Inseguros	19%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)

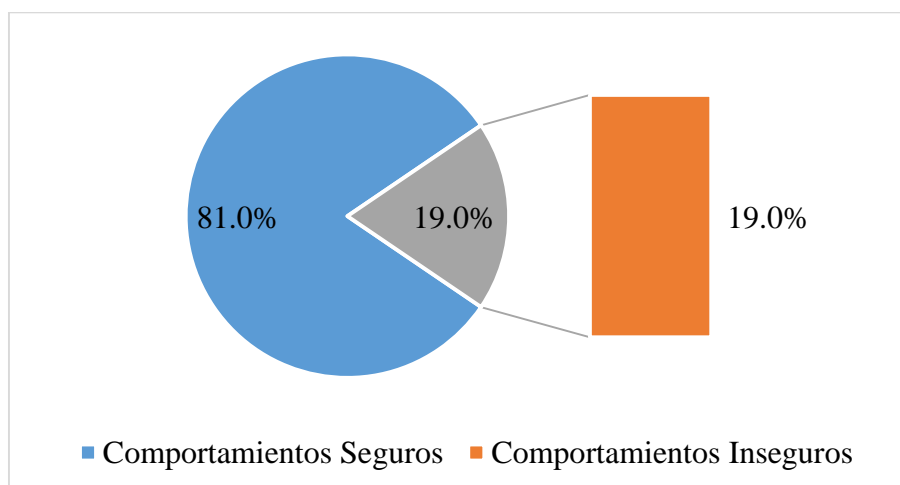


Figura 14. Comportamientos seguros e inseguros de s trabajadores

Fuente: Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A

En la figura 14, se observa el comportamiento seguro e inseguro identificado en los trabajadores de la Compañía Minera de Antamina, donde el 85% presenta un comportamiento seguro y solo un 19% presenta un comportamiento inseguro.

Tabla 6

Total porcentual de comportamientos seguros e inseguros de los trabajadores, determinados por Categorías generales, de la compañía Minera de Antamina

Situación	Inseguro	Seguro
Postura del cuerpo	33%	67%
Equipos de Protección personal	11%	89%
Herramientas y Equipos	21%	79%
Eléctrico	22%	78%
Prevención y protección contra caídas	21%	79%
Medio Ambiente - Salud - Higiene - Seguridad Industrial	38%	62%
Maniobras de Izamiento	2%	78%

Fuente: Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.

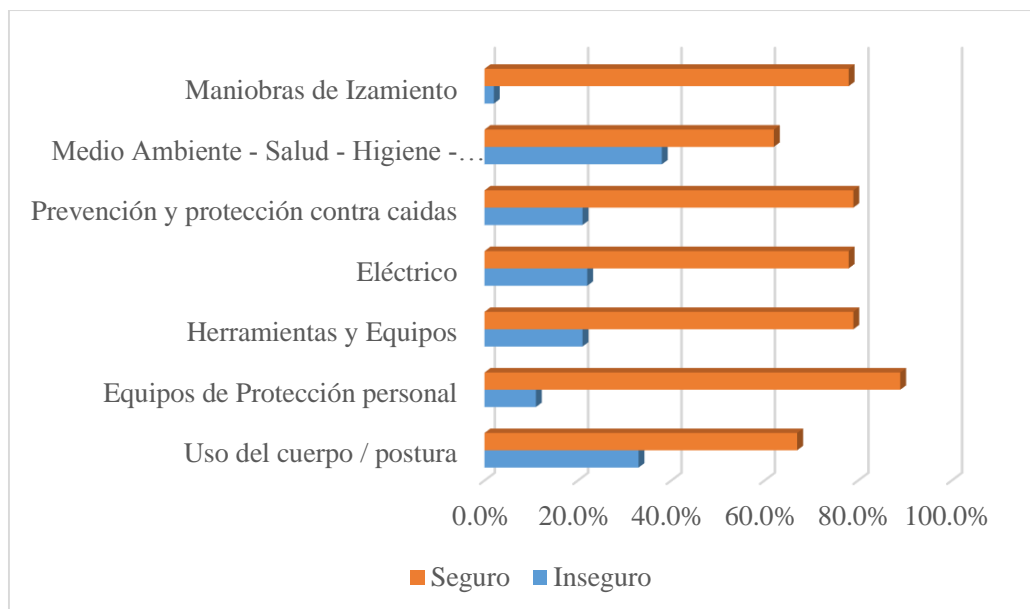


Figura 15. Total porcentual de comportamientos seguros e inseguros de los trabajadores, determinados por Categorías generales, de la compañía Minera de Antamina

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)



En la figura 15, se observa el total porcentual de comportamientos seguros e inseguros de los trabajadores, determinados por Categorías generales, de la compañía Minera de Antamina; donde debido a los múltiples estudios que han abordado la accidentalidad laboral, motivados por su condición de “multicausalidad”, buscando explicar las condiciones suficientes y necesarias para que ocurran las lesiones, los incidentes y/o los accidentes laborales, se tiene que:

Para uso del cuerpo / postura se ha determinado un 33% de condiciones inseguras y un 67% de condiciones seguras en los trabajadores de la empresa Minera Antamina S.A; para equipos de protección personal se tiene como un 11% de condiciones inseguras y 89% como condiciones seguras; para herramientas y equipos se tiene un 21% como condiciones inseguras y en un 79% como condiciones seguras; para eléctrico se tiene un 22% como condiciones inseguras y 78% como condiciones seguras; para prevención y protección contra caídas se tiene un alto nivel como condiciones inseguras (21%) y un 79% como condiciones seguras; para medio ambiente - salud - higiene - seguridad industrial se tiene como condiciones inseguras (38%) y como condiciones seguras con un 62% y finalmente para las maniobras de Izamiento se tiene como condiciones inseguras con un 2% y condiciones seguras como un 78%.

Tabla 7

Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría uso del cuerpo /postura, de la Compañía Minera de Antamina.

Categoría "Uso del Cuerpo y Postura"	Seguro	Inseguro
Camina la persona por un área libre, despejada que no represente peligro.	70.2%	29.8%
Sube o baja por una escalera usa los tres puntos de apoyo y un peldaño a la vez	43.3%	56.7%
Los trabajos repetitivos o monótonos tienen pausas periódicas.	57.1%	42.9%
Trabaja sobre superficie estable.	81.4%	18.6%
Transporta correctamente las cargas manuales.	71.4%	28.6%
Guía o soporta cargas sin exponer parte del cuerpo	80.0%	20.0%
El cuerpo está ubicado de manera que evita ser atrapado, golpeado o entrar en contacto con algún equipo, herramienta, o algo que pudiera causarle lesión en caso que se suelte, caiga o resbale	66.7%	33.3%
Mientras realiza trabajos críticos (o sube o desciende escaleras) no habla por celular ni realiza otras tareas que distraigan su atención.	64.3%	35.7%
Existen trabajos simultáneos (e la horizontal y vertical) sin riesgos para ambas partes.	100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)

En la figura 16, se observa el total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría uso del cuerpo /postura, de la Compañía Minera de Antamina; donde buscando explicar las condiciones suficientes y necesarias para que ocurran las lesiones, los incidentes y/o los accidentes laborales, se tiene que:

Para camina la persona por un área libre, despejada que no represente peligro, se tiene que un 70.2% de condiciones seguras y un 29.8% inseguras; para sube o baja por una escalera usa los tres puntos de apoyo y un peldaño a la vez, se tiene un 43.3% de condiciones seguras y 56.7% inseguras.

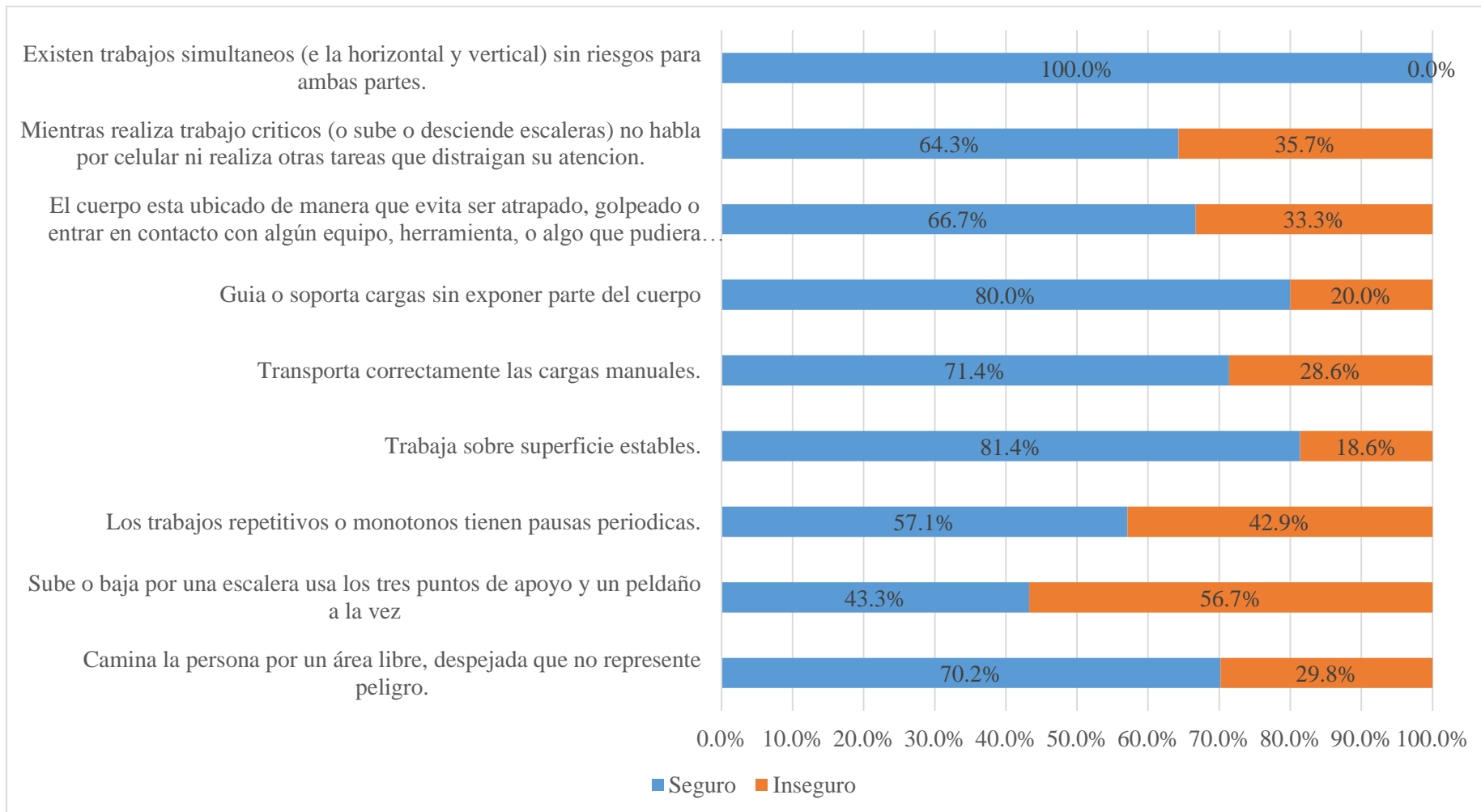


Figura 16. Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría uso del cuerpo /postura, de la Compañía Minera de Antamina.

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)



Asimismo para los trabajos repetitivos o monótonos tienen pausas periódicas se tiene un 57.1% de condiciones de seguridad y 42.9% de inseguridad; para trabaja sobre superficie estable se tiene un 81.4% de condiciones seguras y 18.6% de inseguridad; para transporta correctamente las cargas manuales se tiene un 71.4% de condiciones seguras y un 28.6% de condiciones inseguras; para guía o soporta cargas sin exponer parte del cuerpo se tiene un 80.0% de condiciones seguras y 20.0% de condiciones inseguras; para el cuerpo está ubicado de manera que evita ser atrapado, golpeado o entrar en contacto con algún equipo, herramienta, o algo que pudiera causarle lesión en caso que se suelte, caiga o resbale se tiene un 66.7% de condiciones seguras y un 33.3% de condiciones inseguras; para mientras realiza trabajo críticos (o sube o desciende escaleras) no habla por celular ni realiza otras tareas que distraigan su atención se tiene un 64.3% de condiciones seguras y 35.7% de condiciones inseguras y finalmente para existen trabajos simultáneos (e la horizontal y vertical) sin riesgos para ambas partes se tiene un 100.0% de seguridad.



Tabla 8

Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría de equipos de protección personal, de la Compañía Minera Antamina

Categoría: "Equipo de Protección Personal"	Seguro	Inseguro
Uso protección de cabeza	98.1%	1.9%
Uso barbiqueo en trabajos en altura u otros	86.2%	13.8%
Usa protección en ojos y cara	87.9%	12.1%
Usa de lentes claros cuando la luz solar ya no es suficiente y en recintos cerrados	89.5%	10.5%
Usa protección de manos apropiados para la tarea.	84.5%	15.5%
Usa protección respiratoria cuando es necesario	75.0%	25.0%
Usa protección para su cuerpo al momento de hacer su trabajo	78.0%	22.0%
Usa protección auditiva para hacer su trabajo	100.0%	0.0%
Usa doble protección, cuando es necesario de acuerdo al trabajo a realizar	85.7%	14.3%
Usa zapatos de seguridad apropiado a la tarea	100.0%	0.0%
Usa protección metatarsal en actividades de compactación	98.4%	1.6%
Usa chalecos reflectivos en área de tránsito de vehículos y equipos y/o trabajos nocturnos	94.7%	5.3%
Cuenta con EPP apropiado para trabajar en lluvias.	100.0%	0.0%
Usa en todo momento el chaleco salvavidas cuando existe riesgo de caídas al agua	100.0%	0.0%

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)

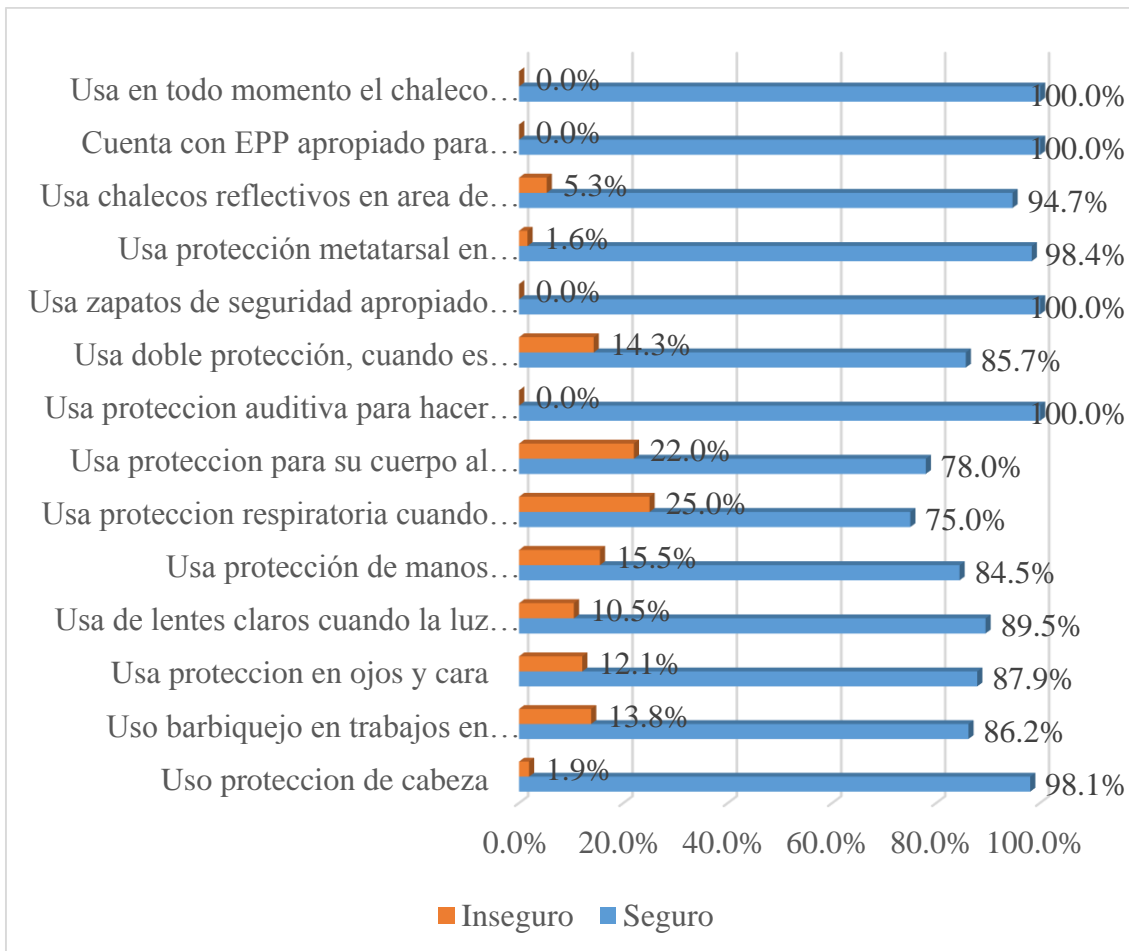


Figura 17. Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría de equipos de protección personal, de la Compañía Minera Antamina
 Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)

En la figura 17, se observa el total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría de equipos de protección personal, de la Compañía Minera Antamina; donde buscando explicar las condiciones suficientes y necesarias para que ocurran las lesiones, los incidentes y/o los accidentes laborales, se tiene que:

Para uso protección de cabeza se tiene que un 98.1% de condiciones seguras y un 1.9% inseguras; para uso barbiquejo en trabajos en altura u otros se tiene un 86.2% de condiciones seguras y 13.8% inseguras; para usa protección en ojos y cara se tiene un 87.9% de condiciones seguras y 12.1% inseguras; para usa de lentes claros cuando la luz solar ya no es suficiente y en recintos cerrados se tiene un 89.5% de condiciones seguras



y 10.5% inseguras; para usa protección de manos apropiados para la tarea se tiene un 84.5% de condiciones seguras y 15.5% de condiciones inseguras; para usa protección respiratoria cuando es necesario se tiene un 75.0% de condiciones seguras y 25.0% de condiciones inseguras.

Asimismo para usa protección para su cuerpo al momento de hacer su trabajo se tiene un 78.0% de condiciones seguras y 22.0% de condiciones inseguras; para usa protección auditiva para hacer su trabajo se tiene un 100.0% de condiciones seguras; para usa doble protección, cuando es necesario de acuerdo al trabajo a realizar se tiene un 85.7% de condiciones seguras y un 14.3% de condiciones inseguras; para usa zapatos de seguridad apropiado a la tarea se tiene un 100.0% de condiciones seguras y para usa protección metatarsal en actividades de compactación se tiene un 98.4% de condiciones seguras y un 1.6% de condiciones inseguras.

Tabla 9

Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría de medio ambiente – salud – seguridad industrial, de la Compañía Minera Antamina

Categoría: "MA - Salud - Higiene - Seguridad"	Seguro	Inseguro
Mantiene el área de trabajo limpia y ordenada	52.0%	48.00%
Las maderas son almacenadas en lugares apropiados y sin clavos.	33.3%	66.70%
Solo personal autorizado manipula los residuos y/o productos químicos	0.0%	100.00%
Cuando se está manipulando productos químicos, está en el lugar el MSDS y el personal lo conoce	50.0%	50.00%
Usa recipientes con sustancias químicas debidamente rotulados.	100.0%	0.00%
No usa joyas, cabello o ropa suelta que representan un peligro durante el trabajo	83.3%	16.70%
Realiza un Toma DOCE, AST, PETS o permiso para la tarea que está ejecutando.	62.5%	37.50%
Realiza trabajos críticos en compañía de una persona.	100.0%	0.00%
Cuenta con medios de comunicación o evacuación en actividades en áreas remotas o nocturnas	100.0%	0.00%

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)

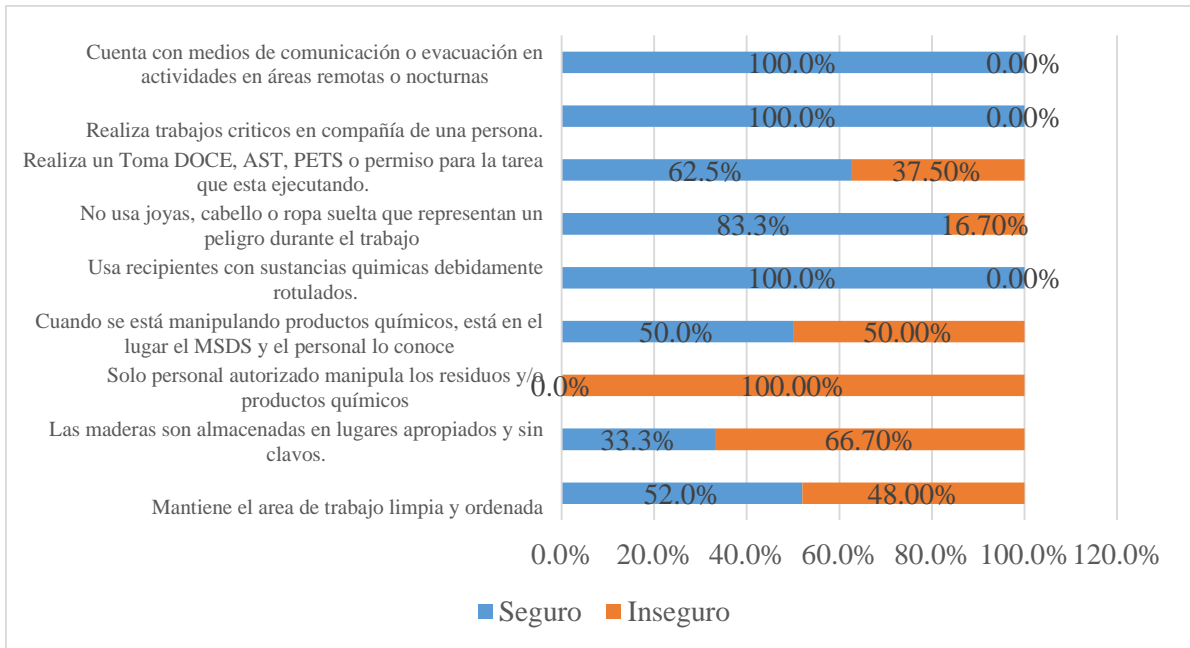


Figura 18. Total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría de medio ambiente – salud – seguridad industrial, de la Compañía Minera Antamina.

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)

En la figura 18, se observa el total porcentual de comportamientos de los trabajadores, determinados en la categoría de medio ambiente – salud – seguridad industrial, de la Compañía Minera Antamina; donde buscando explicar las condiciones suficientes y necesarias para que ocurran las lesiones, los incidentes y/o los accidentes laborales, se tiene que:

Para mantiene el área de trabajo limpia y ordenada se tiene un 52.0% de condiciones seguras y 48.00% de condiciones inseguras; para las maderas son almacenadas en lugares apropiados y sin clavos se tiene un 33.3% de condiciones seguras y un 66.70% de condiciones inseguras; para solo personal autorizado manipula los residuos y/o productos químicos se tiene un 0.0% de condiciones seguras y un 100.00% de condiciones inseguras; para cuando se está manipulando productos químicos, está en el lugar el MSDS y el personal lo conoce se tiene un 50.0% de condiciones seguras y un 50.00% de condiciones inseguras; para usa recipientes con sustancias químicas debidamente rotulados se tiene un 100.0% de condiciones seguras.



Para no usa joyas, cabello o ropa suelta que representan un peligro durante el trabajo se tiene 83.3% de condiciones seguras y un 16.70% de condiciones seguras; para realiza un Toma DOCE, AST, PETS o permiso para la tarea que está ejecutando se tiene un 62.5% de condiciones seguras y un 37.50% condiciones inseguras; finalmente para realiza trabajos críticos en compañía de una persona se tiene un 100.0% de condiciones seguras.

Tabla 10

Total, porcentual de los obstáculos posibles para los comportamientos riesgosos de los trabajadores, de la Compañía Minera de Antamina

RESUMEN TOTAL DE OBSTÁCULOS	%
No está consciente del riesgo	32.0%
Distraído Procedimiento	16.0%
No hay control / supervisión	14.0%
No ha estado de acuerdo que es riesgo Instrucción no claras	10.0%
Entrenamiento inadecuado	8.0%
Presión del tiempo	4.0%
No se encuentra disponible	4.0%
Condición de equipo/ instalación	3.0%
No es cómodo	2.0%
No ha cambiado / malas condiciones	2.0%
Falta de motivación	2.0%
No quiere	1.0%
Falta de experiencia	1.0%
Fatiga y Somnolencia	1.0%
Presión de la supervisión	0.0%
Otro (especifique)	0.0%

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)

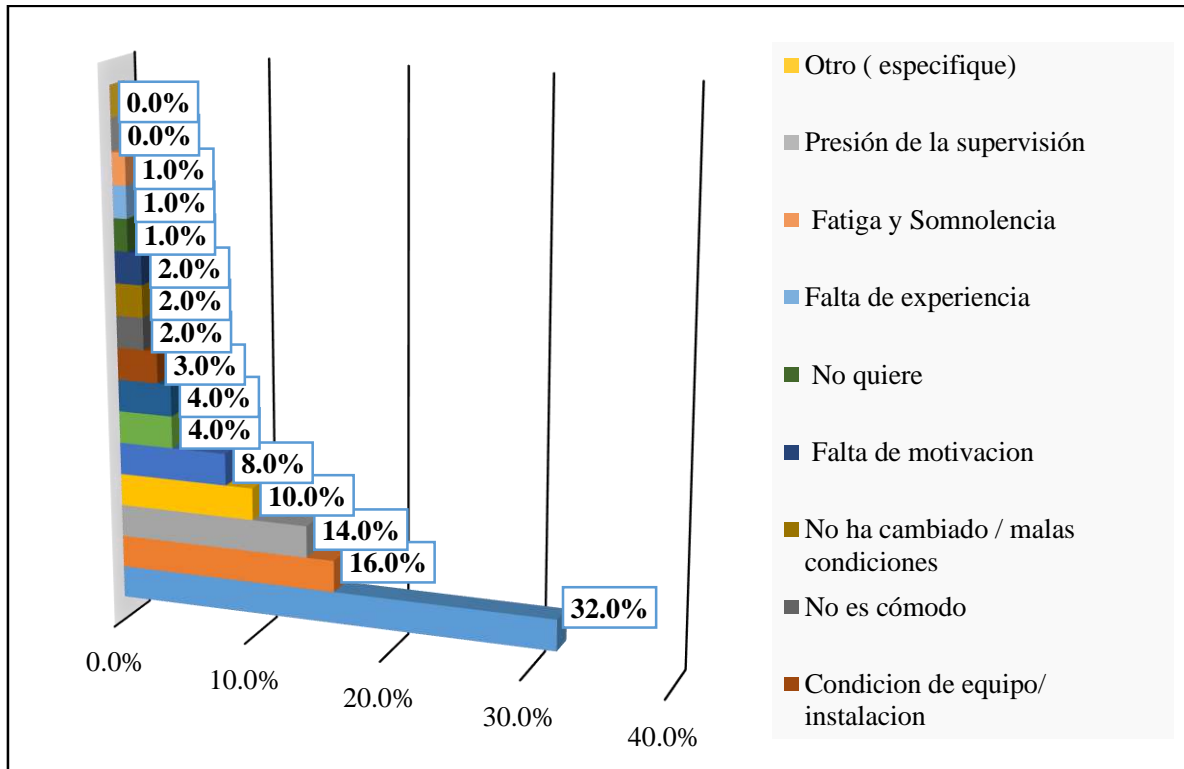


Figura 19. Total porcentual de los obstáculos posibles para los comportamientos riesgosos de los trabajadores, de la Compañía Minera de Antamina

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)

En la figura 19, se observa el Total porcentual de los obstáculos posibles para los comportamientos riesgosos de los trabajadores, de la Compañía Minera de Antamina; donde se tiene que:

Los trabajadores están expuestos en mayor medida a diferentes obstáculos riesgosos debido a que no están conscientes del riesgo (32 %); están distraídos (16%); desconocen los procedimientos (14 %) y debido a la falta de control y Supervisión (10%).

Asimismo, respecto a las partes del cuerpo de los trabajadores expuestos a lesión o afectados en comportamientos riesgosos, de la Compañía Minera Antamina se tiene:

Tabla 11

Total porcentual de las partes del cuerpo de los trabajadores expuestos a lesión o afectados en comportamientos riesgosos, de la Compañía Minera Antamina.

Parte del cuerpo expuesto	%
Cuerpo Entero	54.0%
Manos	16.0%
Dedos	9.0%
Sistema Respiratorio	7.0%
Ojos	3.0%
Cabeza	2.0%
Piernas	2.0%
Boca	2.0%
Pies	2.0%
Oídos	1.0%
Hombros	1.0%
Pecho	1.0%
Espalda	0.0%
Cara	0.0%
Brazo	0.0%

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)

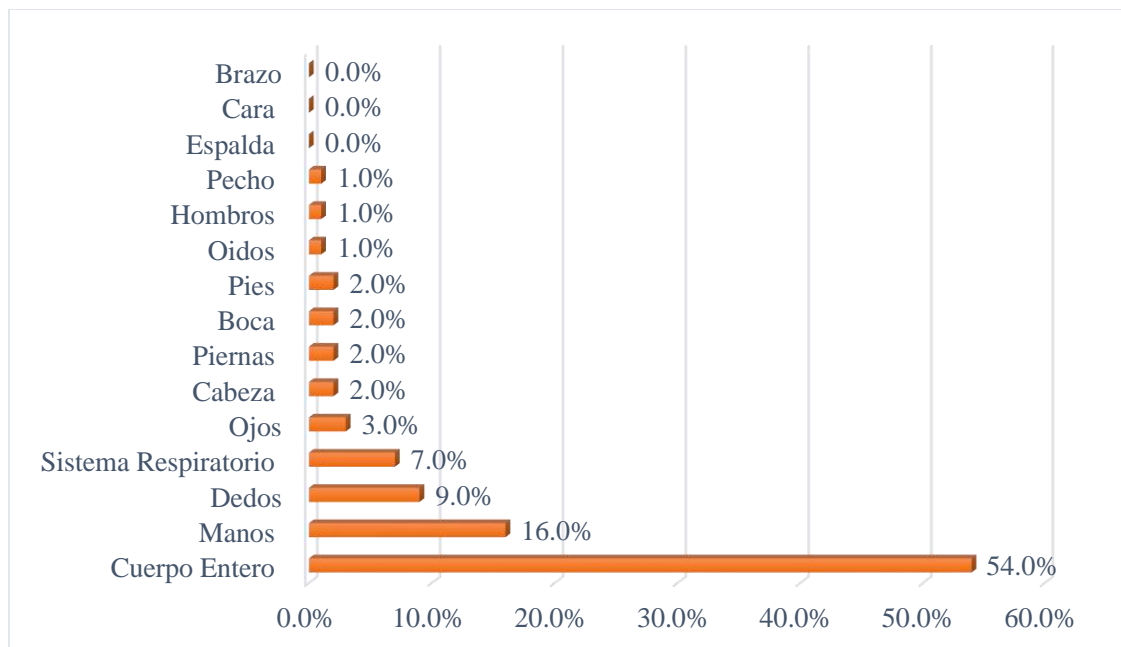


Figura 20. Total porcentual de las partes del cuerpo de los trabajadores expuestos a lesión o afectados en comportamientos riesgosos, de la Compañía Minera Antamina

Fuente: Elaboración propia (Área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A.)



Que los trabajadores exponen en mayor medida su cuerpo entero (54%), manos (16%), dedos (9%), sistema respiratorio (7%), ojos (3%) y cabeza, boca, piernas y pies en un 2%.

La inmensa mayoría de los peligros, riesgos y accidentes laborales, en las diferentes actividades mineras dependen fuertemente del ser humano. Así tenemos que los que constituyen riesgos de daño para el trabajador o para otros; o los que puedan generar efectos o consecuencias legales de salud.

4.2.2. Registros de incidentes y accidentes

Para recaudar esta información, se solicitó al área de salud, seguridad industrial y medio ambiente el informe anual de incidentes y accidentes hasta diciembre del 2018. (Anexo 7).

Tabla 12

Distribución de incidentes y accidentes por gerencia

Gerencia	Accidentes	Casi accidentes
Gerencia de comunicaciones	0.00%	0.00%
Gerencia de concentradora	8.84%	13.17%
Gerencia de geotecnia	0.08%	0.17%
Gerencia de gestión social	0.08%	3.07%
Gerencia de logística	2.47%	1.34%
Gerencia de mantenimiento	20.78%	32.35%
Gerencia de operaciones Mina	37.66%	20.10%
Gerencia de tierras y reasentamiento	0.00%	0.04%
Gerencia excelencia operaciones	0.08%	0.22%
Gerencia Ing. y proyectos	17.52%	18.06%
Gerencia salud Seg. Ind. & M. amb.	3.18%	2.77%
Gerencia Sis. Tel. y control de procesos	0.56%	0.39%
Presidencia	0.00%	0.17%
VP Planificación y desarrollo de negocios	3.50%	4.81%
VP RR.HH y Seguridad	5.25%	3.33%
Total general	100.00%	100.00%

Fuente. Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

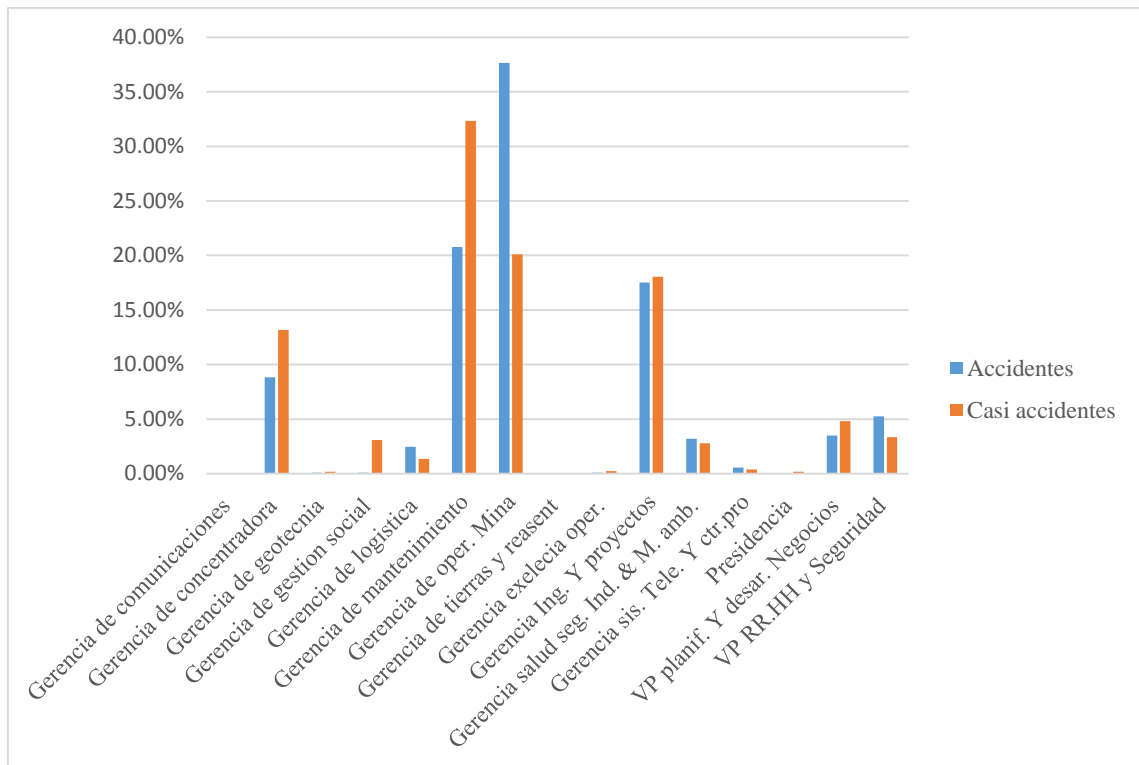


Figura 21. Distribución de incidentes y accidentes por gerencia - sin pérdida de proceso

Fuente: Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

En la figura 21, podemos apreciar, que el mayor porcentaje de accidentes en el año 2018, se registraron en la Gerencia de operaciones mina con una cifra de 38% del total de accidentes y para los casi accidentes un 20%, esto debido a que en esta gerencia se desarrollan las siete fases del proceso las cuales son: perforación y voladura, carguío y acarreo, chancado, molienda, flotación, transporte, filtrado, procesos en los cuales existen peligros y riesgos constantes. Así también la Gerencia de mantenimiento registra las cifras más altas de casi accidentes, con un 32% y 21% de accidentes, cabe resaltar que ambas gerencias realizan también los denominados trabajos de alto riesgo.

Tabla 13
Distribución de incidentes por mes

Meses	% de Incidentes
Enero	7.21%
Febrero	7.27%
Marzo	7.91%
Abril	9.12%
Mayo	8.19%
Junio	8.08%
Julio	8.61%
Agosto	8.75%
Septiembre	8.22%
Octubre	9.65%
Noviembre	9.00%
Diciembre	7.99%
Total general	100.00%

Fuente. Ellipse ERP - Vicepresidencia de salud, seguridad industrial y medio ambiente.

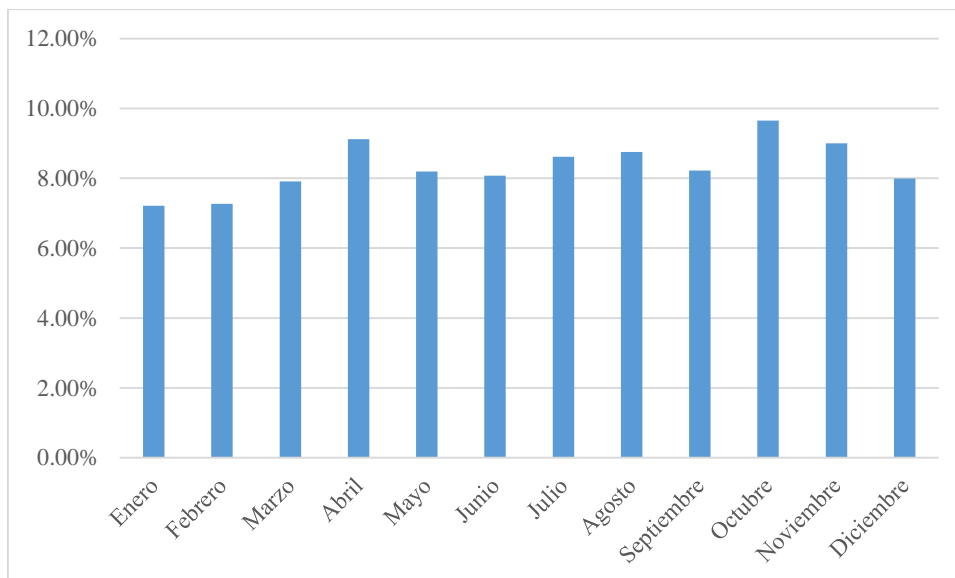


Figura 22. Distribución de incidentes por mes.

Fuente. Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

En la figura 22 podemos observar el porcentaje de incidentes distribuido en todos los meses del año 2018, con un rango entre el 7 y 9%.

Tabla 14

Condición de registro del incidente

Reporte	Incidente
Con reporte final	17.34%
Con reporte preliminar	51.63%
Registro cerrado	4.67%
Sin acciones correctivas	26.36%
Total general	100.00%

Fuente. Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

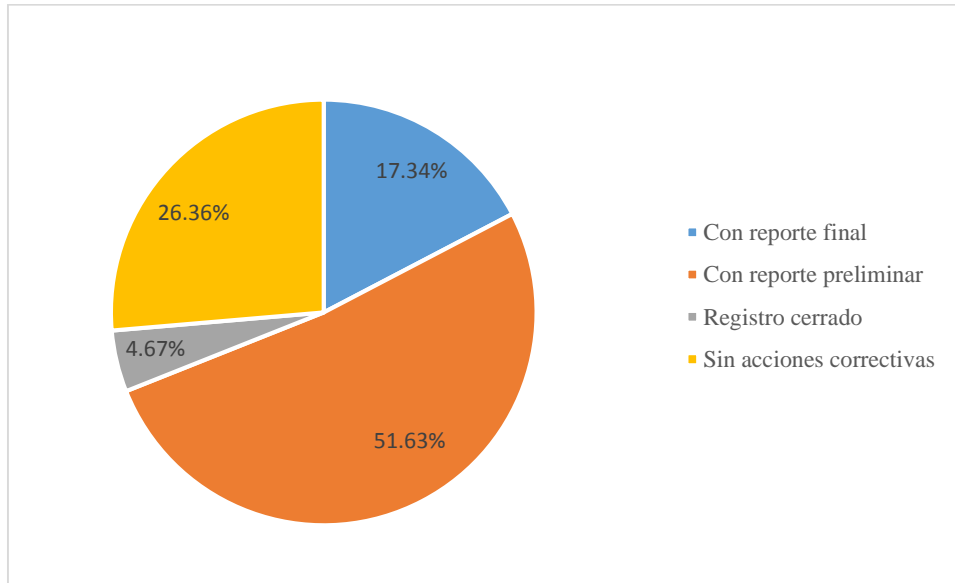


Figura 23. Condición de registro de incidente.

Fuente. Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente).

En la figura 23, en el gráfico de la torta, podemos observar que el 51.63% presenta una condición, con reporte preliminar, es decir quedo solo en el primer paso del proceso de reporte, así también se ve un 26% de reporte sin acciones correctivas, un 17% con reporte final y solo un 4.67% con registro cerrado.

Tabla 15

Clasificación de lesiones

Etiquetas de fila	Suma de Operaciones
Atención medica	10.00%
Primeros auxilios	85.86%
Tiempo perdido	4.14%
Total general	100.00%

Fuente. Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

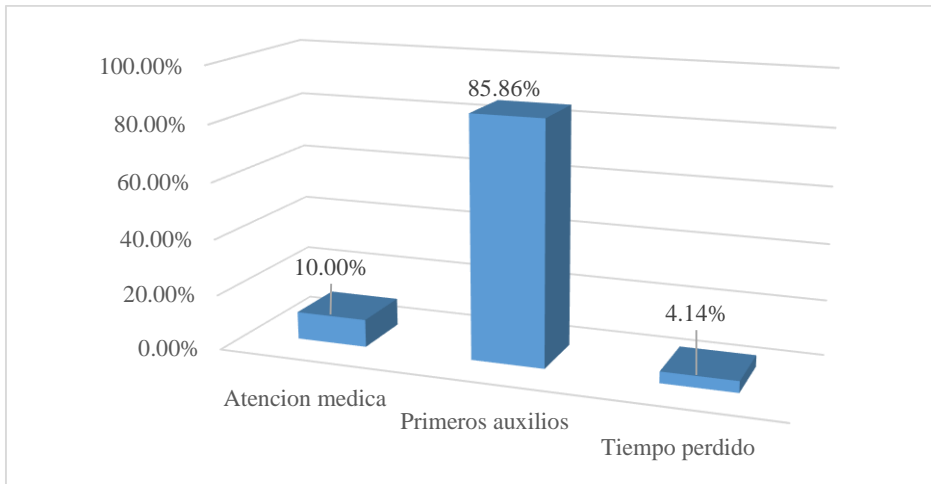


Figura 24. Por clasificación de lesión.

Fuente. Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

En la figura 24 apreciamos que en cuanto a la clasificación de lesión un 85,86% se atendieron por primeros auxilios, un 10% requirió atención médica, y solo un 4,14% genero tiempo perdido.

Tabla 16

Por la naturaleza de la lesión

Etiquetas de fila	Suma de Operaciones
Abrasión	1.03%
Asfixia	0.69%
Atrición	5.17%
Cervicalgia	0.34%
Cuerpo extraño	2.76%
En evaluación	42.07%
Escoriación	3.45%
Esguince	2.41%
Estiramiento	9.31%
Fractura	1.72%
Herida contusa	9.66%
Herida Lacerante	6.90%
Herida penetrante	1.38%
Inhalación de sustancias toxicas	0.34%
Lumbago	8.97%
Luxación	0.00%
Mordeduras / picaduras	0.00%
Policontusion	2.41%
Quemadura química	0.34%
Quemadura térmica	1.03%
Traumatismos múltiples	0.00%
Total general	100.00%

Fuente. Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

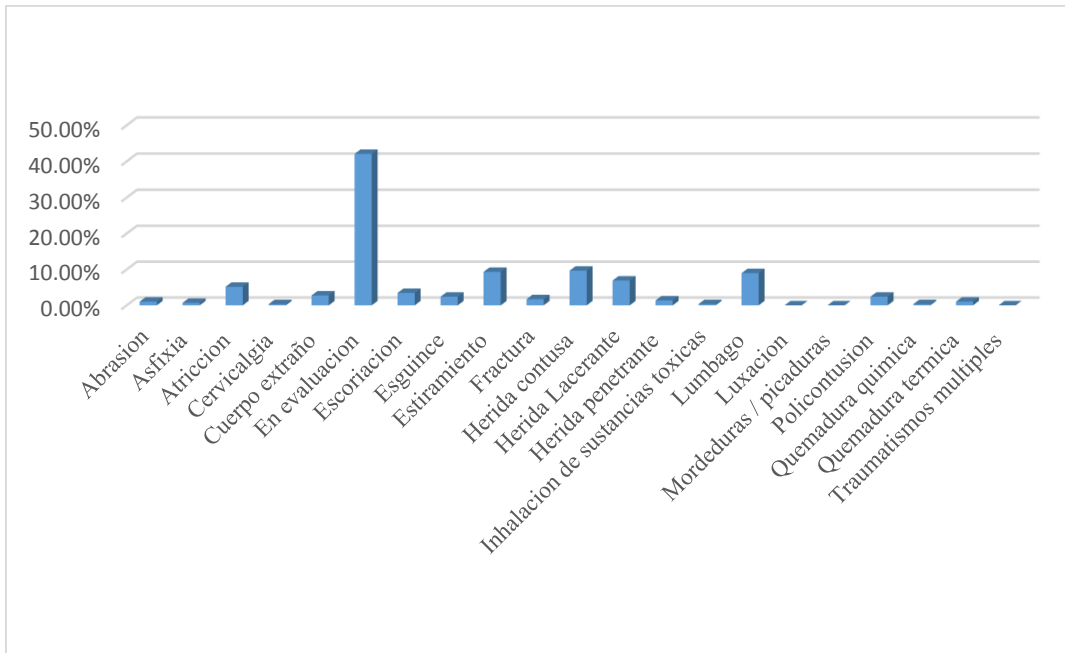


Figura 25. Por la naturaleza de la lesión

Fuente. Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

En la figura 25 observamos que, en cuanto a la naturaleza de la lesión, un 42% se encuentre en evaluación, es decir, sin determinar la naturaleza específica, seguido a este porcentaje, con un 9,66% herida contusa, con un 9,31% estiramiento, con un 8,97% lumbago, con un 6,9% herida lacerante, con un 5,17 atricción.

Tabla 17

Tiempo perdido por la naturaleza de la lesión.

Etiquetas de fila	Suma de Operaciones
Abrasión	0.00%
Asfixia	8.33%
Atricción	8.33%
Cervicalgia	0.00%
Cuerpo extraño	0.00%
En evaluación	41.67%
Escoriación	0.00%
Esguince	0.00%
Estiramiento	0.00%
Fractura	25.00%
Herida contusa	8.33%
Herida Lacerante	0.00%
Herida penetrante	0.00%
Inhalación de sustancias toxicas	0.00%
Lumbago	0.00%
Luxación	0.00%
Mordeduras / picaduras	0.00%
Policontusion	0.00%
Quemadura química	8.33%
Quemadura térmica	0.00%
Traumatismos múltiples	0.00%
Total general	100.00%

Fuente. Elaboración propia (Ellipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

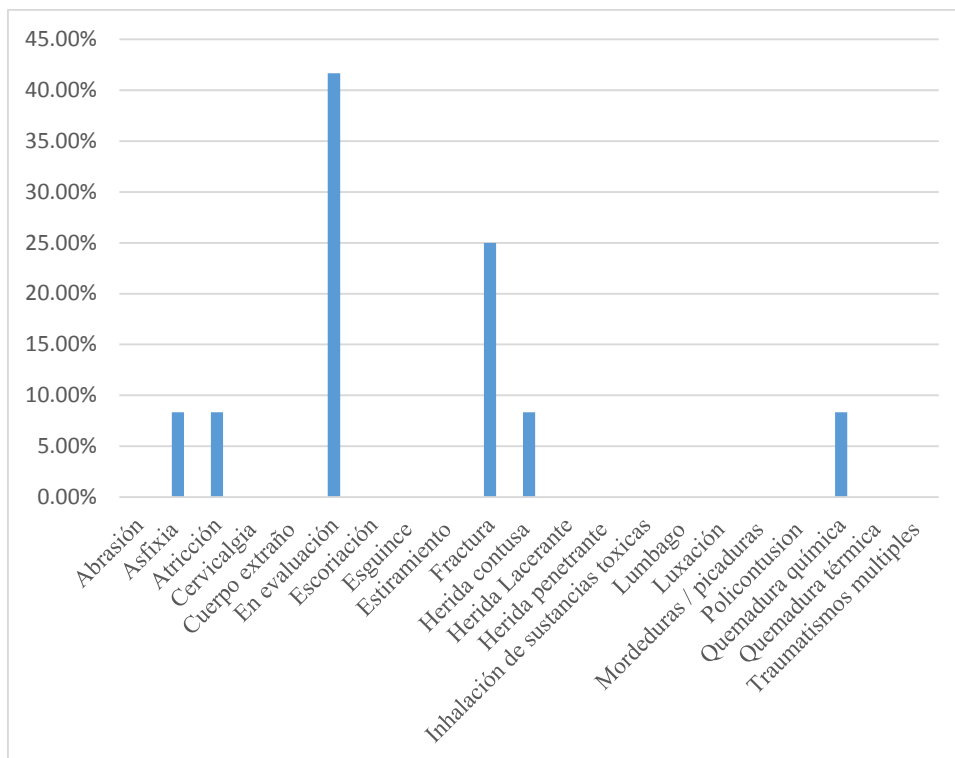


Figura 26. Tiempo perdido por naturaleza de lesión.

Fuente. Elaboración propia (Elipse ERP - Reporte anual de vicepresidencia de salud, seguridad y medio ambiente.)

En la figura 26, se observa el tiempo perdido por la naturaleza de lesión, donde se aprecia un 41,67% en evaluación, seguido de un 25% de tiempo perdido por fractura, y el valor de 8,33% para asfixia, atricción, herida contusa y quemadura química.

4.2.3. Identificación directa del comportamiento de la variable capacitación en seguridad y salud en el trabajo.

Para recolectar información sobre las opiniones, aportes y sugerencias de los trabajadores en materia de Seguridad y Salud en el Trabajo, se realizó una encuesta a los trabajadores de la empresa minera Antamina S.A. (Anexos).

Tabla 18

Género

Género	frecuencia	Porcentaje
Femenino	4	22.20%
Masculino	14	77.80%
TOTAL	18	100%

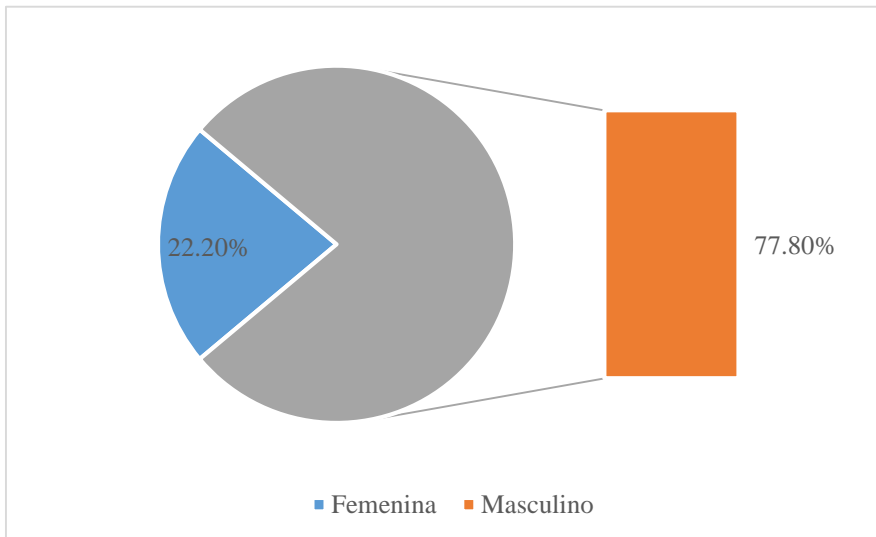


Figura 27. Género

En la figura 27, se observa que el 77.8% de los encuestados capacitados en los últimos tres meses en temas de seguridad y salud ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A. son de género masculino y el otro 22.2% es de género femenino. En su mayoría de los trabajadores encuestados son varones.

Tabla 19

Edad

Edad	frecuencia	Porcentaje
18- 25 años	1	6%
26- 33 años	11	61%
34- 41 años	5	28%
41 a más años	1	6%
Total	18	100%

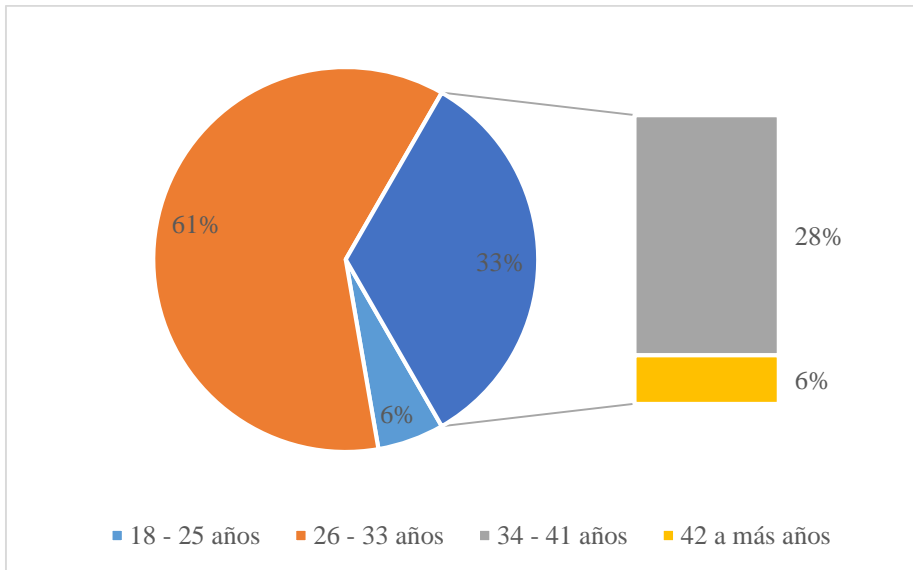


Figura 28. Edad

En la figura 28, se observa la edad de los trabajadores capacitados en los últimos tres meses en temas de seguridad y salud ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A.; donde el 61% de los trabajadores tiene entre los 26 a 33 años de edad, asimismo el 28% de los encuestados tiene entre los 34 a 41 años de edad y el 6% de los encuestados tiene entre los 18 a 25 años de edad y en la misma medida de 42 a más años.

Tabla 20

Grado de instrucción

Ítems	frecuencia	Porcentaje
Superior técnico	9	50%
Superior universitario	9	50%
Total	18	100%

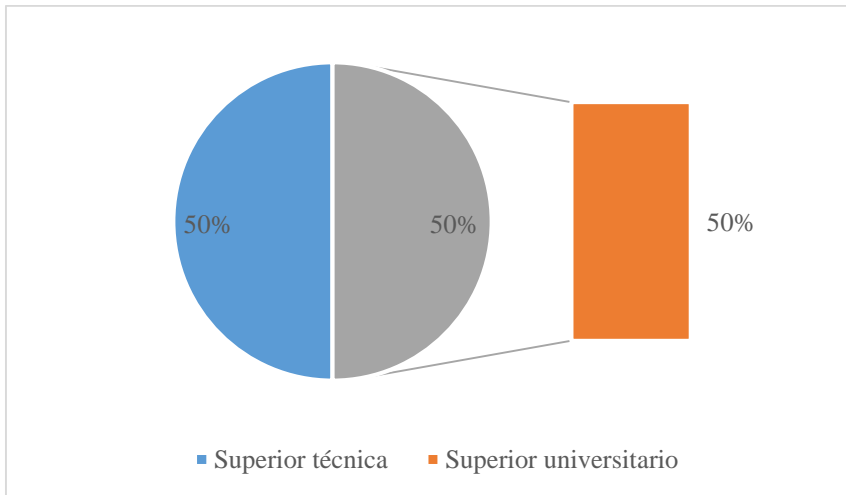


Figura 29. Grado de instrucción

En la figura 29, se muestra el grado de instrucción de los trabajadores de la empresa Minera Antamina S.A.; donde el 50% de los trabajadores cuentan con estudios de superior técnica y el otro 50% de los encuestados cuenta con grado de especialización de superior universitario.

Tabla 21

¿Qué tiempo trabaja en la empresa minera Antamina S.A.?

Ítems	frecuencia	Porcentaje
De un mes a 6 meses	2	11.10%
De 6 meses a 1 año	5	27.80%
De 1 año a 2 años	5	27.80%
De 2 años a más	6	33.30%
Total	18	100%

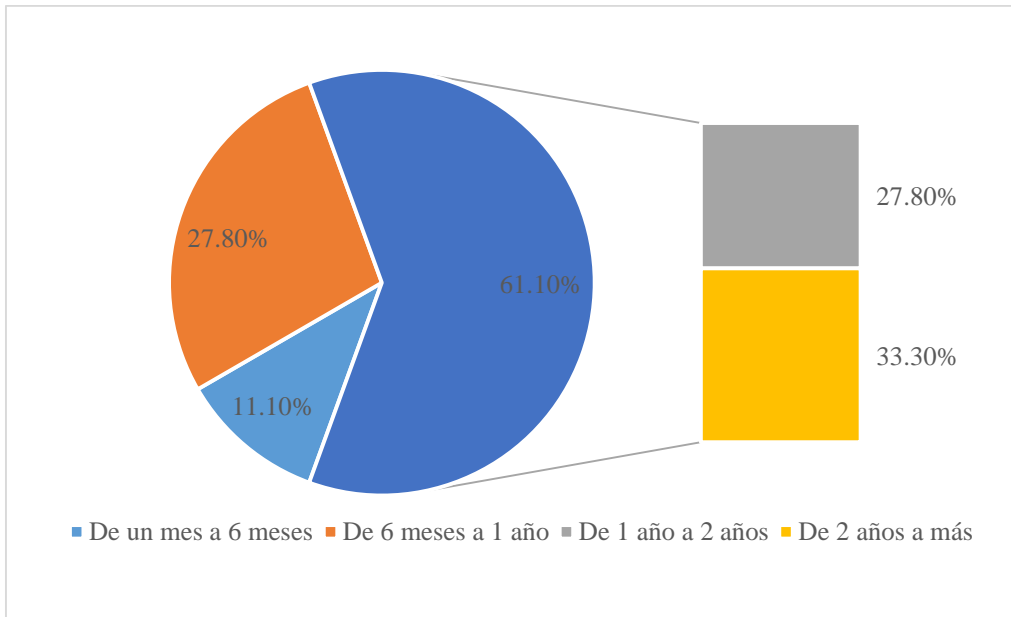


Figura 30. ¿Qué tiempo trabaja en la empresa minera Antamina S.A.?

En la figura 30, se muestra el tiempo que llevan trabajando los trabajadores en la empresa Minera Antamina S.A.; donde el 33.3% de los trabajadores respondieron que llevan trabajando de 2 a más años en la empresa; mientras que el 27.80% de los trabajadores encuestados mencionaron que trabajan hace 6 meses a un 1 año en la empresa, así como de 1 año a 2 años y solo un 11.1% de los trabajadores viene trabajando entre un mes a 6 meses.

Tabla 22

¿Ud. alguna vez sufrió algún incidente en el trabajo?

		frecuencia	Porcentaje
Válido	Si	18	100%
	No	0	0%

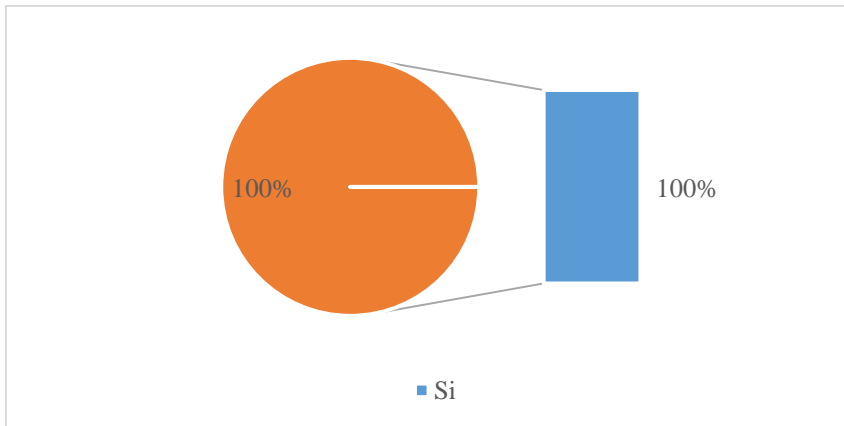


Figura 31. ¿Ud. alguna vez sufrió algún incidente en el trabajo?

En la figura 31, se muestra que el 100% de los trabajadores respondieron que sí tuvieron algún incidente en el trabajo.

Tabla 23

¿Ud. alguna vez sufrió algún tipo de accidente en el trabajo?

		frecuencia	Porcentaje
Válido	No	4	22%
	Si	14	78%
	Total	18	100%

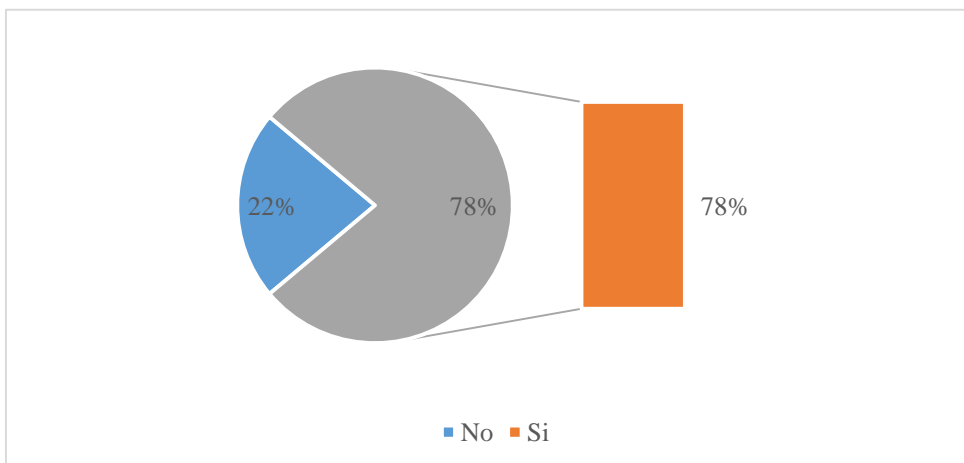


Figura 32. ¿Ud. alguna vez sufrió algún tipo de accidente en el trabajo?

En la figura 32, se puede apreciar que la mayoría de los trabajadores (78%) de la empresa Minera Antamina S.A. no sufrieron algún tipo de accidente en el trabajo. Asimismo, el otro 22 % de los trabajadores si sufrió algún tipo de accidente en la empresa.

Tabla 24

¿Alguna vez ha recibido capacitación, charlas o inducciones en los siguientes temas?

		Accidente e incidente en el trabajo		Primeros auxilios		Equipos de protección personal		Identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control		Trabajos de alto riesgo	
		f	%	f	%	f	%	f	%	f	%
Válido	Si	18	100%	18	100%	18	100%	17	94%	18	100%
	No	0	0%	0	0%	0	0%	1	6%	0	0%
	Total	18	100%	18	100%	18	100%	18	100%	18	100%

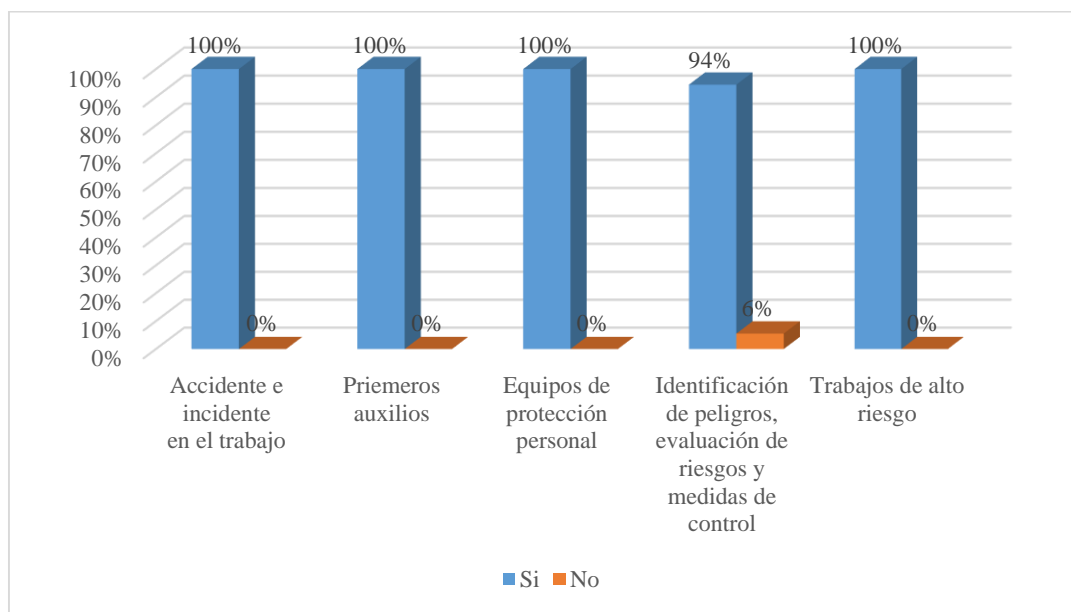


Figura 33. ¿Alguna vez ha recibido capacitación, charlas o inducciones en los siguientes temas?

En la figura 33, se puede apreciar que la mayoría de los trabajadores en la empresa Minera Antamina S.A. reciben capacitaciones, charlas o inducciones respecto a:

Accidentes de trabajo un 100% de los encuestados menciono que si recibe capacitaciones. En cuanto a primeros auxilios también el 100% de los trabajadores si reciben capacitaciones. Asimismo, respecto a equipos de protección del personal y trabajos de alto riesgo, el 100% de los trabajadores menciono que si reciben capacitaciones. Por otra parte, para el 94% de los trabajadores si recibe capacitaciones

respecto a identificación de peligros, evaluación de riesgos y medidas de control; en tanto el otro 2% de los trabajadores mencionaron que no recibieron capacitaciones en este tema.

Tabla 25

¿Cómo calificaría Ud. el proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional que realiza la empresa minera Antamina S.A.?

Ítem	frecuencia	Porcentaje
Excelente	2	11.11%
Bueno	6	33.33%
Regular	8	44.44%
Malo	2	11.11%
Total	18	100.00%

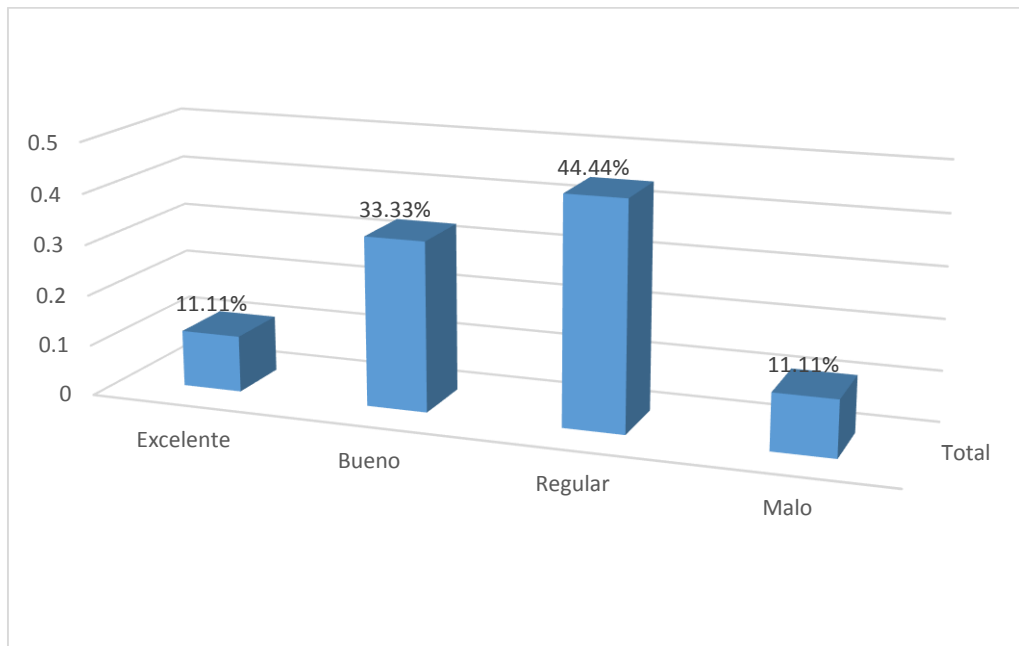


Figura 34. *¿Cómo calificaría Ud. el proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional que realiza la empresa minera Antamina S.A.?*

En la figura 34, se observa la calificación del proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional que realiza la empresa minera Antamina S.A; donde el 11.11% de los trabajadores califica como malo el proceso de capacitación actual, 44.44% de los trabajadores menciona que es regular, el otro 33.33% de los trabajadores lo califica como bueno y el otro 11.11% de los trabajadores califica como excelente el proceso de capacitación que realiza la empresa.

Tabla 26

¿El proceso actual de capacitación en seguridad y salud ocupacional es?

Ítem		frecuencia	Porcentaje
Válido	Tradicional	18	100%
	Innovador	0	0%
	Total	18	100%

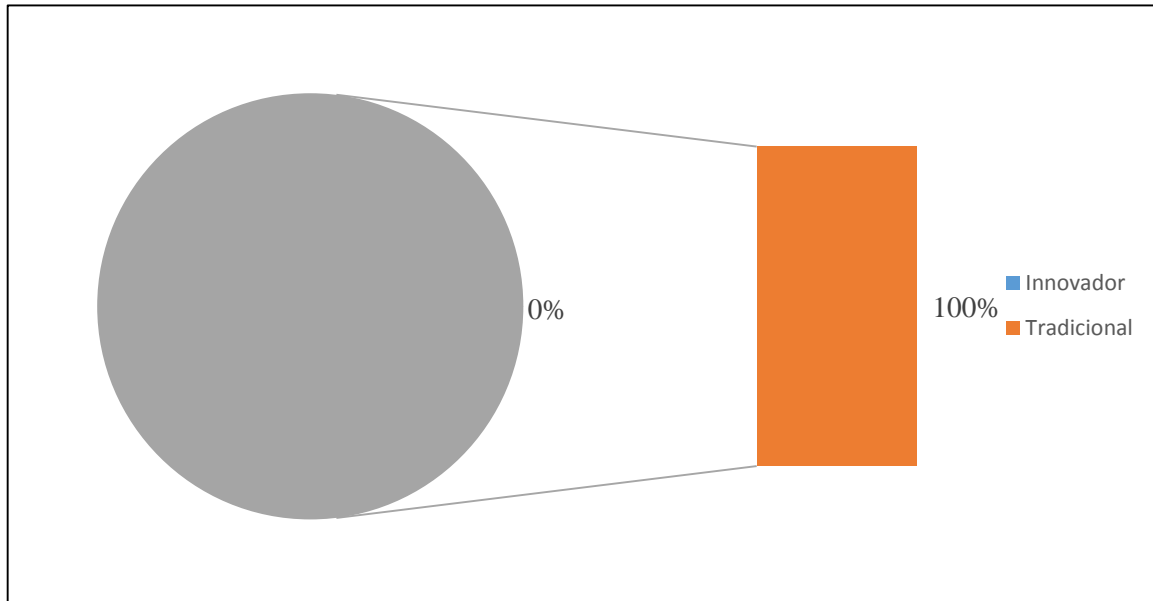


Figura 35. *¿El proceso actual de capacitación en seguridad y salud ocupacional es?*

En la figura 35 podemos observar que el 100% de los trabajadores considera la capacitación actual en la empresa minera como tradicional.

Tabla 27

¿Obtuvo una nota aprobatoria en el examen de inducción de la empresa minera Antamina S.A.?

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Si	14	78%
	No	4	22%
	Total	18	100%

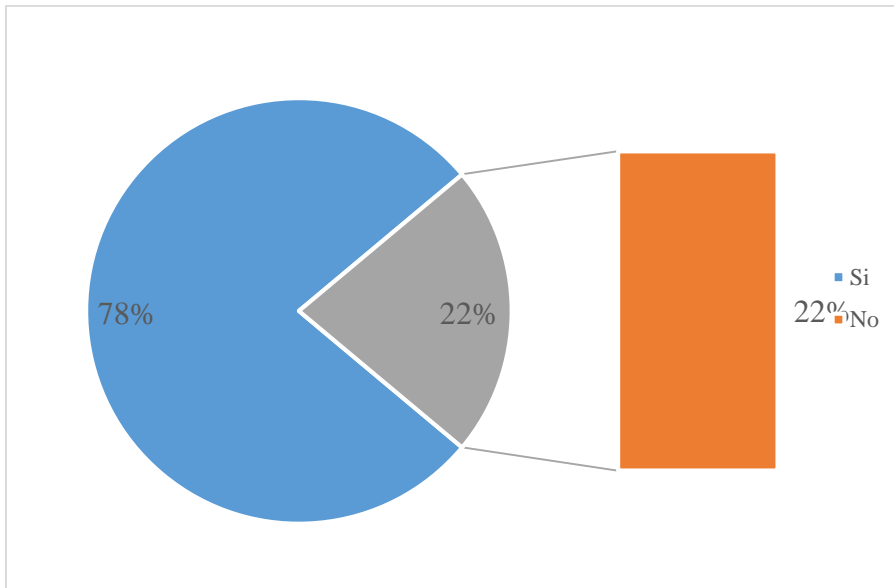


Figura 36. . ¿Obtuvo una nota aprobatoria en el examen de inducción de la empresa minera Antamina S.A.?

En la figura 36, se observa que el 78% de los trabajadores encuestados respondieron que si obtienen notas aprobatorias en el examen de inducción mientras que el otro 22% desaprobó el examen que se realiza antes del ingreso a la empresa minera Antamina.

Tabla 28

¿Cuál fue el grado de retención de información en cuanto a la capacitación actual?

Ítem	frecuencia	Porcentaje
Excelente	0	0%
Bueno	3	16.77%
Regular	11	61.11%
Malo	4	22.22%
Total	18	100.00%

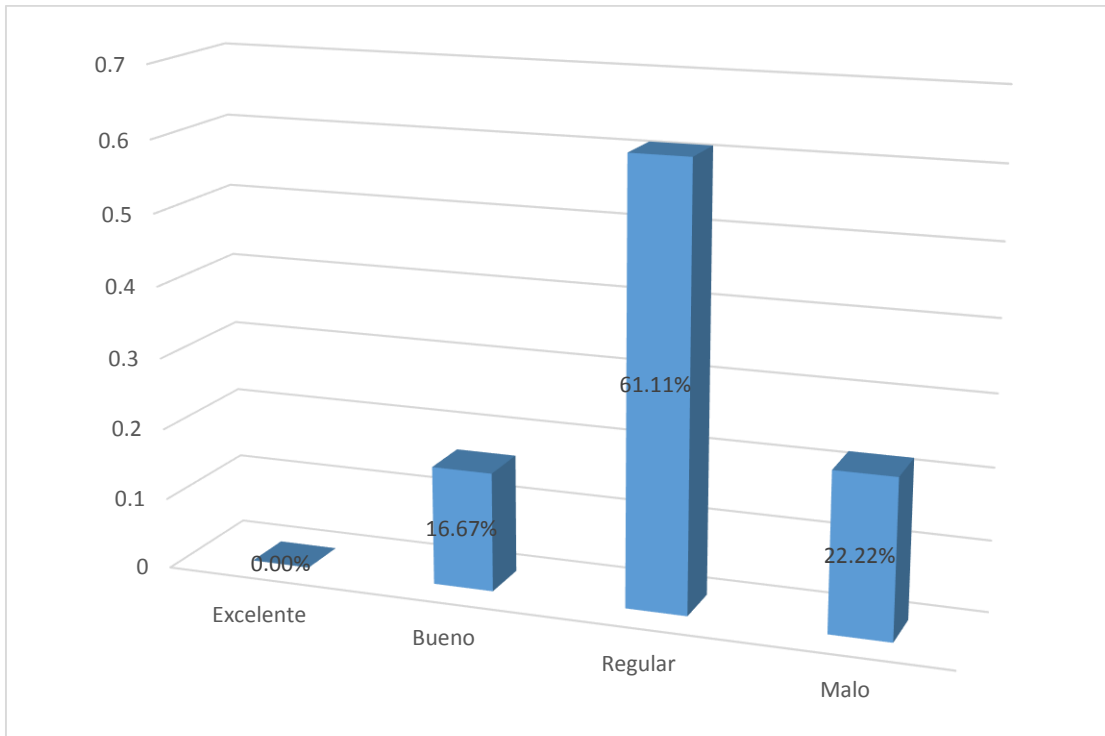


Figura 37. ¿Cuál fue el grado de retención de información en cuanto a la capacitación actual?

En la figura 37 podemos apreciar, que en cuanto a la percepción de los trabajadores, calificaron la retención de información como bueno un 16.67%, como regular un 61.11% y como malo un 22.22%

Tabla 29

¿Ud. considera que se debería mejorar el proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.?

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Si	15	83.30%
	No	3	16.70%
	Total	18	100%

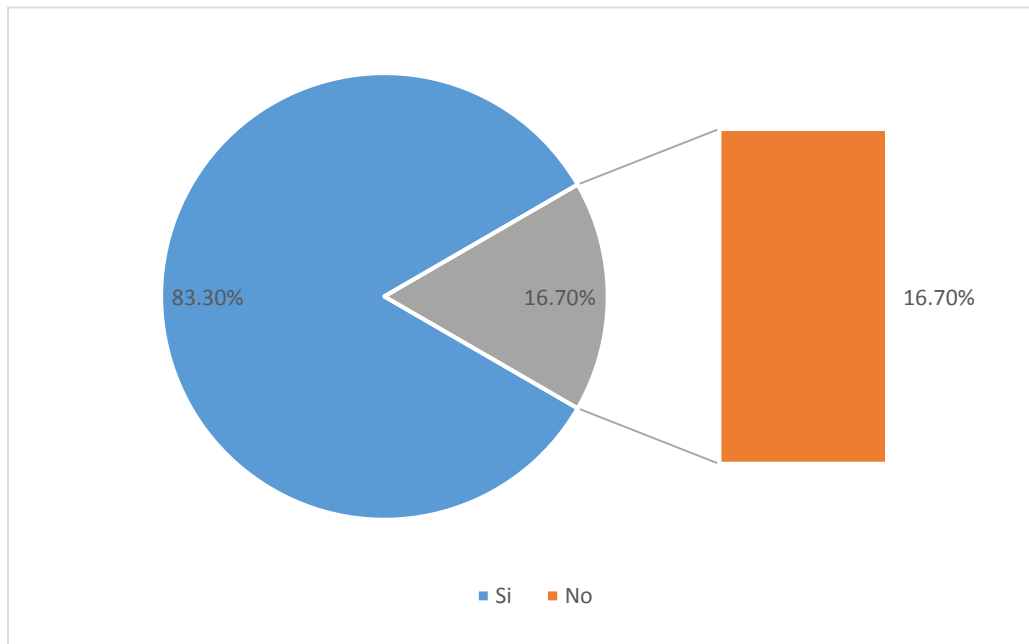


Figura 38. ¿Ud. considera que se debería mejorar el proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.?

En la figura 38, respecto a si debería mejorar el proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.; el 83.30% de los trabajadores de la empresa si considera que debería mejorar el proceso de capacitación e inducción en la empresa y el otro 16.70% de los trabajadores mencionaron que no es necesario realizar la mejora al procedo de capacitación que ofrece la empresa minera.

Tabla 30

Si su respuesta anterior fue si ¿Qué aspectos deberían mejorar en cuanto al proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.?

	frecuencia	Porcentaje
Válido	Metodología	4 22.20%
	Tecnología	9 50%
	Simulación	1 5.60%
	Videos	4 22.20%
	Total	18 100%

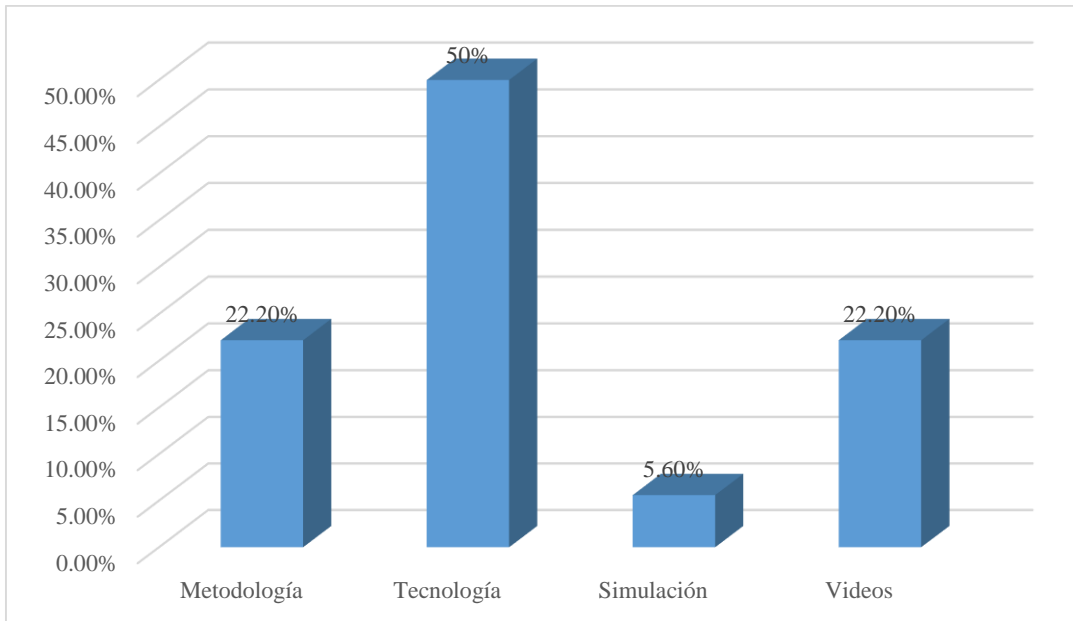


Figura 39. Si su respuesta anterior fue si ¿Qué aspectos deberían mejorar en cuanto al proceso de inducción/capacitación en salud y seguridad ocupacional en la empresa minera Antamina S.A.?

En la figura 39, se observa la opinión de los trabajadores sobre los aspectos que debería mejorar la empresa minera en su proceso de capacitación e inducción. Donde el 50% de los trabajadores menciona que se debería incorporar o mejorar los aspectos de la aplicación de tecnología mientras que el 22.20% de los trabajadores menciona que se debería mejorar la metodología y el uso de videos; y solo un 5.60% de los trabajadores menciona que se debería mejorar los procesos de simulación.

Tabla 31

¿Al momento de realizar su jornada laboral, la empresa minera le facilita equipos de protección personal adecuados a su labor?

	EPP para los ojos y el rostro en el trabajo		EPP para la cabeza		EPP para los pies		EPP para las manos		EPP auditivo		EPP respiratorio		Ropa protectora		
	f	%	F	%	f	%	f	%	f	%	f	%	f	%	
Válido	Siempre	17	94%	17	94%	11	61%	17	94%	17	94%	17	94%	16	89%
	A veces	1	6%	1	6%	1	6%	1	6%	1	6%	1	6%	2	11%
	Nunca	0	0%	0	0%	6	33%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Total	18	100%	18	100%	18	100%	18	100%	18	100%	18	100%	18	100%	

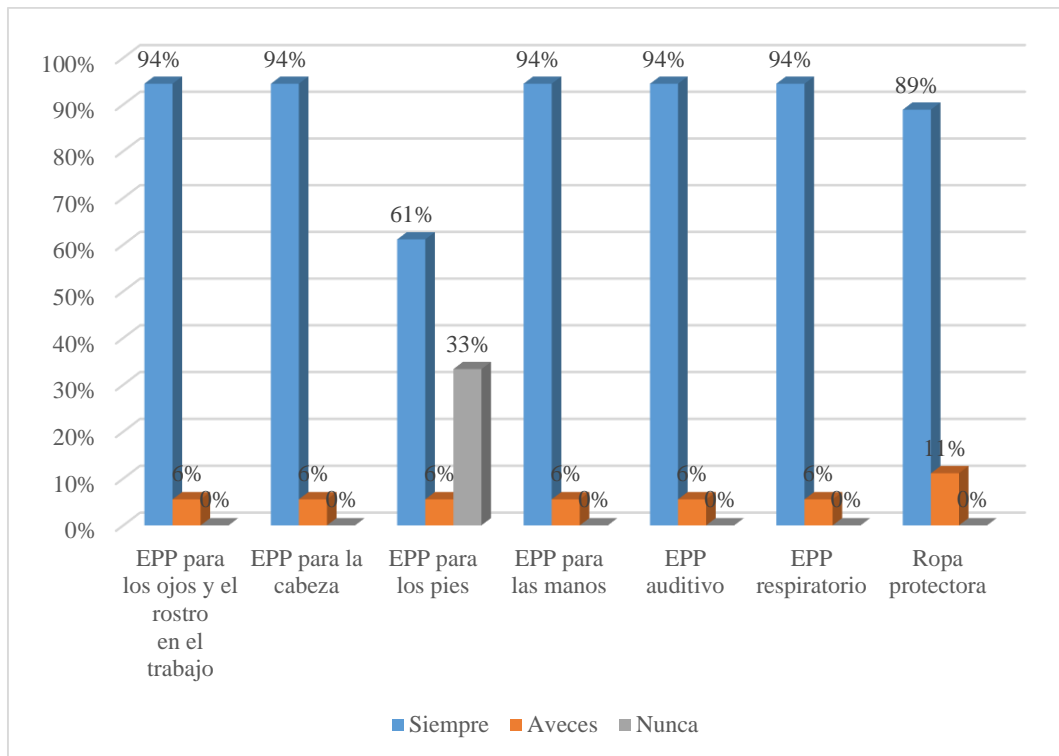


Figura 40. ¿Al momento de realizar su jornada laboral, la empresa minera le facilita equipos de protección personal adecuados a su labor?

En la figura 40, se puede apreciar que la mayoría de los trabajadores en la empresa Minera Antamina S.A. reciben Equipos de Protección Personal adecuados para su labor; donde el 94% de los trabajadores menciona que recibe EPPs adecuados para los ojos y el rostro, el 95% de los encuestados menciona que recibe EPPs adecuados para la cabeza, el 61% de los trabajadores menciona que recibe EPPs adecuados para los pies, mientras que el otro 33% de los trabajadores nunca recibe los EPPs para los pies. Por otra parte 94% de los encuestados menciona que recibe los EPPs adecuados auditivos, asimismo el 94% de los trabajadores menciona que recibe los EPPs adecuados respiratorios y el 89% de los trabajadores menciona que recibe ropa protectora adecuada.

Después de haber realizado la observación y encuesta y de haber analizado los resultados, se puede observar que aún se tiene trabajadores que desconocen la importancia de la Seguridad y Salud en el Trabajo, además que algunos solo tienen algunas nociones



y mencionan que la empresa no toma en consideración entregar equipos adecuados para brindar seguridad en su labor.

Por lo cual se percibe la necesidad de abordar y ofrecer procedimientos que puedan reforzar las actividades en materia de Seguridad y Salud ocupacional mediante la capacitación y sensibilización al personal de la empresa minera Antamina.



Capítulo V: Aplicación de la capacitación mediante la tecnología de realidad virtual

De acuerdo al análisis anteriormente realizado, se observa que la inmensa mayoría de los peligros, riesgos y accidentes laborales, en las diferentes actividades del proceso extractivo de la empresa minera dependen fuertemente de la actuación del trabajador, debiendo tener en cuenta que en tales actividades, se expone; la seguridad de los trabajadores, los equipos, máquinas y herramientas de la empresa, así como las horas hombre, y maquina perdidos por las capacitaciones y/o evaluaciones.

Mediante esta información alcanzada por el área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad Empresa Minera Antamina S.A. y la encuesta realizada a los propios trabajadores se ha identificado que la capacitación tradicional que actualmente utilizan, no es suficiente, y se debe mejorar, complementando esta con la tecnología de realidad virtual inmersiva.

Por tanto aplicar programas de capacitación y entrenamiento mediante la tecnología de realidad virtual inmersiva, permitirá a los trabajadores de la Compañía Minera de Antamina fortalecer sus conocimientos en seguridad y salud ocupacional, logrando identificar escenarios casi reales de las consecuencias de alguna mala maniobra. Cuando observen el comportamiento inseguro buscarán reforzar y actualizar periódicamente las prácticas de los actos seguros, que conlleven a realizar las tareas en la forma más segura, eficiente y eficaz.

Objetivo: Establecer un programa de capacitaciones a través del uso de la realidad virtual inmersiva, con el fin de asegurar que todos los trabajadores de la empresa minera Antamina reciban la capacitación adecuada para desempeñar su trabajo en forma correcta, eficiente y segura.



5.1. Programa de capacitaciones

La empresa Antamina S.A. encargará al área de Entrenamiento y Gerencia de Seguridad, realizar la evaluación de necesidades de capacitación a fin de asegurar un desempeño seguro y productivo de parte de los empleados.

Para lo cual tomará en cuenta:

- Habilidades y conocimientos necesarios para realizar las actividades.
- Habilidades y conocimientos actuales de los trabajadores (incluye trabajadores recientemente contratados y empleados a todos los niveles).
- Tareas a realizar y riesgos asociados.
- Tareas de alto riesgo.
- Cambios en el proceso.
- Requerimientos y sugerencias realizadas por los mismos trabajadores.
- Otras fuentes de información

5.1.1. Temario

Como precedente se utilizará o considerará el proceso de inducción que la empresa minera Antamina S.A ofrece.

Es el proceso de capacitación para los nuevos trabajadores, anteriormente lo daba la misma empresa, en sus propios locales en Lima y Huaraz, desde el 2010, se estipulo en el DS 055-2010-EM que las inducciones estarán a cargo de: ISEM (instituto de seguridad minera) e IGH (Inveritas Global Holdings), estas inducciones se dictan tres veces por semana en Lima, y tienen una duración de ocho horas diarias, durante dos días, esta inducción incluye temas de seguridad y salud ocupacional.

Todos los participantes son evaluados, y reciben un certificado, donde consta la asistencia, así como el haber aprobado la evaluación final del taller completo, esta



inducción se lleva a cabo en el auditorium de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, ubicada en la Av. Francisco Graña 671, Magdalena del Mar.

En la inducción, denominada “tradicional”, un ponente con ayuda de diapositivas, realiza la exposición, la cual está dividida en seis módulos los cuales son:

- Módulo 1.- Cultura organizacional.
- Módulo 2.- Marco Legal.
- Módulo 3.- Seguridad Industrial.
- Módulo 4.- Peligros y riesgos / TOMA DOCE / IPERC.
- Módulo 5.- Salud ocupacional.
- Módulo 6.- Gestión ambiental.

Esta capacitación, inicia entretenidamente con imágenes y videos, de la empresa minera, de su proceso extractivo, así como de lo más resaltante en tecnología y maquinaria, pero el mismo hecho de que dure ocho horas, y de que no sea didáctica, hace de que muchos de los asistentes se distraigan, ya sea con sus celulares, u otros hasta se queden dormidos, ya que lo viví personalmente, y vi esa realidad.

Como menciona el proceso de inducción, al terminar los dos días de capacitación, el ponente evalúa a todos los asistentes, una prueba de 50 preguntas relacionadas a los temas expuestos, en dicha prueba pude observar que un 20% aproximadamente no aprobó. El procedimiento correcto para los desaprobados es, volver a recibir la inducción en otra fecha y ser evaluado nuevamente, esto hasta aprobar dicho examen, pero lo que sucedió, fue que el ponente ayudo a ese 20% con preguntas relativamente fáciles, es decir el ponente tuvo un 100% de aprobados en la inducción.



Cabe resaltar que dicha evaluación no tenía ninguna pregunta difícil, era cuestión solo de prestar atención a todos los módulos y fácilmente se obtiene una nota aprobatoria, pero el porcentaje de asistentes desaprobados, nos indica que la capacitación tradicional que se da actualmente, no es efectiva, es por ello que nuestra investigación, plantea complementarla con videos, simulaciones, y evaluaciones, en realidad virtual.

5.1.2. Proceso de capacitación tradicional

Todos los trabajadores deben recibir inducción y capacitación general de seguridad y salud en el trabajo, así como aprobar las evaluaciones correspondientes al temario.

El proceso de capacitación tradicional se muestra a continuación en la figura 39, donde observamos el flujograma, con las actividades y los documentos, necesarios para dicho proceso, además se aprecia los tiempos de cada actividad, sumando un total de 3 horas con 25 minutos en las que se realiza, el llamado de lista, la introducción del tema a capacitar, exposición de los módulos teóricos y prácticos, el coffee break, la evaluación, calificación, y entrega de los certificados, los trabajadores que no aprueban la evaluación, deben repetir todo el procedimiento desde el inicio.

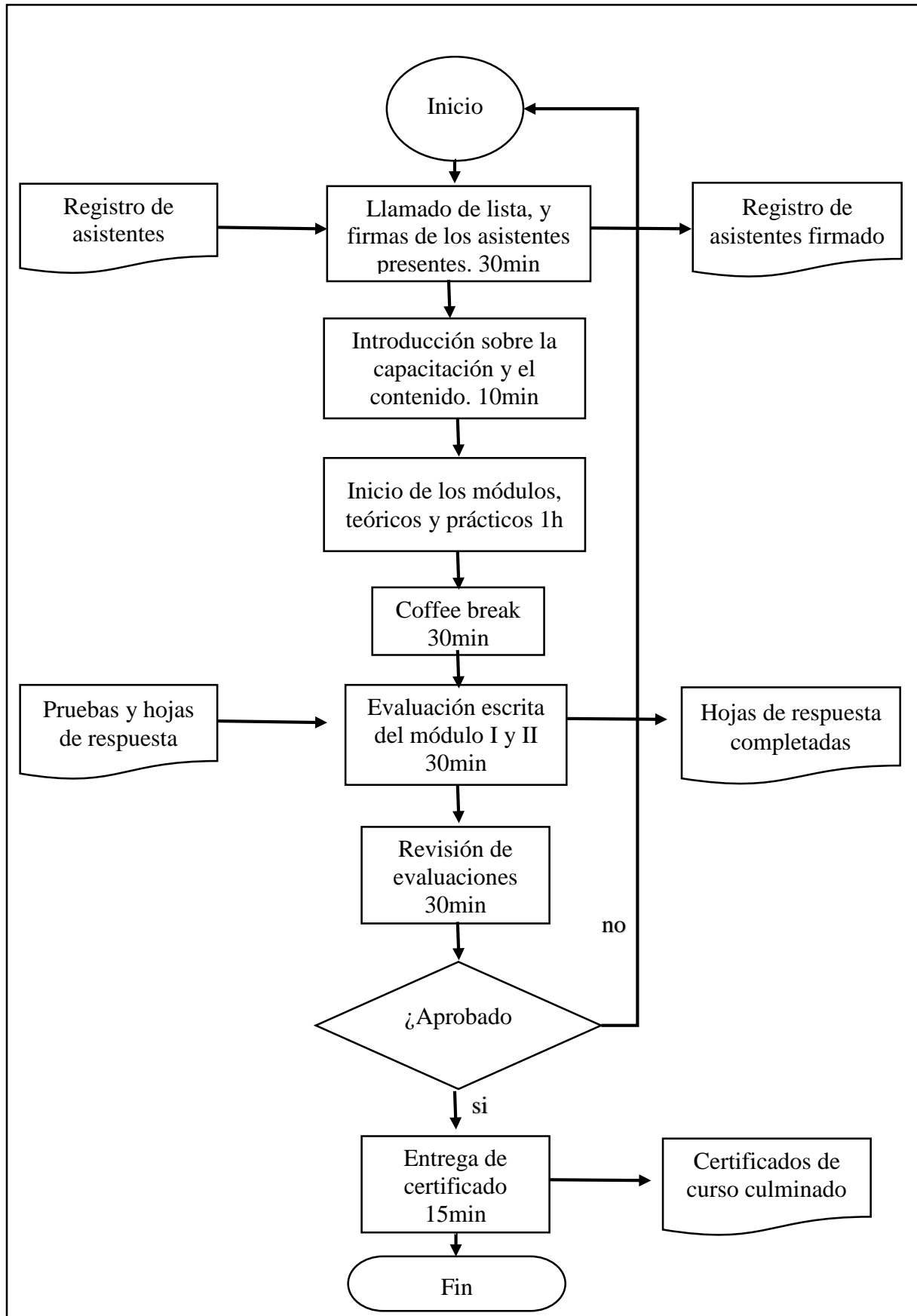


Figura 41. Flujograma de capacitación tradicional

5.1.3. Costo de capacitación tradicional

Tabla 32

Costo capacitación tradicional

CAPACITACIÓN 60 PERSONAL TRADICIONAL (CON EPPS)			
	Año1	Año2	Año3
COSTOS FIJOS	70010		
COSTOS VARIABLES	25476	25476	25476
COSTO TOTAL	95486	25476	25476

En la tabla 32, se muestran los costos de la capacitación tradicional, para 60 personas, divididos en costos fijos y variables, dentro del primer año se consideraron los costos fijos como materiales y equipo, y dentro de los costos variables, se consideró a los recursos humanos, entre otros, obteniendo costos totales para tres años (Anexo 5).

5.2. “Modelo de capacitación con tecnología de realidad virtual inmersiva”

5.2.1. Fase de análisis

En esta fase se describieron las actividades principales para el desarrollo del proyecto, las cuales se dividieron en: identificación de los requerimientos en el área de Seguridad y Salud en el trabajo, especificación de los requerimientos en Seguridad Salud y en el trabajo, ya la propuesta de solución, con especificaciones técnicas y detalladas.

En las visitas realizadas a la minera, se identificaron las áreas, donde se debe aplicar la capacitación, simulación, entrenamiento y evaluación con realidad virtual.

5.2.1.1. Identificación de requerimientos

Los trabajos de alto riesgo que se dan en la empresa minera son:

- Trabajos en caliente
- Trabajos en andamios
- Trabajos en espacios confinados
- Trabajos en excavaciones
- Izaje con grúas



- Control de riesgos de caída desde altura

En dichos trabajos de alto riesgo, es necesaria una capacitación previa, así como una simulación y entrenamiento en realidad virtual, todo esto antes de realizar los procedimientos en la realidad.

5.2.1.2. Propuesta de desarrollo

Como proyecto de la escuela profesional de Ingeniería Industrial, orientado a la innovación, y a la vanguardia de la tecnología, centrado principalmente en las industrias 4.0 se decidió trabajar con un pilar de la mencionada cuarta revolución industrial, la cual es la Realidad Virtual, reuniendo los beneficios que ofrece esta tecnología para este tipo de procedimientos en específico.

De esta manera se expone la propuesta, la cual consiste, en la creación de una aplicación, la cual sirva de herramienta de entrenamiento para el personal de mantenimiento, y operario en la empresa Minera Antamina, dicha aplicación, estará conformada por seis escenarios, en los cuales, el usuario recibirá una capacitación previa del trabajo que realizará, posteriormente este tendrá que poner en práctica lo aprendido, seleccionando los EPPs adecuados para el mencionado trabajo a realizar, y simulando el procedimiento o trabajo a realizar, siendo evaluado obteniendo un puntaje con notas de A = aprobado B = regular y C = desaprobado.

En dicha simulación, se presentarán distractores, por lo que, si el usuario no presta atención a la capacitación previa, este cometerá errores, y le tomará más tiempo terminar el proceso, por lo que obtendrá una nota regular o será desaprobado.

Previamente, cada trabajador se identificará con su código otorgado por la empresa, para así al final del procedimiento, poder subir la información al sistema de la empresa.

5.2.2. Fase de diseño

En esta fase se desarrolla y especifica el desarrollo de la aplicación, estableciendo el contenido, en este caso las locaciones o entornos, objetos bidimensionales o tridimensionales, personajes, secuencias de audio, video y guiones.

5.2.2.1. Modelado conceptual

Después de analizar los requerimientos de la empresa, se procede con la realización de los bocetos de los componentes la aplicación, ya sean los escenarios, figuras bidimensionales o tridimensionales, y las actividades que se llevaran a cabo.

A) Escenarios

Los escenarios serán fotografías 360 o bien modelados 3D, de acuerdo al grado de interactividad de cada simulación de trabajo.



Figura 42. Escenario, fotografía 360 (entorno)






B) Objetos 3D

En este paso, se diseñaron los objetos con los que interactúa el usuario, los cuales son principalmente los EPPs los cuales se muestra a continuación.

a) Equipo de protección personal

Tabla 33

Equipo de protección personal

Equipo de protección personal		
Objeto	Descripción	Tipo de elemento
	Arnés de seguridad	Interacción
	Cinturón de seguridad Minero	Interacción
	Estrobo	Interacción
	Línea de vida auto retráctil	Interacción
	Mosquetón	Interacción

	Deslizador vertical	Interacción
	Zapatos punta de acero	Interacción
	Botas de goma	Interacción
	Casco para trabajos en altura	Interacción
	Casco de seguridad	Interacción

	Guantes	Interacción
	Orejas	Interacción

5.2.2.2. Modelado de navegación

En el modelado, se desarrollaron los diagramas que describen la secuencia de las actividades que se dan en la aplicación.

A) Diagrama de todo el proceso

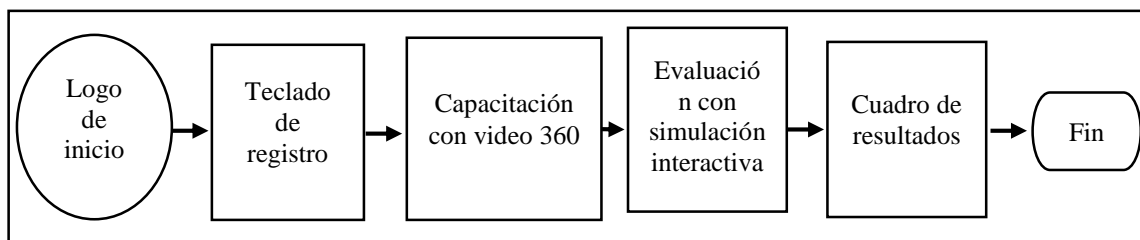


Figura 43. Diagrama de proceso de capacitación con VRI

Como se observa, al iniciar la aplicación, el usuario observa el logo de la empresa en primer lugar, posteriormente aparece un teclado virtual, en el cual debe registrar sus datos, a continuación procede el video de capacitación, donde se describe la actividad a realizar, así como las medidas de seguridad que se deben de tener en cuenta, después el usuario deberá seleccionar los EPPs adecuados para empezar con la simulación donde este será evaluado, para finalmente obtener los resultados en cuanto a la selección correcta de dicho EPP y al tiempo transcurrido, etc.

5.2.2.3. Descripción de componentes

Escenarios, fotografías 360, en los principales lugares de la operación, como son: tajo abierto, dispatch, zona de carguío y acarreo, chancadora, Molinos, zona de flotación, puerto de Huarmey.

Así mismo se harán modelados 3D de las zonas donde se requiera mayor interactividad, así como se requiera que el usuario se desplace, y sus acciones incurran en retroalimentación.

Objetos 3D, los cuales serán principalmente equipos de protección personal, y pueden ser también, maquinas, herramientas, formatos y documentos, los cuales principalmente al ser seleccionados, desaparecerán de su ubicación y serán parte de la indumentaria del trabajador o usuario.

Audio, el cual guiará al usuario en todo el proceso, desde el inicio con una capacitación previa al procedimiento a realizar, y también durante las actividades que este tendrá que realizar durante la simulación, de igual manera se creará audio para las reacciones interactivas que tendrá la App, como por ejemplo el sonido de una voladura.

Video, El cual estará grabado en 360° y explicará los procedimientos a realizar de una manera dinámica, este se posiciona al inicio de la experiencia y explica el proceso de la empresa de inicio a fin.

5.2.2.4. Modelado de eventos

Para definir de mejor manera el modelado de eventos, se realiza un Storyboard, el cual sirve de guía para los desarrolladores y programadores, donde se describe paso a paso las actividades a realizar, detallando los eventos y acciones del usuario.

El Storyboard suele ser de gran ayuda, porque a través de bocetos, proporciona la secuencia del guion y un acercamiento visual de la aplicación. Este puede ser tan extenso

que llega a complementar y en algunas ocasiones sustituir completamente al guion (Guijón, 2006).

Storyboard de aplicación de Seguridad y Salud en el trabajo – Minera Antamina S.A.

Desarrollo de una aplicación de simulación para ser utilizada en dispositivos Oculus Go, tomar como referencia la aplicación WORKING AT HEIGHT de la tienda de Oculus Go.

Dicha aplicación se implementará en la minera Antamina, y tratará un determinado procedimiento el cual se detallará paso a paso a continuación:

1.- Al ingresar a la aplicación el usuario observara el entorno donde realizara la simulación, con el logo de JVFILMMAKERS y la palabra EMPEZAR como un botón, similar a lo que se muestra en la imagen a continuación.



Figura 43. Modelado (entorno)

Fuente: Imagen referencia

2.- Al señalar la palabra empezar, el usuario deberá digitar su nombre completo, a través de un teclado virtual, tal como se muestra en la imagen para poder empezar la experiencia.



Figura 44. Modelado (inicio)

Fuente: Imagen referencia

3.- La opción HECHO se debe activar al momento de haber ingresado el nombre del usuario. (Al apuntar el botón de HECHO, debe aparecer el control con la indicación de presionar el gatillo como aparece en la imagen).



Figura 45. Modelado (hecho)

Fuente: Imagen referencia

4.- A continuación, aparecerá un video (el cual se enviará como archivo de video 360) donde un prevencionista explicara la actividad que desarrollara el usuario, la cual es TRABAJOS EN ALTURA, así como los peligros y riesgos de la misma y capacitara al usuario sobre el uso de los EPPs adecuados para dicho procedimiento.



Figura 46. Modelado (prevencionista)

Fuente: Imagen referencia

5.- Una vez terminada la capacitación, el usuario estará frente a un armario o casillero, donde se encontrarán diversos tipos de EPPs los cuales muestren su nombre al ser apuntados por el control, en este momento el usuario deberá seleccionar el EPP adecuado para realizar el TRABAJO EN ALTURA.



Figura 47. Modelado (EPP trabajo en altura)

Fuente: Imagen referencia

6.- El modelo del casillero donde se encuentren los EPPs debe ser similar al de la siguiente imagen.



Figura 48. Modelado (casillero)

Fuente: Imagen referencia

7.- Los EEPs que aparecerán el dicho casillero serán:

- ARNES



- CINTURON MINERO



- ESTROBO



- LINEA DE VIDA AUTORETRACTIL



- MOSQUETON.



- DESLIZADOR VERTICAL



- ZAPATOS PUNTA DE ACERO



- BOTAS DE GOMA



- CASCO DE TRABAJO EN ALTURA



- CASCO DE SEGURIDAD





8.- Al momento de seleccionar los EPPs aparecerá un listado con 08 espacios, para seleccionar los EEPs adecuados, al realizar la selección correcta aparecerá la opción EMPEZAR A TRABAJAR, si los EEPs no son los correctos, esta opción no se podrá activar, de igual manera al costado de cada EPP en el listado aparecerá la opción de DESCARTAR para poder seleccionar de nuevo el EPP adecuado, tal como se muestra en las imágenes.



Figura 49. Modelado (Empezar a trabajar)
Fuente: Imagen referencia

9.- Para finalizar la app de la simulación, aparecerá un cuadro con la calificación del usuario, calificando lo siguientes aspectos:

- NUMERO DE ERRORES (al seleccionar los EPPs).

Donde A es cero errores, B es uno a dos errores y C es tres o más errores.

- TIEMPO TRANSCURRIDO (el cual se contará desde que el usuario selecciona su EPP frente al casillero de EPPs)

Donde A es 20 segundos o menos, B es de 21 segundos a 35 y C es de 36 segundos a más.



Figura 50. Modelado (evaluación)

Fuente: Imagen referencia

5.2.3. Fase de desarrollo

Esta fase está a cargo del desarrollador, el cual utiliza diversos softwares para esta etapa como, por ejemplo: Unity o Unreal; En esta parte se integran todos los componentes como son: escenarios, objetos 3D, audio, video, aumentando el realismo. Él desarrollador es el encargado de poner la creatividad, interpretando el Storyboard, animando los escenarios, y animando también los objetos 3D, con la ayuda de un

programador, el cual aplica sus conocimientos en lenguajes de programación, donde el más popular para este tipo de Apps es el C#, dando vida a los objetos 3D, y programando las reacciones del entorno, las cuales serán los resultados de las acciones o decisiones que tome el usuario, durante la experiencia de capacitación a través de la realidad virtual inmersiva.

5.2.4. Evaluación y simulación

Proceso de capacitación

- 1.- Reunir a los participantes, Después de la jornada de trabajo del personal obrero y administrativo, se citó a los trabajadores de los centros de trabajo visitados durante tres días, los cuales asistieron a la oficina del gerente de seguridad industrial, el Ing. Américo Ayala, para ser capacitados, y evaluados con los equipos de realidad virtual, Oculus Go y Oculus Rift.
- 2.- Los participantes recibieron una capacitación previa de 5 minutos, sobre que es la realidad virtual, y sobre el manejo de los equipos, en este caso solo de los mandos y un botón de selección el cual es el gatillo de ambos equipos.

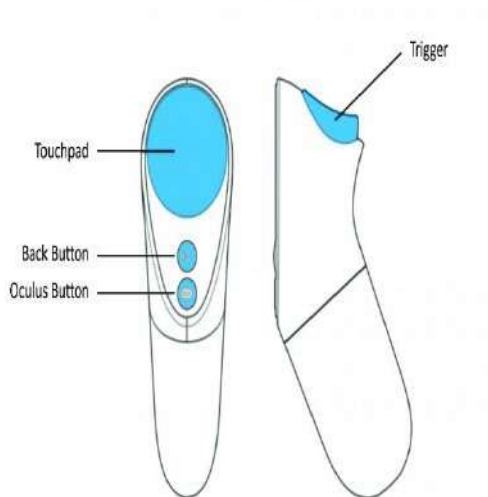


Figura 51. Mando de control.
Fuente: Imagen referencia

3.- Se les colocó los lentes a los participantes para poder realizar las actividades de la aplicación.



Figura 52. Trabajadores usando equipo VRI

A continuación, se aprecia un flujograma del proceso de capacitación con realidad virtual, el cual no contiene documentos, más que el certificado final, de igual manera resalta el tiempo total de todo el proceso con 1 hora con 11 minutos, cabe resaltar que, si un trabajador no aprueba la evaluación a través de la simulación con realidad virtual, este podrá practicar repitiendo el proceso hasta la perfección.

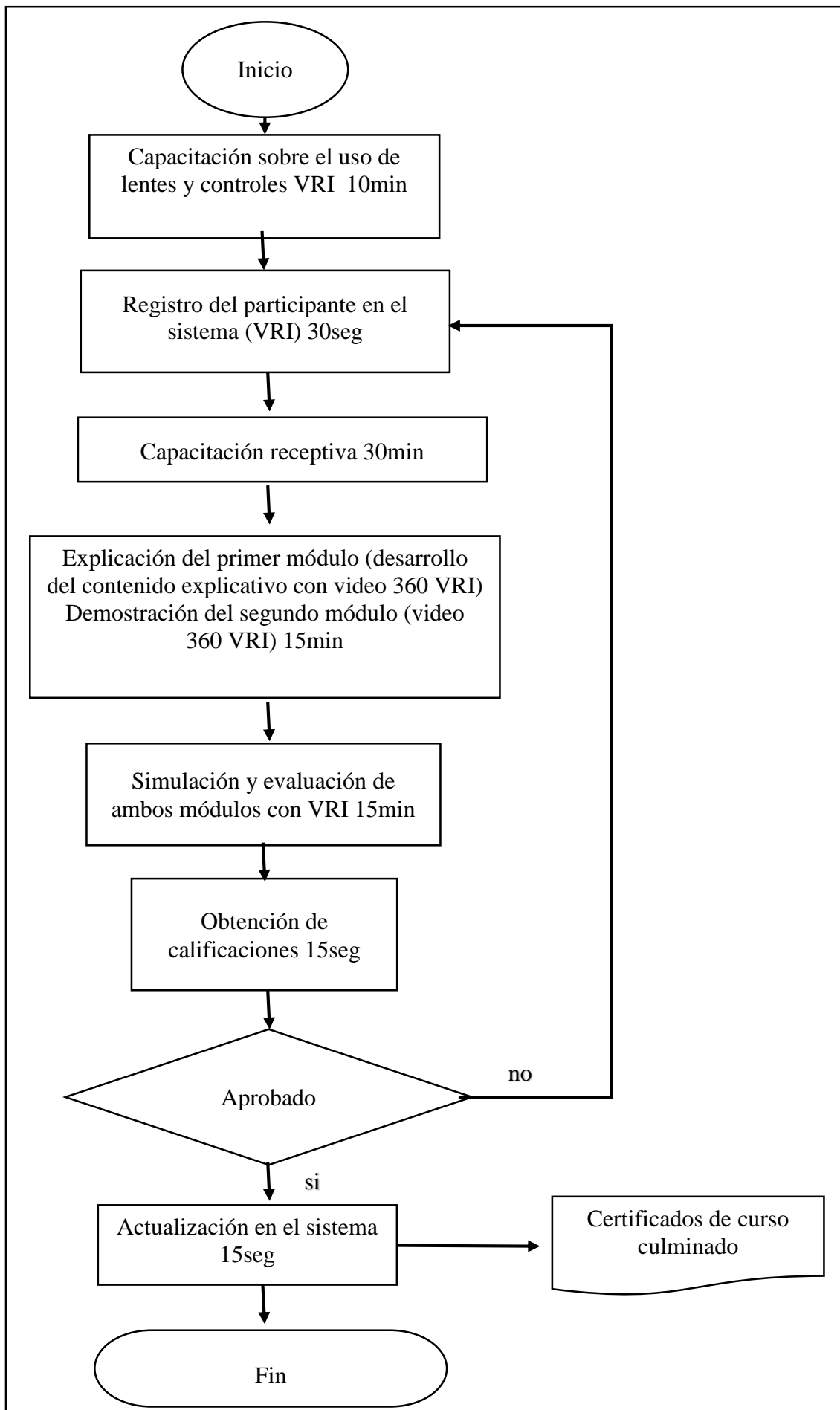


Figura 53. Flujograma de capacitación virtual

4.- Posteriormente al término de la simulación del aplicativo en los trabajadores se realizó la siguiente encuesta:

Tabla 34

¿Cómo calificaría Ud. el proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional a través de la realidad virtual inmersiva?

Ítem	Frecuencia	Porcentaje
Excelente	13	72.22%
Bueno	5	27.78%
Válido Regular	0	0%
Malo	0	0%
Total	18	100%

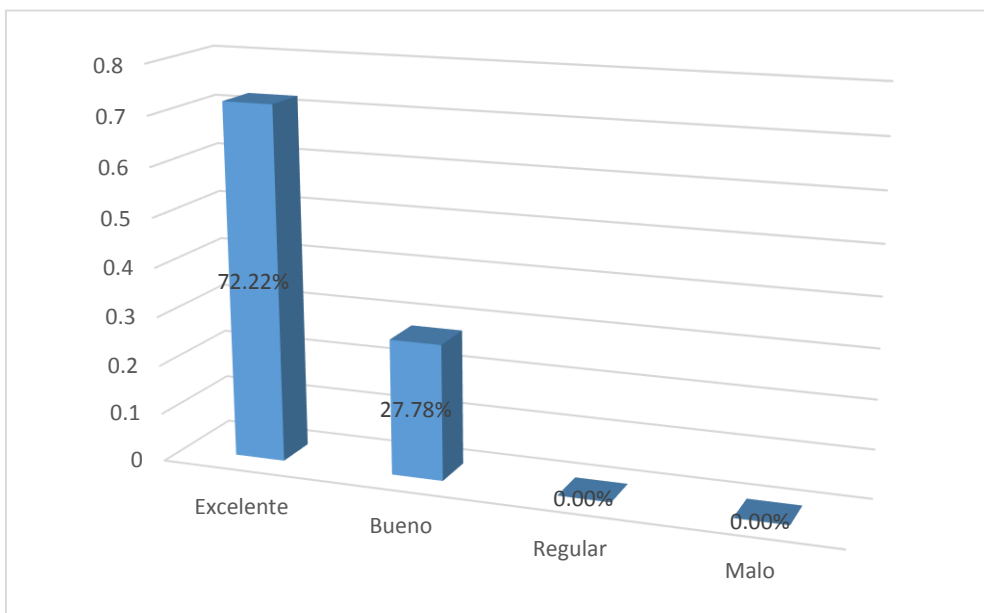


Figura 54. ¿Cómo calificaría el proceso de capacitación en seguridad y salud en el trabajo a través de la realidad virtual inmersiva?

En la figura 54, se observa la calificación realizada al proceso de capacitación a través de la realidad virtual inmersiva; donde el 72.22% de los trabajadores califica como excelente este proceso, y un 27.78% lo califica como bueno, siendo ambas calificaciones positivas.

Tabla 35

¿Obtuvo una nota aprobatoria al final de la simulación con realidad virtual?

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Si	18	100%
	No	0	0%
	Total	18	100%

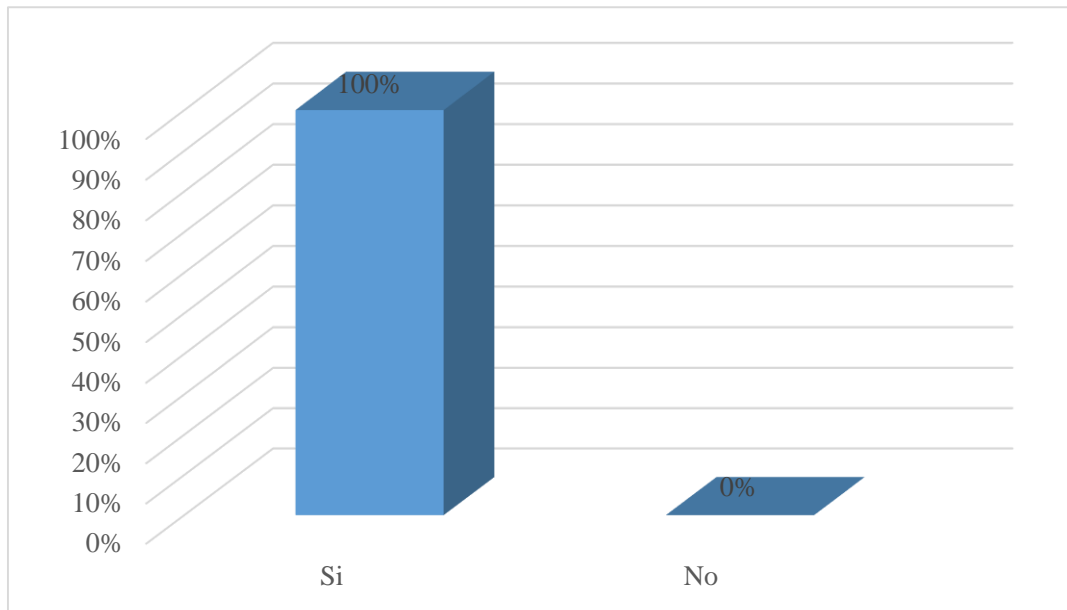


Figura 55. *¿Obtuvo una nota aprobatoria al final de la simulación con realidad virtual?*

En la figura 55, se observa que el total de los trabajadores encuestados obtuvieron una nota aprobatoria al final de la simulación de la realidad virtual, esto debido a que a comparación de la capacitación tradicional, este fue interactivo, didáctico y práctico.

Tabla 36

¿Cuál fue el grado de retención de información en cuanto a la capacitación con realidad virtual inmersiva?

Ítem	frecuencia	Porcentaje
Excelente	8	44.44%
Bueno	7	38.89%
Regular	3	16.67%
Malo	0	0%
Total	18	100.00%

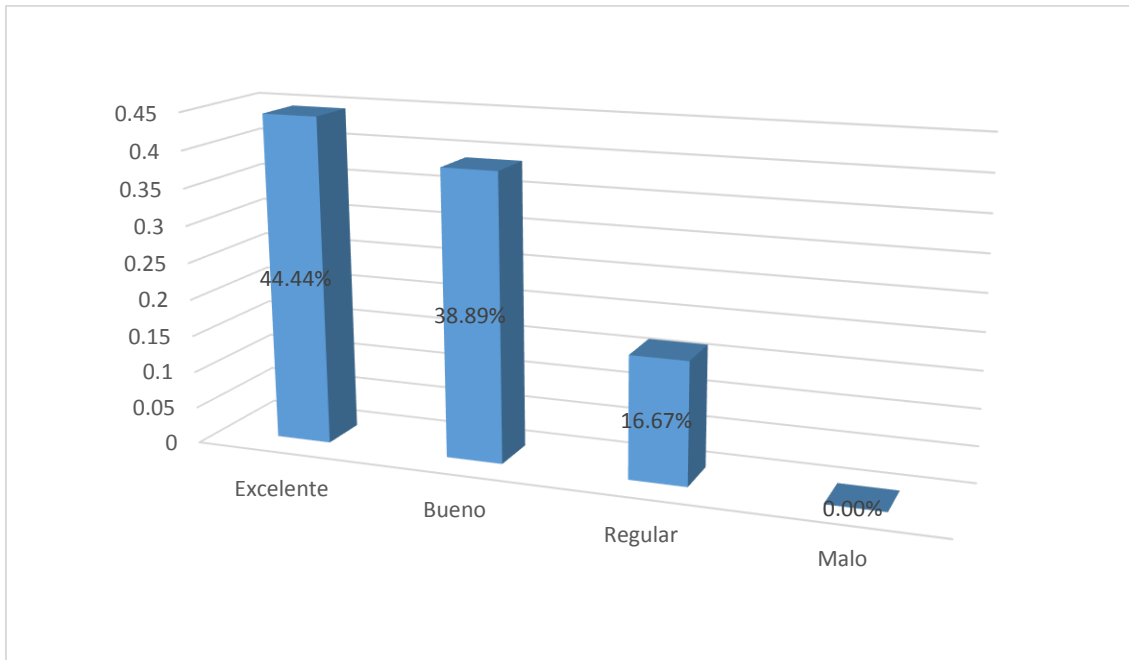


Figura 56. ¿Cuál fue el grado de retención de información en cuanto a la capacitación con realidad virtual inmersiva?

En la figura 56, se observa que el 44.44% y 38.89% de los trabajadores califican como excelente y bueno respectivamente el grado de retención de información, con la tecnología de realidad virtual inmersiva, mientras que solo un 16.67% como regular.

Tabla. 37

¿Si la respuesta anterior fue afirmativa ¿Por qué cree Ud que tuvo mayor retención?

Ítem	Frecuencia	Porcentaje
Porque es una capacitación interactiva	6	33.30%
Porque pongo en práctica lo aprendido	8	44.40%
Válido Porque es más entretenida que la capacitación tradicional	3	16.70%
Porque yo soy el protagonista de la simulación	1	5.60%
Total	18	100%

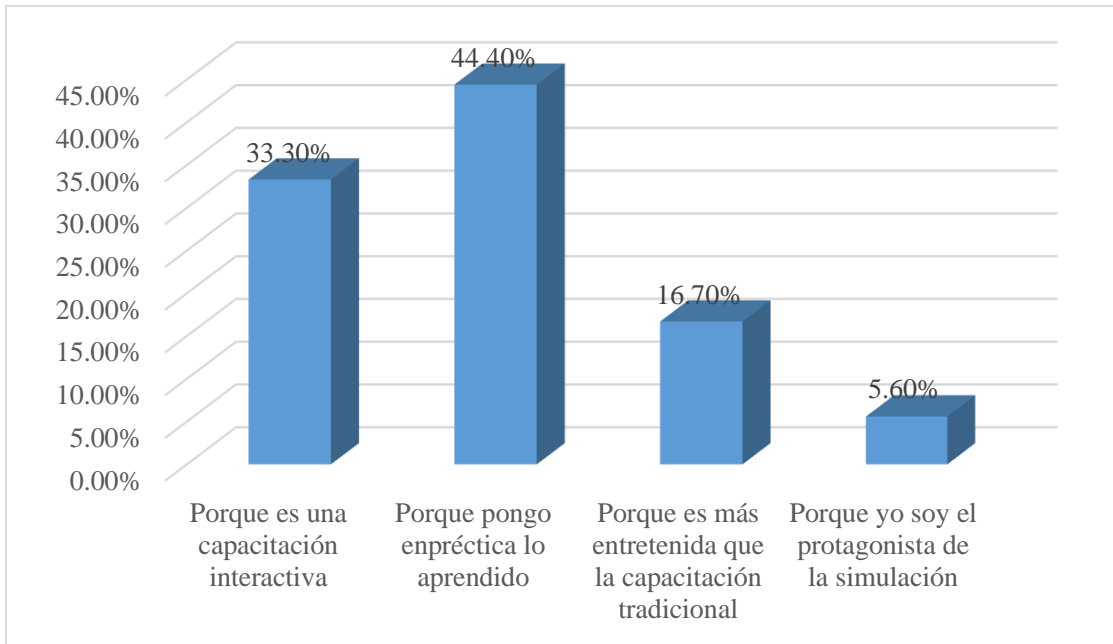


Figura 57. Si la respuesta anterior fue si ¿Por qué cree Ud que tuvo mayor retención?

En la figura 57, se observa que la buena retención de información en el proceso de capacitación virtual se dio para el 44.4% de los trabajadores porque ponen en práctica lo aprendido; mientras que para el 33.3% de los trabajadores porque en una capacitación interactiva; el otro 16.7% de los trabajadores mencionaron porque es más entretenida que la capacitación tradicional; y solo un 5.6% de los trabajadores mencionaron porque ellos son los protagonistas de la simulación.

Tabla 38

¿Se siente seguro al recibir la capacitación a través de la realidad virtual?

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Si	18	100%
	No	0	0%
	Total	18	100%

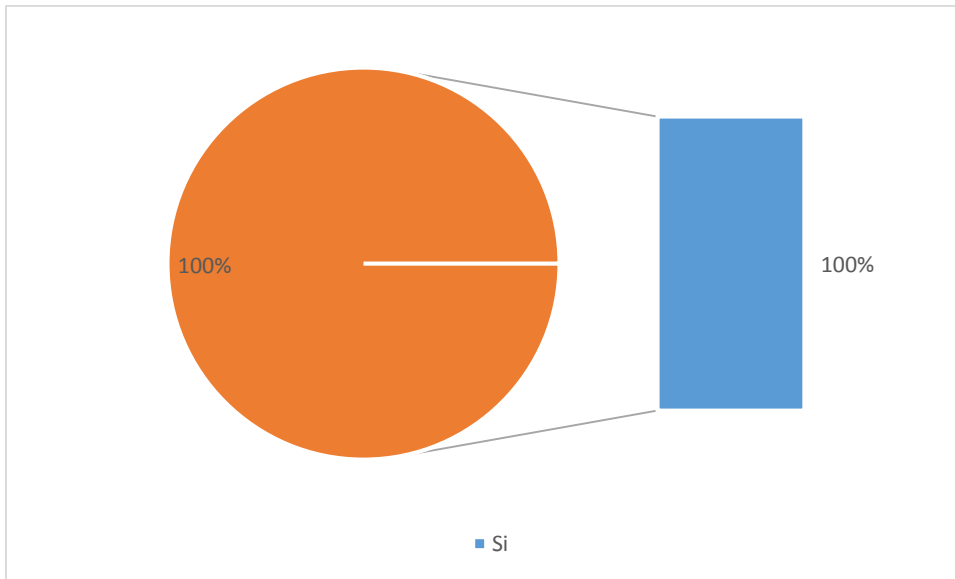


Figura 58. ¿Se siente seguro al recibir la capacitación a través de la realidad virtual?

En la figura 58, se observa que en su totalidad de los trabajadores encuestados en la empresa minera Antamina se sienten seguros a la hora de recibir capacitaciones a través de la realidad virtual.

Tabla 39

¿Sintió alguna molestia o mareo durante la capacitación con realidad virtual?

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Si	1	5.60%
	No	17	94.40%
	Total	18	100%

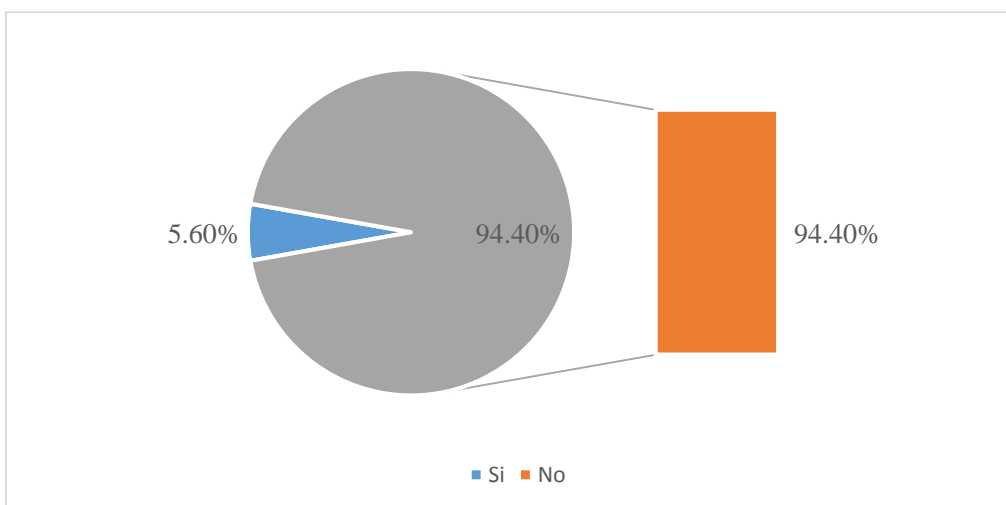


Figura 59. ¿Sintió alguna molestia o mareo durante la capacitación con realidad virtual?

En la figura 59, se observa que la mayoría de los trabajadores (94.4%) mencionaron que no sintieron ninguna molestia en el proceso de capacitación con realidad virtual y solo un 5.6% de los trabajadores si sintió algún tipo de malestar o molestia en este proceso de capacitación.

Tabla 40

¿Cómo cree Ud. que se podría implementar la realidad virtual al proceso de capacitación/inducción en seguridad y salud en el trabajo?

		Frecuencia	Porcentaje
Válido	Reemplazar al método tradicional	1	5.60%
	Complementar al método tradicional	17	94.40%
Total		18	100%

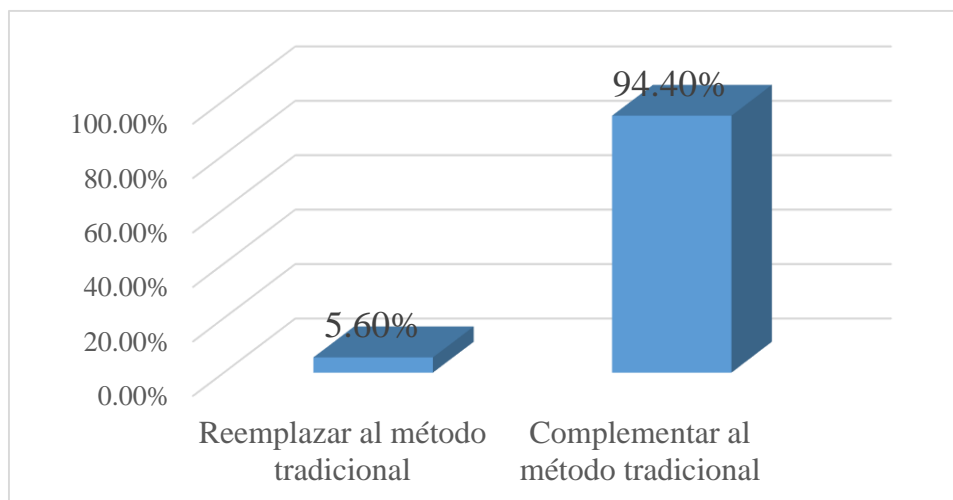


Figura 60. *¿Cómo cree Ud. que se podría implementar la realidad virtual al proceso de capacitación/inducción en seguridad y salud en el trabajo?*

En la figura 60, se observa los resultados para el modo de implementación de la realidad virtual al proceso de capacitación/ inducción en seguridad y salud ocupacional; donde el 94.4% de los trabajadores de la empresa mencionaron que la capacitación a través de

realidad virtual debería complementar al método tradicional; mientras que el otro 5.6% de los trabajadores mencionaron que deberían reemplazar al método tradicional.

5. Finalmente se determina el costo total de la implementación de la capacitación con realidad virtual inmersiva:

Tabla 41

Costo anual de capacitación con VRI

CAPACITACIÓN DEL PERSONAL (60) REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA			
	Año1	Año2	Año3
COSTO FIJO	62750		
COSTOS VARIABLE	15600	15600	15600
COSTO TOTAL	78350	15600	15600

(Anexo 5)

De igual manera que para la capacitación tradicional, para la capacitación con realidad virtual inmersiva, se calcularon los costos, con una cifra menor, en el primer año, considerando los costos fijos y variables haciendo un total de S/.78350 y S/. 15600 para los siguientes años considerando solo costos variables.

5.2.5. Productividad de la capacitación

A. Comparación de tiempo

Tabla 42

Comparación de tiempo de capacitación por proceso

Tipo de capacitación	A. Tradicional	C. VRI
Inicio	30min	10min
Introducción	10 min	30 segundos
Contenido	1h	45 min
Descanso	30 min	0 min
Evaluación	1 hora	15 min 15"
Certificación	15 min	15 segundos
Total	3hrs. y 25 min.	1hr y 11 min

En la tabla 42 se hace una comparación de los tiempos en las fases de ambos tipos de capacitación, destacando el tiempo total de la capacitación con VRI de 1 hora con 11 minutos versus el de la tradicional con 3 horas con 25 minutos.

A. Comparación de tiempo

Tabla 43

Comparación de tiempo total

	Mes 1	
	Tiempo C T Hrs.	tiempo CVRI Hrs.
día1	3,25	4,6
día2	3,25	0
día3	3,25	0
Tiempo total	10,15	4,6
Diferencia pre y post		47%
Productividad tiempo		53%

En la comparación de la tabla 43 podemos observar que la capacitación tradicional sobre EPPs para 60 trabajadores, según el cronograma anual de capacitaciones, se da en tres días los cuales sumados hacen un total de 10 horas con 15 minutos, versus la capacitación con realidad virtual inmersiva, la cual se lleva a cabo en un solo día, y en 6 grupos de 10, haciendo un total de 4 horas con 6 minutos, teniendo una diferencia en cuanto a productividad de un 53%.

B. Comparación de costos

Tabla 44

Comparación de costos totales

	Mes 1	
	Costo C T S/	Costo CVRI S/
mes 1	78902	67950
mes 2	8892	5200
mes 3	8892	5200
Costo total	96686	78350
Diferencia pre y post		81%
Productividad de costo		19%

En la tabla 44 apreciamos la diferencia de los costes de ambas capacitaciones, siendo mayor el primer monto de ambas, por incluir a los costos fijos y variables. En esta tabla también destaca la capacitación con realidad virtual inmersiva con un 19%.

C. Comparación de resultados obtenidos (Evaluación)

Tabla 45

Resultados de evaluación - encuestados

	Mes 1			
	Evaluación CT		Evaluación CVRI	
	f	%	f	%
Aprobados	14	78%	18	100%
Desaprobados	4	22%	0	0%
total	18	100%	18	100%

Tabla 46

Resultados de evaluación número total de trabajadores

	Mes 1			
	Evaluación CT		Evaluación CVRI	
	f	%	f	%
Aprobados	47	78%	60	100%
Desaprobados	13	22%	0	0%
total	60	100%	60	100%

Finalmente, luego de realizar la comparación respectiva de los resultados de tiempo, costo y mediante la capacitación tradicional vs la capacitación con realidad virtual inmersiva se tiene la productividad final del proceso de capacitación.

Productividad final = Producción obtenida / Recursos empleados

$P = \text{Trabajadores aprobados} / \text{tiempo empleado} + \text{Costos (Local, materiales, ponente, etc)}$

- **Obtención de la productividad en el proceso de capacitación tradicional de 60 trabajadores en función al tiempo.**

Trabajadores aprobados = 48

Tiempo invertido = 205 min

Días = 3



$$P = 48/615 = 0.08 = 8\%$$

- **Obtención de la productividad en el proceso de capacitación con VRI de 60 trabajadores en función al tiempo**

Trabajadores aprobados = 60

Tiempo invertido = 41 min

Veces = 6

$$P = 60/246 = 0.24 = 24\%$$

Teniendo como recurso al tiempo, para la capacitación tradicional que se realiza durante tres días, con 205 minutos diarios, se tiene un total de 615 minutos y con 48 trabajadores aprobados se obtiene una productividad de 8%, mientras que con la capacitación con VRI, se requiere 41 minutos para capacitar a 10 trabajadores y un total de 246 minutos para los 60 trabajadores en un solo día, con 60 trabajadores aprobados se obtiene una productividad de 24%. Por ende la capacitación con VRI es tres veces más productiva que la tradicional en función al tiempo.

- **Obtención de la productividad en el proceso de capacitación tradicional de 60 trabajadores en función a costos**

Trabajadores aprobados = 48

Costo = S/. 8,892.00

Días = 3

$$P = 48/8892 = 0.005 = 0.5\%$$

- **Obtención de la productividad en el proceso de capacitación con VRI de 60 trabajadores en función costos.**

Trabajadores aprobados = 60

Costo = S/. 5,200.00

Días = 1



$$P = 60/5200 = 0.011 = 1.1\%$$

En función a costos, se consideró a los costos variables, en cuanto a la capacitación tradicional, los costos variables fueron de S/. 8892.00, con 48 trabajadores aprobados se obtuvo como productividad 0.5%, mientras que en la capacitación con VRI, considerando como costos variables S/. 5200.00 y con 60 trabajadores aprobados se obtuvo 1.1% de productividad, siendo este resultado el doble.

- **Obtención de la productividad en el proceso de capacitación tradicional de 60 trabajadores en función a la mano de obra requerida.**

Trabajadores aprobados = 48

Mano de obra requerida = 3

Días = 3

$$P = 48/9 = 5.33 \text{ (Trabajadores aprobados)}$$

- **Obtención de la productividad en el proceso de capacitación con VRI de 60 trabajadores en función a la mano de obra requerida**

Trabajadores aprobados = 60

Mano de obra requerida =

Días = 1

$$P = 60/2 = 30 \text{ (trabajadores aprobados)}$$

En cuanto a la productividad de la mano de obra, en la capacitación tradicional se requiere a tres personas que son: instructor, asistente y secretaria para desarrollar la capacitación con 48 trabajadores aprobados se obtiene 5.33% de productividad, mientras que en la capacitación con VRI, solo se requiere: instructor, asistente, y con 60 trabajadores aprobados se obtiene 30% de productividad, siendo este resultado 6 veces mejor que el anterior.

5.3. Comprobación de la hipótesis general

Luego de realizar el análisis descriptivo antes y después de la aplicación de la realidad virtual inmersiva en el proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional se responde a la hipótesis general de estudio:

H1 = La aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

H0 = La aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva no permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

Antes de contrastar la hipótesis en estudio se debe determinar la prueba de normalidad, es decir si los datos provienen de una población distribuida normalmente. Para ello se utilizará la prueba de Shapiro-Wilk, debido a que la muestra es menor a 50 trabajadores. (Anexo 9)

Para efectuarla se calcula la media y la varianza muestral, S^2 , y se ordenan las observaciones de menor a mayor. A continuación, se tiene:

Tabla 47
Prueba de normalidad

	Shapiro-Wilk				
	Estadístico	gl	Estadístico	gl	Sig.
Calificación del proceso de capacitación	,254	18	,003	,882	18
Nota aprobatoria	,476	18	,000	,520	18
Retención de información	,312	18	,000	,789	18

Que el valor de significancia obtenido es menor a 0.05, por lo que se afirma que los datos en estudio son no paramétricos, para lo cual se procederá con la comparación de muestras (pre y post) de Wilcoxon.

Tabla 48

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Calificación del proceso de capacitación (post) - Calificación del proceso de capacitación	Rangos negativos	0 ^a	,00	,00
	Rangos positivos	16 ^b	8,50	136,00
	Empates	2 ^c		
	Total	18		
Nota aprobatoria (post) - Nota aprobatoria	Rangos negativos	4 ^d	2,50	10,00
	Rangos positivos	0 ^e	,00	,00
	Empates	14 ^f		
	Total	18		
Retención de información (post) - Retención de información	Rangos negativos	0 ^g	,00	,00
	Rangos positivos	18 ^h	9,50	171,00
	Empates	0 ⁱ		
	Total	18		

La prueba de comparación de muestras de Wilcoxon, es una prueba no paramétrica de comparación de dos muestras relacionadas, que no necesita una distribución Específica, de nivel ordinal de la variable dependiente y se utiliza para comparar dos mediciones de rangos (medianas) y determinar que la diferencia no se deba al azar (que la diferencia sea estadísticamente significativa). A continuación, se muestra los resultados que responden a un cambio significativo luego de la post evaluación.

Tabla 49

Estadísticos de prueba Wilcoxon

	Calificación del proceso de capacitación (post) - Calificación del proceso de capacitación	Nota aprobatoria (post) - Nota aprobatoria	Retención de información (post) - Retención de información
Z	-3,656 ^b	-2,000 ^c	-3,874 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,000	,046	,000

Se observa en cuanto a la comparación de calificación del proceso de capacitación pre y post implementación de la Realidad Virtual Inmersiva un $p = ,000$, esto significa que si existe diferencias significativas. Asimismo, en cuanto a la nota aprobatoria obtenida en la pre y post evaluación se tiene un $p = ,046$; lo que significa que existe diferencias significativas antes y después de la aplicación; y respecto al nivel de retención de información también se encontró un $p = ,000 < a 0,05$, por lo que también se afirma que existe diferencias significativas antes y después de la aplicación de la Realidad Virtual Inmersiva, las pruebas de normalidad y Wilcoxon se realizaron en el software SPSS.

Finalmente, para responder a la hipótesis general se tomó en cuenta el objetivo final del proceso de capacitación (aprendizaje), que se medirá a través de la calificación que obtenga el trabajador luego de capacitarlo:

Respondiendo así que se afirma la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula; la aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

Capítulo VI: Discusión de resultados

La presente investigación aborda las nuevas tecnologías probadas y disponibles en la actualidad correspondiente a las Industrias 4.0, que incorporan dentro de este el uso de Realidad Virtual Inmersiva para la capacitación dinámica del personal en actividades industriales de seguridad, mantenimiento y operaciones.

Considerando los riesgos que presenta trabajar en una empresa minera, como Antamina S.A, Huari, Ancash, se realizó la aplicación de un aplicativo interactivo con contenido en Seguridad y Salud Ocupacional a los trabajadores, para conocer la relevancia de esta técnica en la industria.

6.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

Los hallazgos más importantes encontrados de acuerdo a las encuestas realizadas a los trabajadores de la empresa Minera Antamina S.A. antes de la aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva en el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional y después se muestran a continuación:

Respondiendo a la hipótesis general se tiene:

H1 = La aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

H0 = La aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva no permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.

Se observa en cuanto a la comparación de la nota aprobatoria obtenida del proceso de capacitación pre y post implementación de la Realidad Virtual Inmersiva un $p = ,046$, esto significa que si existe diferencias significativas por lo que se rechaza la hipótesis nula y se afirma la hipótesis alterna.



De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, bajo la percepción de los trabajadores se afirma que el proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional a través de la tecnología de realidad virtual inmersiva permite mejorar la capacidad de aprendizaje de los trabajadores. El 100% de los trabajadores encuestados mencionaron una mayor retención de información con este proceso de capacitación, obteniendo notas aprobatorias al final de la simulación (94.4%), porque ponen en prácticas lo aprendido y es interactiva y que el 72% y 27% de los trabajadores calificaron como excelente y bueno este proceso de capacitación.

Esto debido a que en el proceso de las capacitaciones e inducciones tradicionales, se pudo observar de cerca una exposición con el uso de diapositivas y videos para explicar el contenido en seguridad y salud ocupacional seguridad. Asimismo, esta técnica no permitió cumplir con los objetivos trazados, ya que la mayoría de los trabajadores obtuvieron notas desaprobatorias. Este último es un resultado importante de analizar, debido a que la falta de aprendizaje, bajo conocimiento y falta de simulación generará grandes tasas de accidentes en la empresa minera, irreparables daños que provocaran pérdidas humanas y económicas.

Posteriormente, al invitar a los participantes a la experiencia de ser capacitados por otra metodología, es decir realidad virtual, se obtuvieron notas aprobatorias en su mayoría, así como mayor retención, y mejores resultados en general, como lo reflejan las encuestas.

Por otra parte respecto a la primera hipótesis específica 1, el proceso actual de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019, presenta una gestión tradicional. El 100% de los trabajadores mencionaron que si reciben capacitaciones mediante exposiciones con uso de las diapositivas u otras representaciones gráficas no dinámicas o tecnología de realidad



virtual inmersiva; asimismo el 44.44% de los trabajadores califica como regular el proceso de capacitación. El 83.3% de los trabajadores mencionan que si debería mejorar el proceso de capacitación y que deberían considerar mejorar la tecnología (50%) que se aplica a este proceso, asimismo la metodología, videos y simulación.

Respondiendo a la hipótesis específica 2, se tiene que el diseño de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva contribuye en la mejora del proceso de capacitación en Seguridad y Salud ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. Esto debido a que el modelado conceptual (escenarios, objetos 3D con los bocetos adecuados y direccionados al objetivo inicial, así como el modelado de la navegación (diagrama de todo el proceso), permitirán facilitar el aprendizaje de los trabajadores en cuanto a seguridad y salud ocupacional.

Respecto al objetivo específico 3, el desarrollo de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva contribuye en la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. La adecuada producción de recursos artísticos, animación e integración de estos, la producción de los recursos tecnológicos y la realización de pruebas para su buen funcionamiento orientado al objetivo inicial permitirá mejorar el proceso de capacitación en los trabajadores de la empresa.

Finalmente respondiendo al objetivo específico 4, sobre la evaluación de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional, da como resultado la reducción de los peligros y riesgos durante la actividad de los trabajadores e incrementa la productividad de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. Los trabajadores de la empresa minera calificaron como mejor (44.4%) y mucho mejor (55.60%) el proceso de capacitación a través de la realidad virtual; asimismo que durante este proceso el 100% de los



trabajadores se siente seguro; el 94.4% de los trabajadores no sintió ninguna molestia o mareo a través de este proceso de capacitación y el 94.4% de los trabajadores menciona que debería complementar esta tecnología al método tradicional en la empresa.

Disponer de espacios y equipos virtuales para entrenamiento a través de esta tecnología, lo que normalmente no se podría tener acceso en el mundo real por sus elevados costos, requerimientos legales y riesgos al personal en entrenamiento, evitará el incremento de peligros y riesgos durante la actividad de entrenamiento, ya que el personal es entrenado en un ambiente seguro con entornos virtuales controlados. Asimismo se logra disminuir el costo operativo por contar con personal debidamente capacitado y entrenado ya que hay una alta probabilidad de disminución de accidentes.

6.2. Comparación con la literatura existente

Hablar de seguridad y salud en el trabajo implica conocer profundamente los alcances del trabajo que se realiza normalmente, así como el entorno necesario para realizarlo. Es así que nace la importancia de incorporar medidas de prevención, como el proceso de capacitación a través de la realidad virtual inmersiva en esta investigación y recientes investigaciones que contrastan su nivel de eficiencia.

La presente investigación logró corroborar baja la percepción de los trabajadores que efectivamente esta tecnología permite mejora en mayor medida el proceso de aprendizaje en cuanto a seguridad y salud ocupacional, más aún si lo aprendido se corrobora con la práctica. Con la realidad virtual los trabajadores de esta empresa minera lograron entrenarse en un ambiente seguro y controlado, dominar su área de trabajo, comprender los riesgos y afrontar sus actividades laborales de día con las herramientas y conocimientos.

Tal como Nayhua & Roy (2017), revela en su investigación que el uso de Realidad Virtual Inmersiva (RVI), mejora la capacitación y el entrenamiento de personal



en actividades industriales en seguridad, mantenimiento y operaciones, por la interacción que se da entre el personal en entrenamiento y su entorno virtual de trabajo controlado.

Mediante el uso de RV, el personal en entrenamiento puede interactuar en el entorno de trabajo para aprender haciendo disponiendo de información en forma de textos, información gráfica, percibiendo sonidos y condiciones naturales del ambiente (lluvia, calor, neblina, polvo, etc.).

Cabrera (2015), también reafirma estos resultados mencionando que la implementación de un plan de capacitación virtual mejoró el conocimiento de su puesto de trabajo y funciones del personal lo que impactó positivamente en su desempeño laboral. Además el personal ha acogido la idea de forma positiva lo que facilitó su implementación.

En la presente investigación uno de los temas principales en este tipo de capacitación es la seguridad que siente el usuario, durante el proceso de capacitación, esta fue medida por la pregunta, ¿se siente seguro al recibir la capacitación a través de realidad virtual?, obteniendo como respuesta “sí” también al 100%, en el caso de las molestias o mareos durante la experiencia, se obtuvo un 5% de usuarios que experimentaron molestias, para lo cual se recomienda la capacitación con realidad virtual no inmersiva. De igual manera, las respuestas para calificar la capacitación por realidad virtual tienen como calificación mayoritaria “excelente” y para concluir un 94% sugiere complementar la capacitación tradicional con realidad virtual, mientras que un 6% sugiere reemplazarla

Cabezuelo (2016), concluyó que la revisión sistemática encontró evidencia sólida de que la terapia de realidad virtual es un buen medio de intervención para mejorar la marcha y el equilibrio en el accidente cerebrovascular. Sin embargo, existe evidencia limitada sobre el efecto de la realidad virtual en el miembro superior e inferior.



6.3. Implicancias del estudio

En una sociedad que camina hacia la era de la industria 4.0, la realidad virtual se convierte en una oportunidad para las empresas aportando una nueva forma de entender la formación. Esta tecnología actualmente se ha extendido a diferentes campos de la ciencia y la industria como en los procesos de enseñanza, creando simulaciones virtuales de entrenamiento con una visualización tridimensional.

Aplicar esta tecnología en la capacitación, permitirá comprender todas las actividades que van, desde la adquisición de una sencilla habilidad motriz, hasta el desarrollo de un conocimiento técnico complejo, la dotación de actitudes administrativas muy elaboradas, y la evolución de actitudes referentes a problemas sociales complicados.

Dentro de la seguridad y salud ocupacional, la capacitación es clave para los trabajadores, tiene el objetivo de brindar conocimientos especializados que ayuden al trabajador evitar accidentes, contribuyendo de esta manera a crear una cultura de seguridad preventiva.

Se requiere trabajadores capacitados para realizar correctamente sus tareas y mejorar su competitividad y productividad. Por lo tanto, innovar en diferentes estrategias de capacitación de la mano de la tecnología, permitirá mejorar en mayor medida el aprendizaje de los capacitados.

La realidad virtual inmersiva es una herramienta muy útil en el proceso de capacitación, debido a que evita riesgos innecesarios y mejora la productividad de los empleados. Distintos sectores industriales ya incorporaron esta forma de capacitación y son conscientes de que aporta grandes ventajas; una de sus mayores ventajas es que permite hacer una formación multipresencia, capacitar en cualquier momento y lugar, sin



incurrir en costos adicionales, sin detener la operación y eliminando los riesgos para el personal y activos de la compañía. Finalmente, esta tecnología permite eliminar distracciones, permitiendo a los trabajadores una experiencia que permite adquirir información relevante con un alto grado de recordación, constituyendo un elemento clave del aprendizaje.



CONCLUSIONES

- Se concluye que la aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019, con un nivel de significancia de 0,046 que afirma la hipótesis alterna en estudio; esto debido a que durante la aplicación de la capacitación tradicional solo el 78% de los trabajadores obtuvo una calificación aprobatoria, mientras que luego de la aplicación de la realidad virtual inmersiva se tuvo un 100% de aprobados. Asimismo, este resultado se complementa con que, el 72.22% y el 27.78% de los trabajadores califico como excelente y bueno respectivamente esta nueva metodología de capacitación; y de igual manera el 83.89% de los trabajadores encuestados afirma tener una mejor retención de información.
- El procedimiento actual de capacitación en seguridad y salud ocupacional, en la empresa minera Antamina S.A. es tradicional, debido a que en este proceso de enseñanza - aprendizaje un expositor utiliza como herramienta las diapositivas. Por lo que el 83.30% de los trabajadores consideraron mejorar el proceso actual, en cuanto a tecnología, metodología, videos y simulación. Además, los trabajadores calificaron este proceso de capacitación como regular (44.44%) y malo (11.11%).
- En el diseño del programa de realidad virtual inmersiva, se realizó una visita previa a la empresa minera para identificar los problemas durante el proceso de capacitación y las consecuencias que emergen (incidentes y accidentes). A partir de la información obtenida se realizó el modelado conceptual, primeros bocetos; modelado de navegación, interacción del usuario con el entorno; descripción de componentes; modelado de eventos, sucesos que el usuario simulará. Esta



segunda fase contribuye a que durante el proceso de capacitación a través de realidad virtual inmersiva el usuario se familiarice con el entorno, equipos, herramientas entre otros elementos que se asemejen a la realidad y permitan una mejor adaptabilidad.

- La segunda fase de desarrollo del programa de realidad virtual inmersiva, permitió integrar todos los elementos de la fase de diseño, teniendo la posibilidad de corregir errores. Para lo cual se realizó la producción de recursos artísticos, animación e integración, producción de recursos tecnológicos y pruebas que permitirán pre visualizar el producto final. Esto permitirá detectar a tiempo errores del software que alterarían el proceso de capacitación en seguridad y salud ocupacional con realidad virtual inmersiva.
- La aplicación de Realidad Virtual inmersiva permite incrementar la productividad en el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. Debido a que la productividad en cuanto al tiempo en la capacitación tradicional fue de 8% y en el capacitación con realidad virtual inmersiva fue de 24%; asimismo en cuanto a la productividad - costos en la capacitación tradicional se obtuvo un 0.5% y un 1.1% para la capacitación con VRI; y en cuanto a la productividad – mano de obra se obtuvo que por cada mano de obra utilizada en el proceso de capacitación tradicional, 5.33 trabajadores obtuvieron una calificación aprobatoria, mientras que por cada mano de obra requerida en el proceso de capacitación con VRI, 30 trabajadores obtuvieron una calificación aprobatoria.



RECOMENDACIONES

- Se recomienda implementar la capacitación a través de realidad virtual inmersiva en todas las áreas de la empresa minera, ya que se demostró la aceptación por el 100% de los trabajadores encuestados, complementando las capacitaciones tradicionales, y estando a la vanguardia de la tecnología de la mano de los pilares de la industria 4.0.
- Se recomienda aplicar la metodología utilizada, de: análisis, diseño, desarrollo y evaluación, para otros procedimientos diferentes a los de alto riesgo, como al de los operadores de grúas, camiones mineros, chancadora, molinos, entre otros, que incurren en altos costos al no ser operados de la forma correcta, dichos costos serán evitados usando la tecnología de realidad virtual inmersiva, y contribuirán a la práctica de los operadores.
- Para el 5% de encuestados que experimento molestias durante la capacitación con realidad virtual inmersiva, se recomienda capacitar a este porcentaje con realidad virtual no inmersiva.
- Se recomienda aplicar también los demás pilares de la industria 4.0 ya que al tener esta una definición de interconectividad, la información recaudada por la realidad virtual inmersiva, se convierte en Big data, la cual es evaluada para la toma de decisiones en tiempo real, de la cual estaría a cargo la inteligencia artificial.
- La realidad virtual inmersiva, la realidad aumentada, y la realidad mixta, también se pueden aplicar a otras áreas diferentes de la seguridad las cuales son: mantenimiento, recursos humanos, entre otros los cuales se recomienda aplicar a mediano plazo.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abreu, J. (2015). Síndrome Todo Menos Tesis (TMT) . *Daena: International Journal of Good Conscience.*, 246-259.
- Apaza, R. (28 de diciembre de 2012). *Seguridad y Salud Ocupacional*. Obtenido de <https://www.rubenapaza.com/2012/12/seguridad-y-salud-ocupacional-definicion.html>
- Asociación Española de Ergonomía. (27 de noviembre de 2019). *¿Qué es la ergonomía?* Obtenido de <http://www.ergonomos.es/ergonomia.php>
- Barros, T. (2017). *La Industria 4.0: Aplicaciones e Implicaciones*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Barros, T. (2017). *La Industria 4.0: Aplicaciones e Implicaciones*. Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Basco, A., Beliz, G., Coatz, D., & Garnero, P. (2018). *Industria 4.0*. Buenos Aires: BID.
- Bussines School. (2019). *Project Management*. Obtenido de Etapas del proceso de producción: del acopio al acondicionamiento: <https://www.obs-edu.com/int/blog-project-management/proyectos-ingenieria/etapas-del-proceso-de-produccion-del-acopio-al-acondicionamiento>
- Cabezuelo, A. (2016). *Efectividad de la realidad virtual en el tratamiento del accidente cerebrovascular: una revisión sistemática (tesis pregrado)*. Universidad de Jaén, Perú.



Canahuire, A. E., Endara, F., & Morante, E. A. (2015). *¿Como hacer la tesis universitaria?* Cusco: Colorgraf S.R.L.

Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

Chiavenato, I. (2007). *Administración de Recursos Humanos*. México: Copyright © MMIV by Editora Atlas, S.A. All rights reserved.

Chiavenato, I. (2009). *Comportamiento organizacional*. México: Mcgraw-Hill Interamericana Editores, S.A. .

Compañía Minera Antamina S.A. (diciembre de 2018). *Reporte de sostenibilidad*.
Obtenido de <http://www.antamina.com/wp-content/uploads/2018/10/reporte-de-sostenibilidad-2017.pdf>

CoperAcción. (Noviembre de 2017). *Actualidad Minera del Perú*. Obtenido de <http://cooperacion.org.pe/wp-content/uploads/2017/11/BOLETINAMP219-1.pdf>

Cruz, F., Durbey, A., & Sanz, J. (2011). *Entorno virtual 3D multiusuario para simulación de escenarios de evacuación*. Universidad Complutense de Madrid, España.

Dewey, J. (1970). *Democracia y Educación*. Buenos Aires: Losada.

Díaz, M. (2009). *Salud y seguridad en trabajos de minería*. Buenos Aires: Aulas y Andamios.

Escartín, E. (2000). *La realidad virtual, una tecnología educativa a nuestro alcance*. Cuba: Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría ISPJAE.



- Figueroa, I. (2017). *Sistema de gestión en seguridad, salud ocupacional y medio ambiente de una empresa contratista del sector minería (tesis pregrado)*. Universidad Andina de Cusco, Cusco.
- Gao, F. (2009). *Las Aplicación de Mantenimiento Productivo Total*. Beijing, China: China Machine Press.
- Hernandez, R., & Fernández, C. B. (2014). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. Mexico: Mc Graw Hill Education.
- Instituto de Ingenieros de Minas del Perú. (2018). *Minería*. Lima: Institutos de Ingenieros de Minas del Perú.
- Instituto Peruano de Economía. (19 de abril de 2018). *Aporte de la minería al PBI*.
Obtenido de <http://www.ipe.org.pe/portal/aporte-de-la-mineria-al-pbi/>
- ISO 45001. (marzo de 2018). *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*.
Obtenido de file:///C:/Users/ANA%20MARIA/Downloads/ISO-45001-Norma-Internacional-Oficial-Espa%C3%B1ol-Safety-VIP-1_unlocked.pdf
- Jackson, L. (2006). *Hoshin Kanri for the Lean Enterprise: Developing Competitive Capabilities and Managing Profit*. New York, USA : Productivity Press.
- Lacavex, M. (2013). Capacitación y adiestramiento para el trabajo en el Derecho Mexicano. *Revista de derecho (Valparaíso)*, 85-105.



Maldonado , C., & Zamora, R. (2017). *Realidad Virtual en la Educación: Matemáticas en Tercer Grado de Primaria (tesis pregrado)*. Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Masters, K. (2013). Piramide de aprendizaje en la educación médica. *Med enseñar*, 1584-1593.

Maynard, H. (2006). *Manual del Ingeniero Industrial*. México: McGraw Hill.

Montero, R. (2012). Realidad virtual. *Autores científico-técnicos y académicos*, 51-59.

Nayhua, J., & Roy, G. (2017). *Uso de Realidad Virtual Inmersiva (RVI) para el entrenamiento de personal en Seguridad, mantenimiento y operaciones*. Perú: Centro de Entrenamiento en Realidad Virtual.

Núñez, Y. (2018). *Realidad virtual aplicada a la ergonomía. Caso de estudio ergonómico “manipulación y movilización de paciente en enfermería (tesis posgrado)*. Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia .

OPS. (Agosto de 2019). *Salud de los Trabajadores: Recursos*. Obtenido de https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=1527:workers-health-resources&Itemid=1349&limitstart=2&lang=es

Osinermin. (diciembre de 2018). *Análisis Estadístico de Seguridad y Compendio de Accidentes en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería - 2018*. Obtenido de http://www.osinermin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Compendio-Ilustrativo-Accidentes-Mineria-2018.pdf



OSINERGMIN. (2018). *Compendio Ilustrativo de Accidentes en el Sector de Mediana Minería y Gran Minería - 2017*. Lima: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería,.

Quispe, R. (2019). *Efectos del uso de tecnología digital en las capacitaciones del personal, en el sector minero, Perú, 2018 (tesis de pregrado)*. Universidad Continental, Arequipa.

Ramos, N. (2003). Realidad Virtual. *Enterate*, 23-25.

Saldarriaga, S. (21 de abril de 2017). *La importancia de la realidad virtual para las empresas*. Obtenido de <https://www.klika.mx/realidad-virtual-para-las-empresas/>

Sampieri, R. H. (2006). *Metodología de la Investigación*. Mexico D.F.: Mc Graw Hill.

Schawab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Colombia: El Tiempo Casa.

Zeithmal, V. (2009). *Marketing de Servicios*. Estados Unidos: Mc Graw Hill.

Zhan, Z. (2011). The Application of VR on Distance Education. *Intelligent Computing and Information* , 78-83. doi:10.1007/978-3-642-18134-4_13



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODO Y DISEÑO	POBLACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS
<p>Problema general</p> <p>¿De qué manera la aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva mejora el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional utilizando la tecnología de Realidad Virtual inmersiva, en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.</p>	<p>Hipótesis general</p> <p>H1 = La aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. H0 = La aplicación de la tecnología de Realidad Virtual inmersiva no permite mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.</p>	<p>VI: Realidad Virtual inmersiva</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fase de análisis • Fase de diseño de desarrollo • Fase de evaluación <p>VD: Capacitación en seguridad y Salud Ocupacional</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accidentes • Incidentes • Comportamientos seguros e inseguros • Uso de EPP 	<p>Tipo de investigación: Aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Correlacional–descriptivo</p> <p>Diseño de la investigación: Cuasiexperimental</p>	<p>Población: Trabajadores de la empresa minera Antamina S.A.C. Muestra: 18 trabajadores</p>	<p>Técnicas de la investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión documental • Encuesta <p>Instrumentos de la investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuestionario
<p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo es el proceso actual de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019? • ¿Cuál es el diseño del programa de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud 	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocer el proceso actual de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. • Diseñar el programa de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud 	<p>Hipótesis específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • El proceso actual de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019, es tradicional. • El diseño del programa de Realidad Virtual inmersiva contribuye a la mejora del proceso de capacitación en Seguridad y Salud 				



<p>Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019?</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el desarrollo de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019? • ¿Cómo es la evaluación de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en función a la productividad en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019? 	<p>Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar la aplicación de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019 • Evaluar la aplicación de Realidad Virtual inmersiva para la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en función a la productividad en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. 	<p>ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El desarrollo de la aplicación de Realidad Virtual inmersiva contribuye en la mejora de procesos de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. • La aplicación de Realidad Virtual inmersiva permite incrementar la productividad en el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. 				
--	---	--	--	--	--	--



Anexo 2. Instrumentos

ENCUESTA PRE APLICACIÓN**CUESTIONARIO****UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

Con el propósito de Mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional utilizando la tecnología de Realidad Virtual, en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. Se lleva a cabo un trabajo de investigación dirigido a los trabajadores de la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash, por lo que le pedimos responder al siguiente cuestionario con sinceridad. Las respuestas son de carácter anónimo. Agradecemos anticipadamente su gentil atención.

Fecha: __/__/__

Hora: _____

N° de Encuesta: _____

1. GÉNERO:

- a) Femenino
- b) Masculino

2. EDAD

- a) 18 – 25 años
- b) 26– 33 años
- c) 34 – 41 años
- d) 42 a más años

3. GRADO DE INSTRUCCIÓN

- a) Primaria
- b) Secundaria
- c) Superior

4. ¿QUÉ TIEMPO TRABAJA EN LA EMPRESA MINERA ANTAMINA S.A.?

- a) De un mes a 6 meses
- b) De 6 meses a 1 año
- c) De 1 año a 2 años
- d) De 2 años a mas

5. ¿UD. ALGUNA VEZ SUFRIÓ ALGÚN ACCIDENTE DE TRABAJO?

- a) Si
- b) No

7. ¿UD. ALGUNA VEZ SUFRIÓ ALGÚN INDENTE EN EL TRABAJO?

- a) Si
- b) No



8. ¿LA EMPRESA MINERA SE ENCARGA DE REALIZAR CAPACITACIONES, CHARLAS O INDUCCIONES EN ALGUNO DE LOS SIGUIENTES TEMAS?

Accidente e incidente en el trabajo	a) Si	b) No
Primeros auxilios	c) Si	d) No
Equipos de protección personal	a) Si	b) No
IPEC	c) Si	d) No
Trabajos de alto riesgo	a) Si	b) No

9. ¿CÓMO CALIFICARÍA UD. EL PROCESO DE INDUCCIÓN/CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL QUE REALIZA LA EMPRESA MINERA ANTAMINA S.A?

- a) Excelente
- b) Bueno
- c) Regular
- d) Malo

10. EL PROCESO ACTUAL DE CAPACITACIÓN EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL ES:

- a) Tradicional (Ponente y diapositivas)
- b) Innovador (Uso de otra tecnología)

11. ¿OBTUVO UNA NOTA APROBATORIA EN EL EXAMEN DE INDUCCIÓN DE LA EMPRESA MINERA ANTAMINA S.A.?

- a) Si
- b) No

12. ¿CUÁL FUE EL GRADO DE RETENCIÓN DE INFORMACIÓN EN CUANTO A LA CAPACITACIÓN ACTUAL?

b) Malo	c) Regular	d) Bueno	e) Excelente
---------	------------	----------	--------------

13. ¿UD. CONSIDERA QUE SE DEBERÍA MEJORAR EL PROCESO DE INDUCCIÓN/CAPACITACIÓN EN SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL EN LA EMPRESA MINERA ANTAMINA S.A?

- b) Si
- c) No

14. SI SU RESPUESTA ANTERIOR FUE AFIRMATIVA ¿QUÉ ASPECTOS DEBERÍAN MEJORAR EN CUANTO AL PROCESO DE INDUCCIÓN/CAPACITACIÓN EN SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL EN LA EMPRESA MINERA ANTAMINA S.A?

- a) Metodología
- b) Tecnología



- c) Simulación
- d) Videos

15. ¿AL MOMENTO DE REALIZAR SU JORNADA LABORAL, LA EMPRESA MINERA LE FACILITA EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL ADECUADOS A SU LABOR?

EPP para los ojos y el rostro	a) Siempre	b) A veces	c) Nunca
EPP para la cabeza	a) Siempre	b) A veces	c) Nunca
EPP para los pies	a) Siempre	b) A veces	c) Nunca
EPP para las manos	a) Siempre	b) A veces	c) Nunca
EPP auditivo	a) Siempre	b) A veces	c) Nunca
EPP respiratorio	a) Siempre	b) A veces	c) Nunca
Ropa protectora	a) Siempre	b) A veces	c) Nunca

**ENCUESTA POST APLICACIÓN****CUESTIONARIO****UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO****FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA****ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

Con el propósito de Mejorar el proceso de capacitación en Seguridad y Salud Ocupacional utilizando la tecnología de Realidad Virtual, en la empresa Minera Antamina S.A, Huari, Ancash – 2019. Después de ser capacitados, poner en práctica y ser evaluados a través de los visores de Realidad Virtual, solicitamos responder a las siguientes preguntas con sinceridad.

Fecha: __/__/__

Hora: _____

N° de Encuesta: _____

1. GÉNERO:

- c) Femenino
- d) Masculino

2. EDAD

- e) 18 – 25 años
- f) 26– 33 años
- g) 34 – 41 años
- h) 42 a más años

3. ¿CÓMO CALIFICARÍA UD. EL PROCESO DE INDUCCIÓN/CAPACITACIÓN EN SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL A TRAVES DE LA REALIDAD VIRTUAL?

- e) Excelente
- f) Bueno
- g) Regular
- h) Malo
- i) Muy malo

4. ¿OBTUVO UNA NOTA APROBATORIA AL FINAL DE LA SIMULACION CON REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA?

- c) Si
- d) No

5. ¿CUÁL FUE EL GRADO DE RETENCIÓN DE INFORMACIÓN EN CUANTO A LA CAPACITACIÓN MEDIANTE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA?

a) Malo	b) Regular	c) Bueno	d) Excelente
---------	------------	----------	--------------



6. SI LA RESPUESTA ANTERIOR FUE SI ¿POR QUE CREE UD. QUE TUVO MAYOR RETENCIÓN?

- a) Porque es una capacitación interactiva
- b) Porque pongo en práctica lo aprendido
- c) Porque es más entretenida que la capacitación tradicional
- d) Porque yo soy el protagonista de la simulación

7. ¿SE SIENTE SEGURO AL RECIBIR LA CAPACITACIÓN A TRAVES DE LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA?

- a) Si
- b) No

8. ¿SINTIO ALGUNA MOLESTIA O MAREO DURANTE LA CAPACITACIÓN CON REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA?

- a) Si
- b) No

9. ¿COMO CREE UD. QUE SE PODRIA IMPLEMENTAR LA REALIDAD VIRTUAL INMERSIVA AL PROCESO DE CAPACITACION/INDUCCION EN SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO?

- a) Reemplazar al método tradicional
- b) Complementar al método tradicional
- c) No se debería implementar