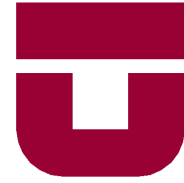




INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

PROYECTO DE TÍTULO

PROPUESTAS PARA EL REDISEÑO DE UN SISTEMA
DE REPORTABILIDAD DIGITAL DIRIGIDO A LA
SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL DEL ÁREA
OPERATIVA DE MINERA “LOS PELAMBRES”

AUTOR:
CRISTÓBAL MOLINA SILVA

PROFESOR TUTOR:
JORGE BRAXIO SANDOVAL MANRÍQUEZ

CURICÓ - CHILE
JULIO DE 2022

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



UNIVERSIDAD DE TALCA
DIRECCIÓN
SISTEMA DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD DE TALCA
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
CAMPUS CURICO

Curicó, 2023

ABSTRACT

The main objective of this project is to generate improvement proposals for a new digital reporting system to be implemented in Los Pelambres mining company, in order to solve the problems associated with it and, therefore, increase the efficiency in the security verifications of the activities to be carried out in the fieldwork by its workers through a new mobile application (Sword Verify). To achieve this, the relevant theoretical framework and the DMAIC continuous improvement methodology are presented, which consists of five steps (define, measure, analyze, improve and control) and was the one selected to guide and structure the carried out work.

Complying with its first stage, the diagnosis and definition of the current situation of Los Pelambres mining company regarding the mobile application is performed, a phase in which two main associated difficulties are determined: its implementation is being carried out inefficiently, and it presents imperfections in its functionality. Subsequently, the measurement of these is developed, where its affectation for the company is established. These are then analyzed in order to determine their various root causes. Consequently, improvement proposals are generated for both problems, prioritizing them according to the effort that would be involved in implementing them and their associated impact. As the last stage of the methodology, the control of the use of Sword Verify is carried out, through a dashboard in Microsoft Power Bi linked to a Microsoft Excel book that connects directly to the system's database.

Finally, the environmental, economic, social and safety impacts that the implementation of the improvement proposals would imply are evaluated. With regard to the environment, as a result of the reduction in the use of paper, it is determined that more than 1.300 kg of carbon dioxide would not be emitted annually, more than 127.000 liters of water would be saved and the felling of almost 10 trees would be avoided. On the other hand, the execution of this project cost the company \$5.300.000 approximately. In addition, in terms of the social sphere/area, a survey was carried out on 56 company workers, in which it is seen that the different parameters associated with the usability of the mobile application present a satisfaction between 80% and 95%, which reflects that this was well received by users, but that indeed there is still room for improvement about it. Lastly, the management of security measures at Los Pelambres would be considerably enhanced, because the mobile application would obtain data on more than 47.000 activities that were rejected each year, which would allow the organization to take corrective and/or mitigation actions to reduce this value, and thus increase its operational efficiency over time.

Keywords: Digitization, Improvement, Redesign, Occupational Health and Safety.

Cristóbal Molina Silva (cmolina17@alumnos.utalca.cl)
Industrial Civil Engineering Student – University of Talca
July 2022

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto tiene como principal objetivo generar propuestas de mejora para un nuevo sistema de reportabilidad digital a implementar en minera Los Pelambres, con el fin de solventar los problemas asociados a este y aumentar así la eficiencia en las verificaciones de seguridad de las actividades a realizar en terreno por sus trabajadores a través de una nueva aplicación móvil (Sword Verify). Para lograr esto, se presenta el marco teórico atinente y la metodología de mejoramiento continuo DMAIC, la cual consta de cinco pasos (definir, medir, analizar, mejorar y controlar) y fue la seleccionada para guiar y estructurar el trabajo realizado.

Cumpliendo con su primera etapa, se realiza el diagnóstico y definición de la situación actual de minera Los Pelambres respecto a la aplicación móvil, fase en la cual se determinan dos principales dificultades asociadas: su implementación se está realizando de forma ineficiente, y presenta imperfecciones en su funcionalidad. Posteriormente, se desarrolla la medición de estas, en donde se establece su afectación para la empresa. Luego, estas se analizan con el fin de determinar sus distintas causas raíz. En consecuencia, se generan las propuestas de mejora para ambos problemas, priorizándolas según el esfuerzo que implicaría implementarlas y su impacto asociado. Como última etapa de la metodología, se realiza el control del uso de Sword Verify, a través de un *dashboard* en Microsoft Power Bi enlazado a un libro de Microsoft Excel que se conecta directamente con la base de datos del sistema.

Finalmente, se evalúan los impactos ambientales, económicos, sociales y de seguridad que implicaría la implementación de las propuestas de mejora. Respecto al medioambiente, producto de la disminución en la utilización de papel se determina que anualmente se dejarían de emitir más de 1.300 kg de dióxido de carbono, se ahorrarían más de 127.000 litros de agua y se evitaría la tala de casi 10 árboles. Por otro lado, la ejecución del presente proyecto costó a la empresa \$5.300.000 aproximadamente. Además, en cuanto al ámbito social se realizó una encuesta a 56 trabajadores de la empresa, en la cual se visualiza que los distintos parámetros asociados a la usabilidad de la aplicación móvil presentan una satisfacción entre el 80% y el 95%, lo que refleja que esta fue bien recibida por los usuarios, pero que efectivamente aún hay margen de mejora al respecto. Por último, la gestión de las medidas de seguridad de Los Pelambres se vería considerablemente potenciada, debido a que en la aplicación móvil se obtendrían los datos de más de 47.000 actividades rechazadas de realizar cada año, lo que permitiría que la organización tome acciones correctivas y/o mitigadoras para disminuir este valor, y aumentar así su eficiencia operacional a lo largo del tiempo.

Palabras claves: Digitalización, Mejora, Rediseño, Seguridad y Salud Ocupacional.

Cristóbal Molina Silva (cmolina17@alumnos.utalca.cl)
Estudiante de Ingeniería Civil Industrial – Universidad de Talca
Julio de 2022

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO	2
1.1 Lugar de aplicación	3
1.1.1 Visión de Antofagasta Minerals	3
1.1.2 Propósito de Antofagasta Minerals.....	3
1.1.3 Valores de Los Pelambres	3
1.1.4 Producción de Los Pelambres	4
1.1.5 Estructura organizacional de la gerencia de Seguridad y Salud Ocupacional de Los Pelambres	4
1.2 Contexto del proyecto.....	5
1.2.1 Verificaciones de seguridad en papel	6
1.2.2 Verificaciones de seguridad virtuales mediante formularios <i>online</i>	8
1.2.3 Problemática	9
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo general	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	10
1.4 Resultados tangibles esperados	10
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA.....	12
2.1 Marco teórico.....	13

2.1.1 Metodologías de mejoramiento continuo	13
2.1.2 Herramientas para la definición, medición, análisis, propuestas de mejora y control de problemas.....	14
2.1.3 Manuales de instrucción	17
2.1.4 Normas de Seguridad y Salud Ocupacional	17
2.1.5 Herramientas de Seguridad y Salud Ocupacional	18
2.1.6 Métodos de comparación de alternativas.....	19
2.1.7 Sistemas de información.....	20
2.1.8 Metodologías de capacitación	21
2.1.9 Herramientas de evaluación de impactos de implementación.....	22
2.2 Metodología de solución	23
2.2.1 Método de comparación de metodologías.....	23
2.2.2 Selección de metodología.....	24
2.3 Cronograma	29
CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	30
3.1 Diagnóstico de la situación actual respecto al nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO	31
3.1.1 Active Risk Manager (ARM)	31
3.1.2 Sword Verify	33
3.1.3 Implementación de Sword Verify en Los Pelambres	35
3.2 Resultados del diagnóstico realizado.....	36

CAPÍTULO 4: MEDICIÓN DEL PROBLEMA.....	41
4.1 Medición del pilotaje de Sword Verify	42
4.1.1 Medición de uso de ARM.....	42
4.1.2 Medición de uso de Sword Verify.....	43
4.4 Medición de la implementación de Sword Verify en Los Pelambres	50
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DEL PROBLEMA	51
5.1 Análisis de los problemas identificados	52
5.2 Análisis de la implementación ineficiente de Sword Verify	52
5.3 Análisis de las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify	55
CAPÍTULO 6: PROPUESTAS DE MEJORA.....	58
6.1 Propuestas de mejora para los problemas identificados	59
6.2 Propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify	59
6.2.1 Definición de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify	59
6.2.2 Priorización de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify	61
6.3 Propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify	65
6.3.1 Definición de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify	65
6.3.2 Priorización de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify	66
CAPÍTULO 7: CONTROL DEL PROBLEMA.....	70

7.1 Control del uso de Sword Verify	71
CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DE IMPACTOS	75
8.1 Impacto ambiental de las propuestas de mejora	76
8.2 Impacto social de las propuestas de mejora.....	77
8.3 Impacto en la Seguridad y Salud Ocupacional de las propuestas de mejora.....	79
8.4 Impacto económico de las propuestas de mejora	82
CONCLUSIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA	86
ANEXOS.....	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Organigrama de la gerencia de SSO de Los Pelambres	5
Ilustración 2: Dificultades de las alternativas de verificación de seguridad en terreno	6
Ilustración 3: Ciclo de la metodología DMAIC	28
Ilustración 4: Árbol de problemas de la implementación ineficiente de Sword Verify	38
Ilustración 5: Árbol de problemas de las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify	38
Ilustración 6: Diagrama de Ishikawa sobre la ineficiente implementación de Sword Verify	39
Ilustración 7: Diagrama SIPOC del proceso de verificación de seguridad en Sword Verify	40
Ilustración 8: Matriz de impacto - esfuerzo de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify.....	63

Ilustración 9: Matriz de impacto - esfuerzo de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify	68
Ilustración 10: Panel de control del uso de Sword Verify	73
Ilustración 11: Versión preliminar de la nueva modalidad de respuestas “No” en Sword Verify	80
Ilustración 12: Resumen económico de llevar a cabo el proyecto mediante tres alternativas	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Toneladas de producción de minera Los Pelambres en el año 2021	4
Tabla 2: Cantidad de recursos involucrados mensualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres	8
Tabla 3: Valores cuantitativos para la comparación de criterios.....	24
Tabla 4: Comparación cuantitativa de los criterios definidos	25
Tabla 5: Promedio ponderado de cada criterio	26
Tabla 6: Evaluación de metodologías en los distintos criterios.....	27
Tabla 7: Cronograma de la ejecución del proyecto de título	29
Tabla 8: Empresas participantes del pilotaje de Sword Verify en Los Pelambres	36
Tabla 9: 5W1H de la ineficiente implementación de Sword Verify	37
Tabla 10: 5W1H de las imperfecciones en la funcionalidad de Sword Verify	37
Tabla 11: Principales causas de los problemas identificados respecto a la aplicación móvil	40

Tabla 12: Tiempo promedio invertido en realizar cada verificación de seguridad	49
Tabla 13: Tiempo promedio invertido en realizar cada verificación de seguridad según rango etario	49
Tabla 14: Análisis 5 Por qué de la implementación ineficiente de Sword Verify (parte uno)	53
Tabla 15: Análisis 5 Por qué de la implementación ineficiente de Sword Verify (parte dos)	54
Tabla 16: Análisis 5 Por qué de las imperfecciones en la funcionalidad de Sword Verify (parte uno).....	56
Tabla 17: Análisis 5 Por qué de las imperfecciones en la funcionalidad de Sword Verify (parte dos).....	57
Tabla 18: Evaluación de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify	62
Tabla 19: Priorización y descripción de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify.....	64
Tabla 20: Evaluación de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify	67
Tabla 21: Priorización y descripción de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify.....	69
Tabla 22: Verificaciones realizadas en Sword Verify en Los Pelambres por día y hora entre enero y junio del 2022	72
Tabla 23: Recursos ambientales implicados anualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres	76

Tabla 24: Estimación de actividades rechazadas de realizar mensual y anualmente en Los Pelambres	81
--	----

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Estimación de la cantidad de verificaciones de seguridad mensuales realizadas en papel en Los Pelambres	7
Ecuación 2: Hojas de papel utilizadas mensualmente para las verificaciones de seguridad de Los Pelambres	7
Ecuación 3: Dióxido de carbono emitido mensualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres	7
Ecuación 4: Litros de agua gastados mensualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres	7
Ecuación 5: Árboles talados mensualmente para la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres	7
Ecuación 6: Usuarios distintos por cada trabajador.....	8
Ecuación 7: Tamaño de muestra para probabilidades y proporciones con N conocida	15
Ecuación 8: Tamaño de muestra para probabilidades y proporciones con N desconocida..	15
Ecuación 9: Tamaño de la muestra para promedios con N conocida.....	15
Ecuación 10: Tamaño de la muestra para promedios con N desconocida.....	16
Ecuación 11: Razón de consistencia.....	25
Ecuación 12: Índice de consistencia.....	25
Ecuación 13: Índice de consistencia aleatoria	26
Ecuación 14: Suma de los promedios ponderados de cada criterio.....	26

Ecuación 15: Cálculo del índice de consistencia.....	26
Ecuación 16: Cálculo del índice de consistencia aleatoria	26
Ecuación 17: Cálculo de la razón de consistencia	27
Ecuación 18: Tiempo requerido para habilitar todas las carpetas de Los Pelambres.....	42
Ecuación 19: Días de trabajo requeridos para habilitar todas las carpetas de Los Pelambres	42
Ecuación 20: Tiempo invertido en registrar nuevos usuarios.....	43
Ecuación 21: Cantidad de datos para que la muestra de las mediciones sea representativa	49
Ecuación 22: Promedio diario de personas capacitadas en el piloto de Sword Verify	50
Ecuación 23: Tiempo estimado para capacitar a todos los trabajadores de Los Pelambres.	50
Ecuación 24: Dióxido de carbono emitido anualmente por la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres	76
Ecuación 25: Litros de agua gastados anualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres	76
Ecuación 26: Árboles talados anualmente para la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres	76
Ecuación 27: Cantidad de datos para que la muestra de la encuesta sea representativa	79
Ecuación 28: Estimación de la cantidad mensual de actividades rechazadas por las empresas participantes del piloto de Sword Verify en minera Los Pelambres	80
Ecuación 29: Estimación de la cantidad anual de actividades rechazadas por las empresas participantes del piloto de Sword Verify en minera Los Pelambres	80

Ecuación 30: Estimación de la cantidad total de respuestas "No" obtenidas mensualmente en las verificaciones realizadas en minera Los Pelambres.....	81
Ecuación 31: Estimación de las actividades rechazadas de realizar mensualmente en Los Pelambres	81
Ecuación 32: Estimación de las actividades rechazadas de realizar anualmente en Los Pelambres	81
Ecuación 33: Porcentaje de las verificaciones anuales que finalmente no son actividades realizadas	82
Ecuación 34: Hojas invertidas anualmente en las verificaciones de seguridad.....	82
Ecuación 35: Resmas de hojas invertidas anualmente en las verificaciones de seguridad ..	83
Ecuación 36: Ahorro económico anual en la producción de papel	83

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Capacitaciones presenciales de Sword Verify	44
Gráfico 2: Diagrama de Pareto para los motivos de no uso de Sword Verify.....	45
Gráfico 3: Capacitaciones presenciales y virtuales de Sword Verify.....	46
Gráfico 4: Trabajadores capacitados y usuarios de Sword Verify en Los Pelambres	47
Gráfico 5: Verificaciones semanales de las empresas participantes del pilotaje de Sword Verify en Los Pelambres	48
Gráfico 6: Resultados de la encuesta de satisfacción de Sword Verify.....	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Verificaciones <i>online</i> realizadas en parte del año 2021 y 2022 en Los Pelambres	93
Anexo 2: Parte de una verificación en papel realizada en Los Pelambres	93
Anexo 3: Cantidad de recursos involucrados en la producción 1.000 hojas de papel tamaño carta	94
Anexo 4: Códigos QR de las verificaciones de seguridad <i>online</i>	94
Anexo 5: Logo de Sword Verify	94
Anexo 6: Comparación de metodologías según su facilidad de aplicación	95
Anexo 7: Comparación de metodologías según su tiempo de aplicación	95
Anexo 8: Comparación de metodologías según su competencia	95
Anexo 9: Comparación de metodologías según su adaptación al cambio.....	95
Anexo 10: Carpetas con las gerencias y superintendencias de Los Pelambres	96
Anexo 11: Estrategias de control de cada carpeta	97
Anexo 12: Controles de cada estrategia de control	97
Anexo 13: Activación de cada rol por cada control crítico	98
Anexo 14: Falla al ingresar a la aplicación.....	98
Anexo 15: Interfaz de la aplicación móvil para la verificación “INTERACCIÓN CON ENERGÍA NEUMÁTICA” en la gerencia “Puerto”.....	99
Anexo 16: Interfaz de dos verificaciones enlazadas en la gerencia “Puerto” en la aplicación móvil.....	99

Anexo 17: Interfaz de la aplicación móvil para la verificación de “BUCEO PROFESIONAL” en la gerencia “Puerto”	100
Anexo 18: Búsqueda errónea de un usuario por su nombre	100
Anexo 19: Búsqueda exitosa de un usuario por su nombre.....	101
Anexo 20: Búsqueda errónea de un usuario por su RUT	101
Anexo 21: Búsqueda mediante filtros de un usuario por su RUT	101
Anexo 22: Búsqueda exitosa mediante filtros de un usuario por su RUT	102
Anexo 23: Cuentas creadas y no creadas de los distintos usuarios de ARM	102
Anexo 24: Ventana para crear un nuevo usuario en ARM.....	103
Anexo 25: Ventana para crear una nueva cuenta en ARM.....	103
Anexo 26: Ventana de ARM con las verificaciones realizadas en una estrategia de control	104
Anexo 27: Power Bi con los datos de Sword Verify por cada compañía de Antofagasta Minerals	104
Anexo 28: Correo para crear la clave necesaria para ingresar a la aplicación móvil	105
Anexo 29: Ventana para solicitar el reenvío del correo de creación de clave de la aplicación móvil.....	105
Anexo 30: Creación de clave de la aplicación móvil	105
Anexo 31: Interfaz de la aplicación móvil en blanco	106
Anexo 32: Interfaz de la aplicación móvil ante falta de conexión a internet	106
Anexo 33: Solicitud de la URL de ARM para ingresar a la aplicación móvil	107

Anexo 34: Interfaz para ingresar el usuario y clave en la aplicación móvil.....	107
Anexo 35: Interfaz para solicitar reenvío del correo para activar la clave de la aplicación móvil.....	108
Anexo 36: Interfaz para crear una nueva pregunta de seguridad en la aplicación móvil...	108
Anexo 37: Cambio de roles en Sword Verify	109
Anexo 38: Interfaz inicial para realizar una verificación en Sword Verify.....	109
Anexo 39: Búsqueda errónea de una estrategia de control en Sword Verify	110
Anexo 40: Búsqueda exitosa de una estrategia de control en Sword Verify.....	110
Anexo 41: Pregunta de una verificación en la aplicación móvil	111
Anexo 42: Validación de seguridad ante una respuesta “No” en la aplicación móvil	111
Anexo 43: Interfaz de revisión de una verificación realizada en la aplicación móvil.....	112
Anexo 44: Correo electrónico de respaldo de una verificación realizada en Sword Verify	112
Anexo 45: Lista de asistencia de capacitación de Sword Verify.....	113
Anexo 46: Material visual de la capacitación de Sword Verify.....	114
Anexo 47: Capacitaciones virtuales semanales de Sword Verify	114
Anexo 48: Porcentaje de trabajadores que utiliza Sword Verify en Los Pelambres	115
Anexo 49: Promedio de verificaciones en Sword Verify por cada trabajador	115
Anexo 50: Promedio de verificaciones considerando solo a los usuarios efectivos de Sword Verify.....	115
Anexo 51: Parte de las mediciones en terreno del uso de Sword Verify.....	115

Anexo 52: Verificaciones en Sword Verify en dos meses del 2022 en minera Los Pelambres 116

Anexo 53: Verificaciones virtuales totales y con respuesta “No” para parte del 2021 y 2022 en minera Los Pelambres..... 116

Anexo 54: Costos asociados a llevar a cabo el proyecto mediante la contratación de un memorista 116

Anexo 55: Costos asociados a llevar a cabo el proyecto mediante un ingeniero de la empresa 117

Anexo 56: Costos asociados a llevar a cabo el proyecto mediante una empresa asesora externa 117

GLOSARIO

Dirty data: datos erróneos, inconsistentes o incompletos que no pueden analizarse directamente de forma eficiente.

Feedback: retroalimentación dada sobre un asunto determinado, con el fin de aportar información que permita realizar mejoras al respecto.

Manual estructurado: instrumento que provee los lineamientos y reglas sobre la utilización de un producto tangible o intangible de forma sistemática, incorporando diagramas ilustrativos.

Offline: que está disponible o se realiza sin conexión a internet.

Online: que está disponible o se realiza a través de conexión a internet.

Producto interno bruto (PIB): indicador económico que refleja el valor monetario de los bienes y servicios producidos por un territorio en un periodo determinado de tiempo. Se utiliza para medir la riqueza que genera un país.

Seguridad y Salud Ocupacional (SSO): área de una empresa que se encarga de brindar protección en todas aquellas situaciones que puedan romper el equilibrio físico y/o mental de un trabajador.

Service pack: conjunto de actualizaciones, correcciones y parches orientados a sistemas operativos o programas.

Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN): institución responsable de generar, mantener y divulgar información de geología básica, recursos y peligros geológicos de Chile.

Smartphone: teléfono celular con pantalla táctil que ofrece prestaciones similares a las de un computador, pudiendo realizar acciones a través de conexión a internet.

Sociedad Nacional de Minería (SONAMI): institución que agrupa y representa en Chile a la actividad minera metálica y no metálica de gran, mediana y pequeña escala.

Software: programa que permite realizar distintas tareas en un sistema informático a través de un conjunto de datos, procedimientos y pautas.

Stakeholder: entidades interesadas en una organización o empresa, y que impactan de alguna forma en esta.

Tablet: dispositivo informático móvil de pantalla táctil, generalmente más grande que un *smartphone*. Cuenta con conexión a internet y puede utilizarse para acceder a contenido multimedia.

INTRODUCCIÓN

En Chile, la minería es un factor económico fundamental; en el año 2020 representó cerca del 12,5% del PIB (Servicio Nacional de Geología y Minería, 2021). Sin embargo, implica diversos riesgos asociados a su ejecución laboral en terreno; solo en el año 2021, debido a este rubro en el país hubo 1.691 accidentes sin tiempo perdido para el trabajador, 657 accidentes con tiempo perdido para este y 12 fallecimientos (Departamento de investigación de Accidentes y Sanciones, 2021). Por lo tanto, esta actividad es totalmente necesaria a nivel nacional, pero también requiere extremar las precauciones de seguridad para disminuir su accidentabilidad al mínimo posible.

Debido a lo anterior, previo al comienzo de determinadas actividades en terreno que impliquen riesgos para los trabajadores de minera Los Pelambres, estos llevan a cabo verificaciones de seguridad, con el fin de velar por su integridad física y mental. Este chequeo consta de responder un cuestionario con una serie de preguntas específicas de la tarea a ejecutar, instancia en la cual el operario acredita que todos los factores externos e internos de la realización de esta se encuentran acordes a los estándares preestablecidos por la organización.

Hasta fines del año 2021, el trabajador solo podía completar este formulario de forma manual (en papel) o virtual (*online*), lo que implicaba que este proceso fuera ineficiente. En el primer caso, principalmente debido a la imposibilidad de tener historial de datos y el incómodo manejo físico de los documentos. En la segunda opción, a causa de la constante conexión a internet que requiere el operario para completar la verificación, y la *dirty data* asociada a la falta de estandarización en la información de cada usuario.

Es en respuesta a estas dificultades que nace Sword Verify; aplicación diseñada para ser usada en *smartphone*, que permite digitalizar directamente los datos de las comprobaciones realizadas y que puede ser utilizada de forma *offline*. En base a esta se desarrolla el presente proyecto, con el fin de generar propuestas que permitan mejorar su gestión, funcionamiento y eficiencia operativa.

CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo, se describe el lugar en donde se desarrolla el proyecto, la problemática a abordar, los objetivos planteados y los resultados tangibles esperados.

1.1 Lugar de aplicación

El proyecto se realiza en minera Los Pelambres, compañía con mayor nivel de producción del grupo Antofagasta Minerals. Se encuentra ubicada en la comuna de Salamanca (región de Coquimbo), y representa cerca del 1% del PIB nacional, lo que equivale a 221.346 millones de euros aproximadamente (datosmacro.com, s.f.). Actualmente cuenta con más de 10.000 trabajadores, considerando tanto al personal propio como al de empresas contratistas (Los Pelambres, s.f.).

1.1.1 Visión de Antofagasta Minerals

La visión de Antofagasta Minerals es: “Ser una compañía minera internacional con base en Chile, centrada en el cobre y sus subproductos, que destaca por su eficiencia operacional, creación de valor sostenible y como un socio preferido en la industria minera global” (Antofagasta Minerals, s.f.).

1.1.2 Propósito de Antofagasta Minerals

El propósito de Antofagasta Minerals es: “Desarrollamos minería para un futuro mejor. Esto significa que en Antofagasta Minerals nos interesa seguir impulsando la minería no sólo porque es nuestro trabajo, la forma en que nos ganamos la vida, sino porque estamos convencidos de que nuestra actividad es un aporte a las comunidades que nos rodean, a nuestro país y al mundo. El cobre es indispensable para la sociedad moderna y para enfrentar el cambio climático. Ningún otro metal es tan importante para poder controlar las emisiones de gases de efecto invernadero y, de esta forma, contener los impactos negativos que los seres humanos estamos generando sobre nuestro planeta” (Antofagasta Minerals, s.f.).

1.1.3 Valores de Los Pelambres

A continuación, se presentan los valores de minera Los Pelambres (Los Pelambres, s.f.).

- Respeto a los demás.
- Responsabilidad por la seguridad y salud.
- Compromiso con la sustentabilidad.

- Excelencia en nuestro desempeño diario.
- Innovación como práctica permanente.
- Somos visionarios.

1.1.4 Producción de Los Pelambres

Minera Los Pelambres comenzó sus operaciones en el año 2000, y su continuidad se proyecta hasta el 2043. Se dedica a la extracción a cielo abierto y comercialización (principalmente a fundiciones asiáticas) de concentrado de cobre, molibdeno y oro. En la Tabla 1 se presenta la producción de estos tres minerales en Los Pelambres en el año 2021.

Tabla 1: Toneladas de producción de minera Los Pelambres en el año 2021

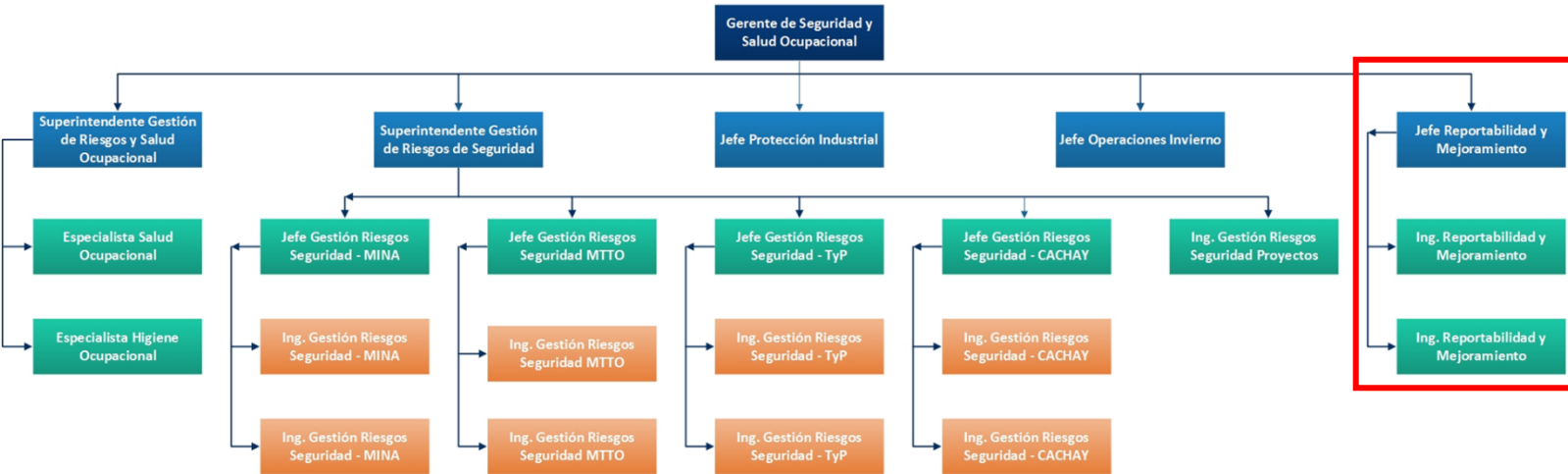
Cobre	Molibdeno	Oro
324.700	9.200	1,5

Fuente: Elaboración propia en base a (Antofagasta PLC, 2022)

1.1.5 Estructura organizacional de la gerencia de Seguridad y Salud Ocupacional de Los Pelambres

A pesar de que el presente proyecto impacta a trabajadores de todos los sectores de la empresa, este es gestionado e implementado por el área de Reportabilidad y Mejoramiento, la cual se encuentra en la gerencia de Seguridad y Salud Ocupacional. En Ilustración 1 se presenta el organigrama específico de esta en minera Los Pelambres.

Ilustración 1: Organigrama de la gerencia de SSO de Los Pelambres



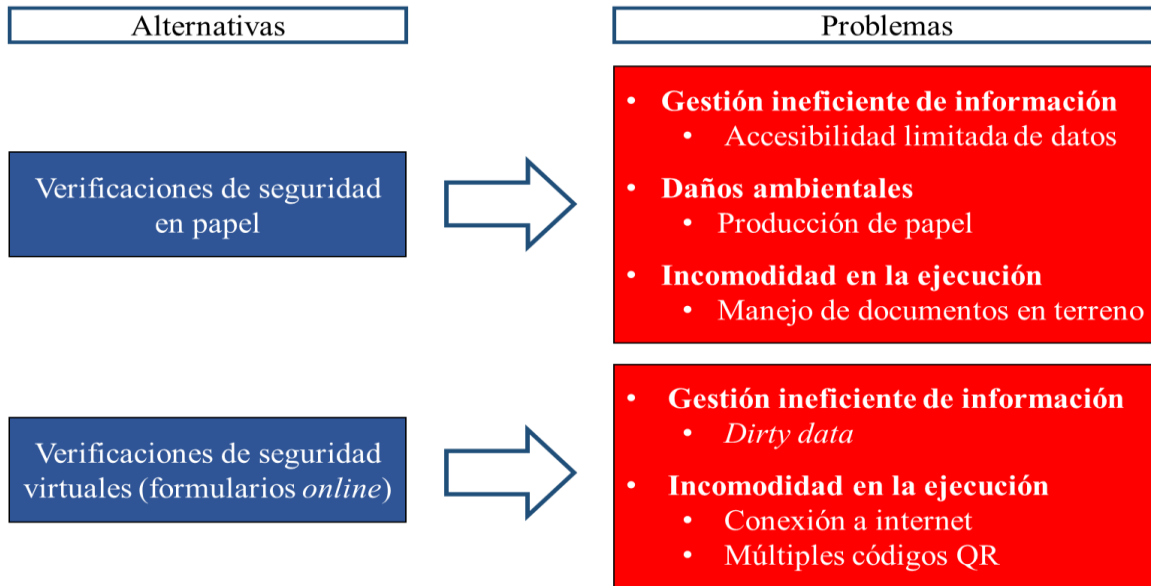
Fuente: Elaboración propia con información aportada por el área de Recursos Humanos de Los Pelambres

1.2 Contexto del proyecto

Antes de realizar determinadas actividades en terreno que involucren riesgo de fatalidad para el trabajador de la empresa, este debe realizar una verificación de seguridad específica sobre las condiciones de esa respectiva tarea. Para cada una de estas, hay una “estrategia de control” distinta. En promedio, actualmente en Los Pelambres se están haciendo más de 85.000 de estos chequeos cada mes (ver Anexo 1).

Previo al comienzo del presente proyecto, estas comprobaciones se podían realizar de dos formas; en papel o mediante formularios *online*. La primera alternativa es llevada a cabo manualmente de forma directa por el trabajador, y la segunda es concretada a través de la lectura de códigos QR. Ambas opciones presentan constantes dificultades de distinta índole, las cuales se resumen en la Ilustración 2.

Ilustración 2: Dificultades de las alternativas de verificación de seguridad en terreno



Fuente: Elaboración propia con apoyo de minera Los Pelambres

Como se observa en la Ilustración 2, el proceso de verificación de seguridad previo al inicio de una actividad resultaba extremadamente ineficiente, tanto para el trabajador en terreno como para el análisis de datos de la empresa. A continuación, se explicará cada una de las dificultades asociadas a las alternativas del operador para llevar a cabo este proceso.

1.2.1 Verificaciones de seguridad en papel

Es un cuestionario impreso en hojas de papel (generalmente se utilizan tres de estas por cada formulario), habiendo uno por cada estrategia de control para cada rol que pueda tener el trabajador (operador, supervisor y ejecutivo). En el Anexo 2 se presenta un ejemplo de las verificaciones de seguridad que se realizan en papel. A continuación, se describen las principales dificultades asociadas a este método.

- **Gestión ineficiente de la información:** dado que las verificaciones en papel no son digitalizadas, se elimina la oportunidad de contar con esta información de forma virtual, por lo que no se pueden realizar análisis globales, ni seguimientos estadísticos con apoyo de algún *software*, lo que imposibilita que se detecten las brechas asociadas a la seguridad de los trabajadores. Además, estos documentos son almacenados de forma desordenada e intermitente, por lo que encontrar comprobaciones realizadas en días anteriores generalmente es inviable.

- **Daños ambientales:** debido a los problemas mencionados previamente, no se puede saber con exactitud cuántas verificaciones de seguridad se realizan mensualmente en papel en Los Pelambres. Sin embargo, a modo de estimación de la empresa, se considera que cada 20 formularios hechos *online*, se hace uno de forma física. Bajo esta premisa, y tomando en cuenta los datos presentados en el Anexo 1 y el Anexo 3, en la Tabla 2 se muestran los efectos ambientales provocados por la producción de papel necesario para realizar las comprobaciones por este medio, los cuales fueron calculados entre la Ecuación 1 y la Ecuación 5.

Ecuación 1: Estimación de la cantidad de verificaciones de seguridad mensuales realizadas en papel en Los Pelambres

$$87.734 \frac{\text{verificaciones online}}{\text{mes}} * \frac{1 \text{ verificación en papel}}{20 \text{ verificaciones online}} = 4.387 \frac{\text{verificaciones en papel}}{\text{mes}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por la empresa

Ecuación 2: Hojas de papel utilizadas mensualmente para las verificaciones de seguridad de Los Pelambres

$$4.387 \frac{\text{verificaciones en papel}}{\text{mes}} * 3 \frac{\text{hojas de papel}}{\text{verificación en papel}} = 13.161 \frac{\text{hojas de papel}}{\text{mes}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por la empresa

Ecuación 3: Dióxido de carbono emitido mensualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres

$$13.161 \frac{\text{hojas de papel}}{\text{mes}} * \frac{8,25 \text{ kg de dióxido de carbono}}{1.000 \text{ hojas de papel}} = 108,58 \frac{\text{kg de dióxido de carbono}}{\text{mes}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (DocuSign, s.f.)

Ecuación 4: Litros de agua gastados mensualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres

$$13.161 \frac{\text{hojas de papel}}{\text{mes}} * \frac{810 \text{ litros de agua}}{1.000 \text{ hojas de papel}} = 10.660,41 \frac{\text{litros de agua}}{\text{mes}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (La Voz, s.f.)

Ecuación 5: Árboles talados mensualmente para la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres

$$13.161 \frac{\text{hojas de papel}}{\text{mes}} * \frac{0,063 \text{ árboles}}{1.000 \text{ hojas de papel}} = 0,83 \frac{\text{árboles}}{\text{mes}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (GREENPEACE MÉXICO)

Tabla 2: Cantidad de recursos involucrados mensualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres

108,58 kg de dióxido de carbono
10.660,41 litros de agua
0,83 árboles

Fuente: Elaboración propia

- **Incomodidad en la ejecución:** el hecho de hacer las comprobaciones de seguridad de forma escrita conlleva que tanto el operario como el encargado del turno deben portar estos documentos constantemente en terreno, lo que es incómodo e ineficiente.

1.2.2 Verificaciones de seguridad virtuales mediante formularios *online*

Es un cuestionario diseñado para que el trabajador lo realice desde un *smartphone*, relleno un Microsoft Forms por cada estrategia de control a ejecutar (el acceso a estos es mediante la lectura de distintos códigos QR). A continuación, se describen las principales dificultades asociadas a este tipo de verificación.

- **Gestión ineficiente de la información:** el trabajador debe ingresar sus datos (nombre, correo, RUT, empresa, entre otros) en cada formulario que realiza, lo que implica que, ante cualquier mínima diferencia en la escritura de estos, en el sistema es considerado como un usuario distinto. Esto genera que haya *dirty data* en este (teniendo un promedio de 1,66 usuarios por cada trabajador aproximadamente, como se muestra en la Ecuación 6), lo que imposibilita que se haga un análisis estadístico preciso según las distintas características de los trabajadores.

Ecuación 6: Usuarios distintos por cada trabajador

$$\frac{46.893 \text{ usuarios}}{28.333 \text{ trabajadores}} = 1,66 \frac{\text{usuarios}}{\text{trabajador}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por la empresa

- **Incomodidad en la ejecución:** el hecho de realizar las comprobaciones mediante formularios *online* implica que el usuario debe contar con conectividad a internet, lo que no siempre ocurre en terreno, imposibilitando así que en algunas ocasiones el trabajador realice este chequeo en el momento en que debe hacerlo, lo que implica que se pierda el sentido de hacer la verificación de seguridad. Además, el hecho de

que estas se lleven a cabo a través de la lectura de distintos códigos QR (para cada estrategia de control y para cada rol), implica que haya más de 75 de estos (ver Anexo 4), los que el usuario debe tener a su alcance constantemente, lo que es incómodo y engorroso para este.

1.2.3 Problemática

Con el fin de solventar las dificultades asociadas a los dos tipos de verificaciones explicadas previamente, Antofagasta Minerals contrató a SWORD GRC (organización inglesa que se dedica al diseño de programas de gestión de riesgos empresariales (SWORD GRC, s.f.)), para que creara Sword Verify (ver Anexo 5), la cual es una aplicación descargable en *smartphone* que permite que los trabajadores puedan llevar a cabo estas comprobaciones de forma personalizada, virtual y *offline*, con el fin de realizar un seguimiento eficiente a la seguridad de estos y eliminar el uso de papel para este procedimiento.

Sin embargo, minera Los Pelambres está presentando dificultades asociadas al nuevo sistema de reportabilidad digital, debido a fallas en su funcionamiento y desorganización en su implementación, lo que impide que los trabajadores puedan utilizarlo. Por lo tanto, se recomienda realizar un rediseño de este para que efectivamente cumpla con el propósito de verificar la seguridad de las actividades a desarrollar en terreno, lo que además involucraría que los trabajadores puedan realizar este proceso de forma más cómoda y rápida (anualmente en la empresa se realizan más de 1.100.000 comprobaciones, si consideramos que todas estas se hacen en papel y por cada una se invierten mínimo 5 minutos, mensualmente se gastarían más de 7.600 horas solo en este proceso, por lo que el ahorro de tiempo sería significativo).

1.3 Objetivos

Con el fin de dar solución al problema presentado, se definió un objetivo general y cuatro específicos, los cuales son presentados a continuación.

1.3.1 Objetivo general

Realizar propuestas para el rediseño de un sistema de reportabilidad digital en el “Tranque El Mauro” y el “Puerto Punta Chungo” de minera “Los Pelambres” que permitan aumentar

la eficiencia de las verificaciones de seguridad de los operarios, mediante la aplicación de herramientas de mejoramiento continuo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar diagnóstico de la operatividad del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO con el que cuenta la empresa, para detectar puntos de mejoramiento.
- Generar propuestas para el mejoramiento global del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO, con base en las conclusiones del diagnóstico.
- Generar plan de acción que permita la implementación del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO.
- Realizar medición de los impactos ambientales, económicos, sociales y en la seguridad operativa que conlleva la implementación de las propuestas de mejoramiento del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO, para evaluar el efecto que estas pueden generar en su aplicación.

1.4 Resultados tangibles esperados

A continuación, se presentan los resultados tangibles que se le entregarán a la empresa producto de la realización del presente trabajo.

- Reportes con análisis descriptivos de los resultados del diagnóstico del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO.
- Archivo con las hojas de registro de las capacitaciones realizadas a los usuarios respecto al nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO.
- Reportes con propuestas de mejora del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO.
- Informe con plan de acción para la implementación del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO.

- Informe con evaluación de impactos ambientales, económicos, sociales y en la seguridad operativa de las propuestas de mejoramiento del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA

En el presente capítulo, se exponen las bases bibliográficas analizadas para el desarrollo del proyecto, la herramienta de mejoramiento continuo a utilizar en este y el cronograma asociado.

2.1 Marco teórico

Con el fin de lograr los objetivos planteados en el apartado 1.3 Objetivos, se realizó una búsqueda de las posibles herramientas de gestión, análisis y mejora que puedan ser de utilidad para enfrentar la problemática abordada en este proyecto. Estas se describen a continuación.

2.1.1 Metodologías de mejoramiento continuo

A continuación, se describen las metodologías de mejora continua entre las que se seleccionará alguna para enfrentar la problemática de este proyecto.

- **Kaizen:** palabra de origen japonés que significa “mejora continua”. Es una herramienta que se enfoca en eliminar las actividades que no agregan valor a una determinada secuencia de procesos, buscando siempre un nuevo progreso (Atlas Consultora, 2021).
- **PDCA (PHVA):** método que permite evaluar un determinado trabajo y mejorarlo constantemente. Consta de cuatro etapas: planificar actividades a realizar, hacer estas actividades, verificar los resultados de las actividades y actuar al respecto tomando acciones correctivas (Escuela Europea de Excelencia, 2020).
- **DMAIC:** procedimiento que permite examinar un proceso, y realizar mejoras para aumentar su eficiencia. Cuenta con cinco etapas: definir (oportunidades, alcance, objetivos y participantes involucrados), medir (recolectar datos para evaluar el escenario actual), analizar (identificar las causas de los problemas), mejorar (concretar las oportunidades de mejora) y controlar (vigilar los resultados de las acciones realizadas) (Minetto, 2019).
- **8D:** metodología diseñada para encontrar la causa raíz de un problema, con el fin de implementar una solución a este desde su base. Consta de ocho etapas: formar un equipo de trabajo, definir el problema, implementar acción de contención, identificar la causa raíz, determinar acciones correctivas, implementar y monitorear soluciones, evitar que el problema se repita y reconocer las contribuciones del equipo de trabajo (Nueva ISO 9001:2015, 2020), (González, 2012).

- **Lean:** filosofía de gestión nacida en la década del año 1980, basada en las prácticas del *Toyota Production System*. Se enfoca en satisfacer las necesidades y expectativas del cliente, minimizando los recursos (tiempo, dinero, esfuerzo, entre otros) invertidos en el proceso productivo, mediante la continua eliminación de desperdicios e ineficiencias. Cuenta con cinco principios fundamentales: especificar el valor para el cliente, determinar la cadena de valor, realizar un flujo continuo de valor en el proceso, hacer que el producto/servicio sea solicitado por el cliente y buscar constantemente la perfección del proceso (apd, 2021).

2.1.2 Herramientas para la definición, medición, análisis, propuestas de mejora y control de problemas

A continuación, se presentan las posibles metodologías a aplicar para gestionar los problemas presentados.

- **5W1H/5W2H:** método que permite definir y analizar un problema. En su modelo “5W1H”, consta de responder 6 preguntas: “¿Qué?”, “¿Dónde?”, “¿Cuándo?”, “¿A quién?”, “¿Por qué?” y “¿Cómo?”. Para su variante “5W2H”, se le agrega la pregunta “¿Cuánto?” (Albornoz, 2020).
- **Brainstorming:** herramienta que consta de proponer un conjunto de ideas mediante reuniones grupales respecto a un tema en particular, con el fin de trabajar colaborativamente y obtener soluciones creativas, generalmente ante un problema o dificultad existente (Rivero, s.f.).
- **Árbol de problemas:** esquema que toma como base la forma de un árbol, en el cual en el tronco se plantea el problema, en las raíces las causas de este y en la copa sus consecuencias (Plata, 2021).
- **Diagrama de Ishikawa:** metodología que consiste en representar gráficamente las causas que explican un determinado problema respecto a distintos temas, con el fin de poder gestionarlo y determinar las acciones correctivas asociadas (GESTIÓN DE OPERACIONES, s.f.).

- **Diagrama SIPOC:** herramienta que consta de documentar los proveedores (*suppliers*), las entradas (*inputs*), los procesos (*process*), las salidas (*outputs*) y los clientes (*customers*) de una operación, con el fin de visualizar el funcionamiento global de esta con sus principales condiciones y requerimientos, y determinar así sus puntos fuertes y débiles (IngenioEmpresa, s.f.).
- **Diagrama de flujo:** herramienta que permite representar gráficamente un algoritmo, sistema o proceso a través de una serie de pasos estructurados y vinculados entre sí, los que permiten realizar su revisión como un todo. Para esto, generalmente se utilizan figuras geométricas que representan distintos aspectos del flujo que se está diagramando, los cuales se unen a través de flechas y líneas que guían la dirección y recorrido de este (Concepto, s.f.).
- **Diagrama de Pareto:** técnica que permite clasificar gráficamente el impacto de cada problema, con el fin de reconocerlos por su respectiva importancia. Establece una regla genérica que indica que el 80% de las consecuencias provienen del 20% de las causas (QuestionPro, s.f.).
- **Cálculo del tamaño de una muestra:** herramienta que permite determinar la cantidad de datos que se requieren para que una muestra sea representativa. Entre la Ecuación 7 y la Ecuación 10 se presentan cuatro fórmulas para esto.

Ecuación 7: Tamaño de muestra para probabilidades y proporciones con N conocida

$$n = \frac{N * z^2 * p * q}{(N - 1) * e^2 + z^2 * p * q}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Repository)

Ecuación 8: Tamaño de muestra para probabilidades y proporciones con N desconocida

$$n = \frac{z^2 * p * q}{e^2}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Repository)

Ecuación 9: Tamaño de la muestra para promedios con N conocida

$$n = \frac{N * z^2 * S^2}{(N - 1) * e^2 + z^2 * S^2}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (QuestionPro, s.f.)

Ecuación 10: Tamaño de la muestra para promedios con N desconocida

$$n = \frac{z^2 * S^2}{e^2}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Cortés, 2014)

En donde:

- n: tamaño estimado de la muestra.
 - N: tamaño de la población.
 - z: nivel de confianza.
 - S: desviación estándar.
 - p: probabilidad de éxito.
 - q: probabilidad de fracaso.
 - e: error máximo admisible.
- **Análisis de 5 por qué:** técnica sistemática que ayuda a identificar la causa raíz de un determinado problema. Consiste en responder el por qué ocurre este, para luego responder el por qué ocurre esta última causa, y repetir este ciclo hasta llegar al origen de la dificultad (generalmente se utilizan cinco preguntas, pero este parámetro es solo una referencia) (Becher, 2020).
 - **ECRS:** herramienta que consiste en analizar un conjunto de actividades con el fin de determinar si es posible eliminarlas, combinarlas, reorganizarlas y simplificarlas, para hacerlas más sencillas (Jimenez, 2018).
 - **Matriz de impacto-esfuerzo:** herramienta utilizada para priorizar actividades. Consta de clasificarlas según el impacto que estas tengan y el esfuerzo que implique llevarlas a cabo, para posteriormente determinar cuáles son las más convenientes de concretar. Cuenta con cuatro principales categorías, las que se describen a continuación (EDUARDOREMOLINS, s.f.).
 - **Ganancias rápidas:** implican un alto impacto y un bajo esfuerzo, por lo que son altamente convenientes de realizar.
 - **Grandes proyectos:** conllevan un alto impacto y esfuerzo, por lo que son medianamente convenientes de realizar.

- **Actividades menores:** implican un bajo impacto y esfuerzo, por lo que son medianamente convenientes de realizar.
- **Tareas ingratas:** conllevan un bajo impacto y alto esfuerzo, por lo que son mínimamente convenientes de realizar.

2.1.3 Manuales de instrucción

A continuación, se describen los distintos tipos de manuales que podrían ser empleados en el presente proyecto (Softgrade, s.f.).

- **Manual de procedimientos:** describe una serie de pasos para conseguir un determinado objetivo específico.
- **Manual de procesos:** especifica un conjunto de actividades que interactúan entre sí. Puede incluir varios procedimientos.
- **Manual de calidad:** se enfoca en los objetivos, estándares y políticas de una organización.
- **Manual de usuario:** otorga el conjunto de instrucciones necesarias para la utilización de un determinado sistema.
- **Manual de operaciones:** describe la forma y funcionamiento general de una organización.

2.1.4 Normas de Seguridad y Salud Ocupacional

A continuación, se describen las principales normas que impactan al área de Seguridad y Salud Ocupacional.

- **Ley 16.744:** asegura que todos los trabajadores dependientes estén protegidos por el seguro contra riesgos de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales (Subsecretaría de Previsión Social, s.f.).
- **Decreto supremo 40:** promulgado el 11/02/1969 por el presidente de la República Eduardo Frei Montalva, establece las normas sobre la prevención de riesgos laborales,

el seguro contra riesgos de accidentes en el trabajo y las enfermedades profesionales (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s.f.).

- **Decreto supremo 54:** promulgado el 11/03/1969 por el presidente de la República Eduardo Frei Montalva, establece las normas de organización de comités de higiene y seguridad en función de las características de la empresa (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s.f.).
- **Decreto supremo 132:** promulgado el 30/12/2002 por el presidente de la República Ricardo Lagos Escobar, establece el marco regulatorio al que deben someterse las faenas de la Industria Extractiva Minera, para proteger la integridad física de sus trabajadores y la infraestructura de sus instalaciones (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s.f.).
- **Decreto supremo 594:** promulgado el 15/09/1999 por el presidente de la República Eduardo Frei Ruiz-Tagle, establece las condiciones sanitarias y ambientales básicas que deberá cumplir el lugar de trabajo para proteger la vida y salud de los trabajadores que ahí se desempeñan (Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, s.f.).

2.1.5 Herramientas de Seguridad y Salud Ocupacional

A continuación, se presentan algunas de las principales herramientas empleadas para realizar la gestión de riesgo de Seguridad y Salud Ocupacional de las actividades a desarrollar en terreno por los trabajadores.

- **Informe de accidentabilidad:** documento que rellena el reportador de un incidente, en el cual ingresa todos los detalles de este (fecha, hora, empresa, descripción, fotos, entre otros).
- **Análisis de riesgo de la tarea (ART):** como su nombre lo indica, es un documento que el trabajador debe completar previo a la realización de una determinada labor, con el fin de hacer un análisis de los peligros de esta. Actualmente está en proceso de mejora, con el fin de que para las tareas de alto riesgo que se realizan de forma rutinaria, este contenga preguntas específicas de la actividad a realizar (y no que sean todas estándar).

- **Análisis seguro de trabajo (AST):** consiste en analizar, planear y documentar detalladamente por escrito el paso a paso que implica llevar a cabo un determinado trabajo, con el fin de detectar todos los peligros y riesgos a los que el trabajador estará expuesto en este, y así poder controlarlos o mitigarlos (Cervantes, 2020).
- **Estrategias de control:** son documentos específicos para determinadas actividades que puede realizar el trabajador. Cada una contiene al menos un control crítico, el cual contempla distintas preguntas diseñadas particularmente para esa labor.

2.1.6 Métodos de comparación de alternativas

A continuación, se presentan distintas herramientas que permiten seleccionar una alternativa dentro de una lista de posibilidades.

- **Matriz Pugh:** método que permite comparar opciones en base a la situación actual, de forma cuantitativa mediante una matriz de decisiones. Cuenta de 5 pasos: identificar los criterios de selección, identificar las alternativas de solución disponibles, evaluar numéricamente cada alternativa con cada criterio en comparación a la situación base, calcular la puntuación de cada alternativa y seleccionar la opción más conveniente (Laboratorioti, 2021).
- **Evaluación directa de alternativas:** herramienta que compara cuantitativamente a las opciones en base a los criterios de decisión. Cuenta con cuatro etapas: seleccionar los criterios de decisión, asignar un puntaje a cada criterio, calificar al desempeño de cada alternativa por cada criterio y determinar la opción más conveniente (Gámez, s.f.).
- **Método AHP:** procedimiento de análisis jerárquico con múltiples valoraciones. Cuenta con cinco etapas: desarrollo de la estructura jerárquica, representación de los juicios de valor, construcción de las matrices de juicio de valor y normalizadas, cálculo de los vectores de prioridad y cálculo con análisis de resultados (Mendoza, 2017).

2.1.7 Sistemas de información

Un sistema de información es un conjunto de componentes interrelacionados que trabajan juntos para recopilar, procesar, almacenar y difundir datos, con el fin de apoyar la coordinación, control, análisis y visualización de una organización (KIO Networks, s.f.). Por lo tanto, es una herramienta fundamental para mejorar los procesos de una empresa (Barros, 2015).

A continuación, se describen las seis etapas del método secuencial de ciclo de vida que permite desarrollar un sistema de información (Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central, 2015).

- **Planificación:** primera etapa del ciclo, la que consta de delimitar el ámbito del proyecto, realizar un estudio de su viabilidad, analizar sus riesgos asociados, estimar su costo, planificar sus plazos de ejecución y asignar los recursos necesarios a sus distintas etapas.
- **Especificación de requisitos:** segunda fase del ciclo, la cual busca obtener los requisitos del sistema, con el fin de definir los objetivos de este, sus requisitos de almacenamiento, sus actores, sus requerimientos de interacción con el usuario, sus necesidades funcionales y sus necesidades no funcionales.
- **Análisis:** tercera etapa del ciclo, la que consta de obtener un modelo que represente al sistema. Se identifican las distintas partes de este y se agrupan las relaciones necesarias con sus respectivas responsabilidades, para posteriormente refinar la interfaz para el usuario.
- **Diseño:** cuarta fase del ciclo, en la cual se crea la arquitectura del sistema. Comienza con el modelo básico, para continuar con el modelo de navegación y finalizar con el enriquecimiento de los modelos, considerándolos prototipos definidos en la etapa de análisis.
- **Desarrollo:** quinta etapa del ciclo, la que consta de codificar el diseño realizado previamente, realizar manuales técnicos, de usuario, entre otros. Se realiza mediante el lenguaje informático que mejor se adapte al sistema, acompañándolo de

herramientas de desarrollo de aplicaciones. Se utilizan servidores que permitan implementarlo, y se selecciona el sistema operativo que más adecuado sea. Finalmente, se define la forma y temporalidad que tendrán los respaldos y restauraciones de este.

- **Pruebas e implementación:** sexta fase del ciclo, en la cual se elabora, diseña e implementa el plan de pruebas a realizar del sistema, definiendo su alcance, aspectos a evaluar, estrategia a seguir y propiedades asociadas. Se hacen las mejoras respectivas, para finalmente implementar el sistema de información y realizar el mantenimiento y mejora continua de este.

2.1.8 Metodologías de capacitación

A continuación, se presentan los modelos que podrían ser aplicados a las capacitaciones masivas de los trabajadores de la empresa.

- ***Train the trainers:*** metodología que permite planificar, diseñar e implementar una acción formativa a un grupo de personas, las cuales serán las encargadas de entrenar al resto del personal sobre un determinado procedimiento. De esta forma, se asegura la correcta y eficiente instrucción de todos los trabajadores de la empresa, ya que las capacitaciones se ramifican en las distintas áreas de la organización, con sus respectivos requerimientos específicos (Conexión ESAN, 2019).
- **Andragogía:** disciplina que se ocupa del aprendizaje en adultos. Consiste en reconocer las particularidades que requieren los seres humanos una vez pasada la adolescencia, enfocándose en diseñar una metodología didáctica adecuada. Abarca distintos niveles de educación, desde una enseñanza básica hasta avanzada (Yturralde, s.f.).
- **Coaching:** es una herramienta de desarrollo profesional y/o personal. El cliente cuenta con un *coach* (entrenador) especialista en el área a trabajar, junto al cual realiza una serie de sesiones con el fin de alcanzar los objetivos mutuamente acordados al comienzo del entrenamiento (Adib, 2021).

2.1.9 Herramientas de evaluación de impactos de implementación

Una vez realizada la implementación del proyecto, es necesario evaluar los distintos impactos que este ha provocado en la organización. A continuación, se describen los posibles ítems a utilizar para este fin.

- **Impactos económicos:** a continuación, se describen las herramientas que pueden utilizarse en la evaluación de este apartado.
 - **VAN:** sigla que significa “valor actual neto”. Consiste en actualizar a un determinado tiempo los cobros y pagos de un proyecto, para conocer cuánto se va a ganar o perder económicamente con este (Morales, s.f.).
 - **TIR:** sigla que significa “tasa interna de retorno”. Es un porcentaje que mide la viabilidad económica de un proyecto, determinando la rentabilidad de los cobros y pagos de este (Torres, 2021).
 - **PRI:** sigla que significa “periodo de recuperación de la inversión”. Permite medir el tiempo que se requiere para que los flujos netos de un proyecto recuperen el costo inicial que implicaron (Vaquiro, s.f.).
 - **Razón beneficio/costo:** método que consiste en sumar todos los beneficios del proyecto, y dividir esa cifra en la suma de todos sus costos, siempre llevando todos los valores al mismo instante del tiempo (generalmente al presente), con el fin de determinar la rentabilidad económica de este (Conexionesan, 2017).
- **Impactos ambientales:** a continuación, se describen las herramientas que pueden utilizarse en la evaluación de este apartado (Maza, 2007).
 - **Carácter:** establece si el impacto ambiental de la implementación del proyecto es positivo, negativo o neutro.
 - **Magnitud:** determina la dimensión del cambio ambiental producido por la implementación del proyecto.
 - **Importancia:** considera la significación para el ambiente que implica la implementación del proyecto.

- **Reversibilidad:** establece si el impacto ambiental que involucra la implementación del proyecto es permanente o reversible.
- **Impactos Sociales:** a continuación, se describen las herramientas que pueden utilizarse en la evaluación de este apartado (La Bolsa Social, 2019).
 - **Teoría del cambio:** procedimiento utilizado para analizar cómo las acciones de la empresa producen un cambio social en los afectados. Cuenta con seis etapas: establecer objetivos sobre el problema a resolver, desarrollar estrategias para resolver el problema, trazar la relación entre la estrategia de la empresa y los objetivos planteados, analizar las suposiciones asociadas, realizar medición de resultados y analizar los resultados obtenidos.
 - **EVPA:** metodología de gestión, control y medición del impacto social de un proyecto. Cuenta con cinco etapas: establecer objetivos a alcanzar, determinar a los agentes involucrados, medir los resultados obtenidos, valorizar el impacto y realizar seguimiento de resultados (ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FUNDACIONES, 2015).
 - **IRIS:** herramienta que contiene un catálogo de métricas específicas en función del tipo de proyecto evaluado, para determinar cuantitativamente su desempeño social.

2.2 Metodología de solución

A continuación, se muestra el proceso de selección de una metodología de mejora continua que permita guiar el desarrollo del proyecto.

2.2.1 Método de comparación de metodologías

De las alternativas presentadas en el apartado 2.1.6 Métodos de comparación de alternativas, la herramienta a utilizar será AHP, debido a que es la que presenta el análisis numérico más completo y realiza comparaciones particulares de las alternativas y criterios entre sí.

A continuación, se describen los criterios seleccionados para realizar la evaluación de las metodologías. Este proceso fue realizado en conjunto entre el alumno y la empresa.

- **Competencia:** hace referencia a la capacidad para resolver problemas complejos que tiene la metodología.
- **Tiempo de aplicación:** corresponde a la cantidad de tiempo que se requiere para llevar a cabo la metodología.
- **Facilidad de aplicación:** es la sencillez y simplicidad de llevar a cabo la metodología, debido a la cantidad de recursos que requiere concretarla.
- **Adaptación al cambio:** se refiere a la versatilidad y flexibilidad de la metodología.

En la Tabla 3 se presentan los valores utilizados para la comparación de criterios.

Tabla 3: Valores cuantitativos para la comparación de criterios

Escala numérica	Escala verbal	Descripción
1	Igual importancia.	Los dos elementos contribuyen igualmente a la propiedad o criterio.
3	El elemento es moderadamente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen a un elemento frente al otro.
5	El elemento es fuertemente más importante respecto al otro.	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un elemento frente al otro.
7	La importancia del elemento es muy fuerte respecto al otro.	Un elemento domina fuertemente.
9	La importancia del elemento es extrema respecto al otro.	Un elemento domina al otro con el mayor orden de magnitud posible.
2, 4, 6, 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes.	
Incrementos 0,1	Valores intermedios entre incrementos (utilice esta escala si cree que su valoración necesita un alto grado de precisión).	
Inversos $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \frac{1}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{8}, \frac{1}{9}$	Se utiliza cuando el segundo elemento es mayor en el criterio a comparar.	

Fuente: (Mendoza, 2017)

2.2.2 Selección de metodología

En la Tabla 4 se presenta la comparación cuantitativa de los criterios seleccionados. Para esto, se consideraron los parámetros presentados en la Tabla 3. Posteriormente, se calculó la matriz normalizada, dividiendo cada valor por la suma de su respectiva columna. Finalmente, se determinó el vector promedio de cada fila, con el fin de obtener el puntaje de cada ítem.

Tabla 4: Comparación cuantitativa de los criterios definidos

Criterio	Competencia	Tiempo de aplicación	Facilidad de aplicación	Adaptación al cambio	Matriz normalizada				Vector promedio
Competencia	1	3	5	3	0,54	0,56	0,63	0,38	0,52
Tiempo de aplicación	1/3	1	1	3	0,18	0,19	0,13	0,38	0,22
Facilidad de aplicación	1/5	1	1	1	0,11	0,19	0,13	0,13	0,14
Adaptación al cambio	1/3	1/3	1	1	0,18	0,06	0,13	0,13	0,12
Total	1,87	5,33	8,00	8,00					

Fuente: Elaboración propia con apoyo de la empresa

Con el fin de validar la calidad de la decisión sobre la importancia relativa que se le otorgó a cada criterio, se realizará un análisis de consistencia.

Para que la razón de consistencia (RC) sea aceptable, su valor debe ser menor o igual a 0,1 (Toskano Hurtado). En la Ecuación 11 se presenta la fórmula de esta, en donde “IC” es el índice de consistencia e “IA” es el índice de consistencia aleatoria.

Ecuación 11: Razón de consistencia

$$RC = \frac{IC}{IA}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Toskano Hurtado)

En la Ecuación 12 se presenta la fórmula del índice de consistencia, en donde “ n_{max} ” es la suma de los promedios ponderados de cada criterio, y “ n ” es la cantidad de estos.

Ecuación 12: Índice de consistencia

$$IC = \frac{n_{max} - n}{n - 1}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Toskano Hurtado)

En la Ecuación 13 se presenta la fórmula del índice de consistencia aleatoria, en donde “ n ” es la cantidad de criterios que haya.

Ecuación 13: Índice de consistencia aleatoria

$$IA = \frac{1,98 * (n - 2)}{n}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Toskano Hurtado)

En la Tabla 5 se presenta el promedio ponderado de cada criterio, el cual se obtiene de la multiplicación del valor de cada uno de estos por su vector promedio.

Tabla 5: Promedio ponderado de cada criterio

Criterio	Competencia	Tiempo de aplicación	Facilidad de aplicación	Adaptación al cambio	Promedio ponderado
Competencia	1	3	5	3	2,22
Tiempo de aplicación	1/3	1	1	3	0,90
Dificultad de aplicación	1/5	1	1	1	0,58
Adaptación al cambio	1/3	1/3	1	1	0,51
Vector promedio	0,52	0,22	0,14	0,12	

Fuente: Elaboración propia

En la Ecuación 14 se presenta la suma de los promedios ponderados de los distintos criterios.

Ecuación 14: Suma de los promedios ponderados de cada criterio

$$n_{max} = 2,22 + 0,90 + 0,58 + 0,51 = 4,21$$

Fuente: Elaboración propia

En la Ecuación 15 se presenta el cálculo del índice de consistencia.

Ecuación 15: Cálculo del índice de consistencia

$$IC = \frac{4,21 - 4}{4 - 1} = \frac{0,21}{3} = 0,07$$

Fuente: Elaboración propia

En la Ecuación 16 se presenta el cálculo del índice de consistencia aleatoria.

Ecuación 16: Cálculo del índice de consistencia aleatoria

$$IA = \frac{1,98 * (4 - 2)}{4} = \frac{3,96}{4} = 0,99$$

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la Ecuación 17 se presenta el cálculo de la razón de consistencia.

Ecuación 17: Cálculo de la razón de consistencia

$$RC = \frac{0,07}{0,99} = 0,07$$

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Ecuación 17, la razón de consistencia es menor a 0,1. Por lo tanto, se puede afirmar que el juicio de valoración relativa entre los criterios es fiable y consistente.

Por otra parte, de las metodologías presentadas en el apartado 2.1.1 Metodologías de mejoramiento continuo, las seleccionadas para participar del proceso de selección son PDCA, DMAIC y 8D, debido a que son las que mejor se adaptan al desarrollo del proyecto. Entre el Anexo 6 y el Anexo 9 se presenta la comparación cuantitativa de estas alternativas por cada criterio. En la Tabla 6 se presenta el puntaje final de cada metodología.

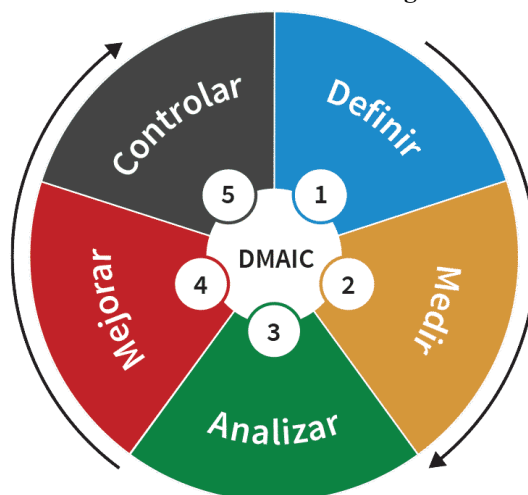
Tabla 6: Evaluación de metodologías en los distintos criterios

Metodología	Competencia	Tiempo de aplicación	Facilidad de aplicación	Adaptación al cambio	Puntaje total
PDCA	0,30	0,29	0,50	0,26	0,32
DMAIC	0,54	0,14	0,25	0,41	0,40
8D	0,16	0,57	0,25	0,33	0,28
Vector promedio	0,52	0,22	0,14	0,12	

Fuente: Elaboración propia

Como se presenta en la Tabla 6, la herramienta seleccionada para desarrollar el proyecto es DMAIC, ya que es la que obtiene el mayor puntaje total de las tres alternativas evaluadas. En la Ilustración 3 se muestra el ciclo de los cinco ítems de esta metodología.

Ilustración 3: Ciclo de la metodología DMAIC



Fuente: (TRACC, 2020)

A continuación, se presenta una breve descripción del desarrollo del proyecto en cada una de las etapas de la metodología DMAIC, con el fin de cumplir con las metas planteadas en el apartado 1.3 Objetivos.

- **Definir (D):** se realiza el diagnóstico del nuevo sistema de reportabilidad digital, para definir específicamente los distintos problemas asociados.
- **Medir (M):** se realiza la medición de los problemas detectados en el diagnóstico del nuevo sistema de reportabilidad digital según corresponda, con el fin de determinar el impacto de estos.
- **Analizar (A):** se realiza la examinación y análisis de las causas de los problemas asociados al nuevo sistema de reportabilidad digital, para determinar las posibles mejoras.
- **Mejorar (I):** se determinan y priorizan las propuestas de mejora respecto al nuevo sistema de reportabilidad digital.
- **Controlar (C):** se realiza la inspección y control del funcionamiento del nuevo sistema de reportabilidad digital.

Además, esta metodología se complementará con la posterior evaluación de los impactos de las propuestas de mejora.

2.3 Cronograma

Con el fin de planificar globalmente las actividades a desarrollar a lo largo del proyecto, se realizó una carta Gantt de este, la cual se presenta en la Tabla 7.

Tabla 7: Cronograma de la ejecución del proyecto de título

#	Actividad	Marzo			Abril				Mayo				Junio				
		14	21	28	04	11	18	25	02	09	16	23	30	6	13	20	27
1	Definir problemática	X															
2	Establecer objetivos		X														
3	Establecer resultados esperados		X														
4	Definir marco teórico			X													
5	Definir metodología a utilizar			X													
6	Realizar diagnóstico de la situación actual				X	X	X										
7	Realizar medición de los problemas							X	X								
8	Realizar análisis de los problemas								X	X							
9	Realizar propuestas de mejora									X	X	X					
10	Realizar control de las propuestas											X	X				
11	Evaluar los impactos de las propuestas												X	X	X		
12	Realizar conclusión del proyecto														X	X	
13	Generar informe final															X	X
		Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo, se desarrolla la primera etapa de la metodología DMAIC, con el fin de realizar el diagnóstico de la situación actual en la que se encuentra la empresa respecto a Sword Verify, y definir las principales dificultades asociadas.

3.1 Diagnóstico de la situación actual respecto al nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO

Comenzando con la primera fase de la metodología DMAIC, se realizará la definición y diagnóstico de la situación actual del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO que se está implementando en Los Pelambres. Esta etapa se llevó a cabo tanto a través de visitas y capacitaciones directas a los operarios en terreno, como mediante *brainstorming* a través de reuniones grupales con el resto de las compañías de Antofagasta Minerals, recibiendo retroalimentaciones, comentarios e ideas de trabajadores de distintas áreas de la empresa.

A continuación, se describen los principales hallazgos del nuevo sistema, desde sus principales pilares.

3.1.1 Active Risk Manager (ARM)

Active Risk Manager (abreviada como “ARM”) es el nombre de la página *web* diseñada por SWORD en la cual se almacenan los datos de las verificaciones realizadas y se realizan todas las gestiones asociadas al sistema de Sword Verify.

Para que un trabajador pueda utilizar la aplicación móvil, primero este debe tener un usuario creado en ARM, el cual considera todos los datos pertinentes para el trabajo (nombres, apellidos, RUT, compañía, empresa, rol, entre otros). Posteriormente, la gerencia o superintendencia a la que esté asignado debe tener las habilidades todas las estrategias de control. Finalmente, debe tener su cuenta creada. A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes del diagnóstico realizado al respecto.

- Para cada carpeta (de gerencias y superintendencias) que se desee habilitar, se debe realizar una activación manual para cada rol del trabajador por cada control crítico de cada estrategia de control (ver desde el Anexo 10 al Anexo 13). A su vez, estas últimas también deben vincularse individualmente al sistema, haciendo que la demora promedio para dejar operativa cada carpeta sea de cuatro horas. Además, este método es propenso a errores humanos, como sucedió en la gerencia “Puerto”, lo que arrastró

diversos problemas para los trabajadores de esta zona, los cuales se presentan a continuación.

- La entrada a la aplicación no carga, lo que provoca que no puedan utilizarla. En el Anexo 14 se presenta un ejemplo de esto.
- No pueden realizar la verificación de "Interacción con energía neumática", ya que esta está (erróneamente) enlazada a la estrategia "Interacción con energía eléctrica", como una continuación de esta. Lo anterior provoca que el usuario no pueda realizar una comprobación en particular, y que deba responder obligatoriamente preguntas fuera de lugar al completar otra. Esto se muestra en el Anexo 15 y Anexo 16.
- No pueden realizar la verificación de "Buceo profesional" ni "Operaciones de izaje" (ver Anexo 17).
- El buscador de usuarios de ARM es extremadamente básico, ya que solo reconoce el nombre o correo de un trabajador cuando este es escrito exactamente igual que como está ingresado en el sistema, y para realizar una búsqueda por RUT se debe recurrir a un filtro interno de la página, ya que la ventana inicial no reconoce este apartado (entre el Anexo 18 y el Anexo 22 se presenta un ejemplo de búsquedas de usuarios erróneas y exitosas). Tampoco se pueden separar las cuentas creadas de las no creadas, ni agrupar a los trabajadores según su respectiva empresa (en el Anexo 23 se muestra una ventana con cuentas mezcladas). Por otra parte, es la empresa SWORD la encargada de realizar los ingresos masivos de los usuarios, pero los casos puntuales deben ser gestionados directamente de forma manual e individual por Los Pelambres, proceso que toma cuatro minutos aproximadamente (en el Anexo 24 y en el Anexo 25 se presentan las ventanas necesarias para dejar operativo a un trabajador en el uso de Sword Verify).
- La lectura de los datos de las verificaciones realizadas no puede hacerse de forma masiva dentro de ARM, ya que esta solo muestra las respuestas de un determinado control crítico asociado a un rol y carpeta en particular (ver Anexo 26). Por lo tanto, para analizar globalmente la información asociada a las comprobaciones hechas en Sword Verify, esta es exportada y visualizada a través de un Power Bi (ver Anexo 27), proceso que tarda una hora por cada diez *megabytes* de peso aproximadamente.

- Cada trabajador tiene un usuario individual para utilizar la aplicación, por lo que toda la información generada por sus verificaciones está totalmente estandarizada, lo que implica que los datos sean claros y directamente analizables.

3.1.2 Sword Verify

A continuación, se presentan los hallazgos más relevantes del diagnóstico de la funcionalidad de Sword Verify.

- La aplicación móvil (Sword Verify) no tiene el mismo nombre del programa con la que es publicitada para los trabajadores de la empresa (“DIGITA SSO”), lo que genera ineficiencias comunicacionales.
- Una vez realizada la creación de cuentas, al usuario le llega un correo electrónico para realizar la activación de su clave personal para el uso de Sword Verify, el cual tiene una vigencia de solo doce horas (si se excede este límite de tiempo, se debe solicitar un nuevo correo que dura otras doce horas). Además, el remitente de este es “arm-alerts@sword-activerisk.com”, el cual es desconocido para los trabajadores. En el Anexo 28, Anexo 29 y Anexo 30 se muestran estos ítems.
- En algunos *smartphones*, Sword Verify no puede visualizarse una vez que el usuario ingresa su correo y clave (ver Anexo 31).
- Algunos *smartphones* de marca Huawei no cuentan con acceso a la descarga (y, por lo tanto, al uso) de Sword Verify.
- El tamaño de la letra dentro de Sword Verify no es modificable, por lo que no es posible que cada usuario la adapte a su comodidad.
- A pesar de que Sword Verify funciona sin conectividad a internet, esto solo ocurre durante 21 horas luego del último ingreso con conexión, lo que implica que haya ocasiones en las que los usuarios desean utilizar la aplicación móvil y no pueden tener acceso a esta. En el Anexo 32 se muestra un ejemplo de esto.

- Cada vez que la aplicación se abre por primera vez luego de ser instalada, esta solicita un *link* específico que la conecta con los datos de ARM, haciendo que este ingreso inicial tenga un paso más de lo habitual. Esta solicitud se muestra en el Anexo 33.
- Algunas ventanas de Sword Verify contienen frases en inglés, lo que dificulta el entendimiento de esta por parte de algunos usuarios. Entre el Anexo 34 y Anexo 36 se muestran ejemplos de esto.
- Hay ocasiones en la que un supervisor o ejecutivo debe realizar una verificación de seguridad bajo el rol de operador. Esto ocurre cuando son ellos los que ejecutarán la actividad (un ejemplo de esto es la estrategia de control “Operación de vehículos livianos”, la cual abarca el manejo de camionetas en faena). A pesar de esto, en Sword Verify cada trabajador podía realizar las comprobaciones solo con su cargo original, lo que provocaba que no pudiera utilizar la aplicación móvil en todos los casos. Sin embargo, la empresa SWORD solventó esta dificultad al incorporar el cambio interno de roles a la aplicación móvil (ver Anexo 37).
- Para hacer una verificación dentro de Sword Verify, el trabajador obligatoriamente debía leer un código QR asociado a una determinada estrategia de control, el cual es distinto a los de los formularios *online* explicados en el apartado 1.2 Contexto del proyecto. Lo anterior generaba que el usuario igualmente tenía que portar múltiples de estos para llevar a cabo todas las comprobaciones que requería (ver Anexo 38). Sin embargo, esto fue corregido por la empresa SWORD, ya que añadió la lista de todas las verificaciones a la aplicación móvil, permitiendo que los trabajadores puedan acceder a ellas directamente al pulsarlas. Sin embargo, el buscador de esta es extremadamente básico (ver Anexo 39 y Anexo 40), y el usuario no puede separar entre las estrategias de control que ejecuta de las que no ejecuta.
- Actualmente, en Antofagasta Minerals se está promoviendo la campaña “YO DIGO NO”. Esta consiste en fomentar el hecho de que un trabajador se niegue a realizar una determinada actividad si al menos una de las condiciones de seguridad asociadas a esta no son las ideales. Sin embargo, cuando en Sword Verify se ingresa un “No” como respuesta ante cualquiera de las preguntas de una verificación, la aplicación abre una nueva ventana que solicita que el usuario le informe esto a su supervisor para validar que

“Es seguro continuar” con la comprobación, y en caso de no ser así, esta no podrá ser completada (por lo tanto, tampoco podrá ser enviada). Esto implica que si un trabajador lleva a cabo un “YO DIGO NO”, no podrá registrarlo en la aplicación móvil, perdiendo así esta información en la base de datos del sistema y eliminando la oportunidad de detectar falencias en los procesos de la empresa. Lo anterior se muestra en el Anexo 41 y Anexo 42.

- Al hacer una comprobación de seguridad en Sword Verify, solo queda disponible para su revisión en la aplicación móvil durante 24 horas. Esto provoca que el trabajador no pueda tener acceso directo a su historial de verificaciones. En el Anexo 43 se muestra la vista superficial de una de estas ya realizada.
- Luego de hacer cada verificación de seguridad, al usuario le llega un correo electrónico con el respaldo de su comprobación. Sin embargo, la hora que este registra es incorrecta, y tampoco refleja el rol con el que el trabajador realizó la comprobación (ver Anexo 44).

3.1.3 Implementación de Sword Verify en Los Pelambres

La implementación de Sword Verify en Antofagasta Minerals comenzó con un pilotaje de esta en áreas acotadas de cada compañía. De esta forma, se pudo probar a baja escala el funcionamiento de la aplicación, y obtener conclusiones que permitan perfeccionarla antes de la salida masiva a toda la organización. A continuación, se describen los principales apartados logísticos asociados al respecto.

- El pilotaje de Sword Verify en Los Pelambres se planificó para ser realizado en algunas organizaciones del Tranque “El Mauro” y el Puerto “Punta Chungo”, abarcando así a cerca de 400 trabajadores (lo que equivale al 4% del personal total de Los Pelambres). En la Tabla 8 se muestran las empresas de cada área, con su respectiva dotación.

Tabla 8: Empresas participantes del pilotaje de Sword Verify en Los Pelambres

Área	Empresa	Dotación
Puerto	FLSMIDTH	52
	LOS PELAMBRES	35
	BONILLA Y CÍA	20
	HECSO	19
	RYT	16
	SERVISUB	12
	SUBTOTAL	154
Tranque	BESALCO	106
	INCOLUR OPERACIONES	104
	LOS PELAMBRES	37
	SUBTOTAL	247
TOTAL		401

Fuente: Elaboración propia con apoyo de minera Los Pelambres

- Para realizar un seguimiento a los resultados y avances del pilotaje de Sword Verify, se realizan reuniones *online* semanalmente, tanto de carácter interno (entre las compañías y el corporativo de Antofagasta Minerals), como externo (añadiendo la participación de la empresa SWORD). De esta forma, se mantiene una comunicación y *feedback* constante de todas las partes involucradas en el funcionamiento de la aplicación móvil, lo que agiliza el proceso de mejora de esta.
- Hubo retrasos en las capacitaciones realizadas, haciendo que el pilotaje de Sword Verify tardara tres meses en llevarse a cabo, cuando se había planificado solo para dos.
- Hubo trabajadores de empresas participantes del pilotaje que no podían acceder a la aplicación, porque no tenían un usuario y cuenta creada.
- El uso de Sword Verify implica que el personal debe descargarla en su *smartphone*, y aunque esta pesa apenas 70 *megabytes* aproximadamente, hay trabajadores que se niegan a hacerlo, o no cuentan con el almacenamiento suficiente para esto. Además, puede ocurrir alguno de los problemas descritos en el apartado 3.1.2 Sword Verify, lo que igualmente eliminaría la posibilidad de utilizarla en su teléfono.

3.2 Resultados del diagnóstico realizado

Luego de realizar el diagnóstico de la situación actual de Los Pelambres frente al nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO, se puede observar que efectivamente Sword Verify

satisface las necesidades planteadas en el apartado 1.2 Contexto del proyecto. Sin embargo, hay dos principales dificultades asociadas a la aplicación móvil: su implementación se está realizando de forma poco eficiente, y esta presenta imperfecciones en su funcionalidad.

Por lo tanto, ambos apartados requieren de mejoras para que este sistema funcione correctamente. Con el fin de definir estos problemas de forma más concreta, en la Tabla 9 y Tabla 10 se muestra la aplicación de la herramienta 5W1H para cada uno de estos.

Tabla 9: 5W1H de la ineficiente implementación de Sword Verify

¿QUÉ PROBLEMA ES?	La implementación de Sword Verify es poco eficiente
¿DÓNDE OCURRE?	Minera Los Pelambres
¿CUÁNDO OCURRE?	En el primer ingreso de un usuario a la aplicación
¿A QUIÉN LE OCURRE?	Trabajadores administrativos y de terreno
¿POR QUÉ OCURRE?	Las variables de las cuales depende el proceso de implementación no siempre se cumplen
¿CÓMO OCURRE?	Las instancias para implementar Sword Verify son acotadas, y para que el trabajador pueda tener acceso a ella, se deben cumplir una serie de condiciones que no siempre se concretan, lo que impide que este pueda utilizar la aplicación

Fuente: Elaboración propia con apoyo de minera Los Pelambres

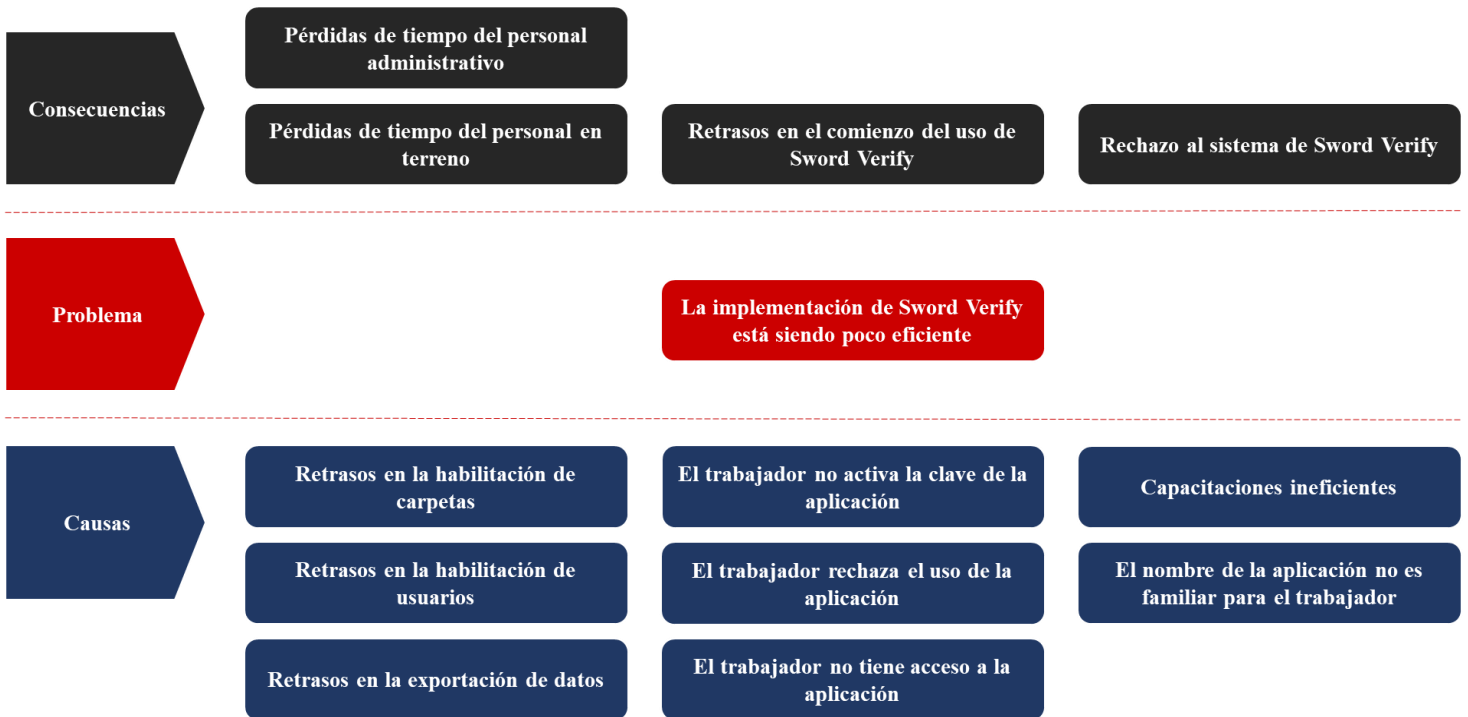
Tabla 10: 5W1H de las imperfecciones en la funcionalidad de Sword Verify

¿QUÉ PROBLEMA ES?	Sword Verify presenta imperfecciones en su funcionalidad
¿DÓNDE OCURRE?	Minera Los Pelambres
¿CUÁNDO OCURRE?	En el manejo de la aplicación
¿A QUIÉN LE OCURRE?	Usuarios de la aplicación
¿POR QUÉ OCURRE?	El diseño del sistema no abarca todas las necesidades de los usuarios
¿CÓMO OCURRE?	En algunos casos, los usuarios requieren realizar acciones que la aplicación no permite, lo que implica que esta no se pueda utilizar correctamente

Fuente: Elaboración propia con apoyo de minera Los Pelambres

Para visualizar las principales causas y consecuencias que conllevan las dificultades presentadas, en la Ilustración 4 e Ilustración 5 se presenta un árbol de problemas de cada uno.

Ilustración 4: Árbol de problemas de la implementación ineficiente de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia con apoyo de minera Los Pelambres

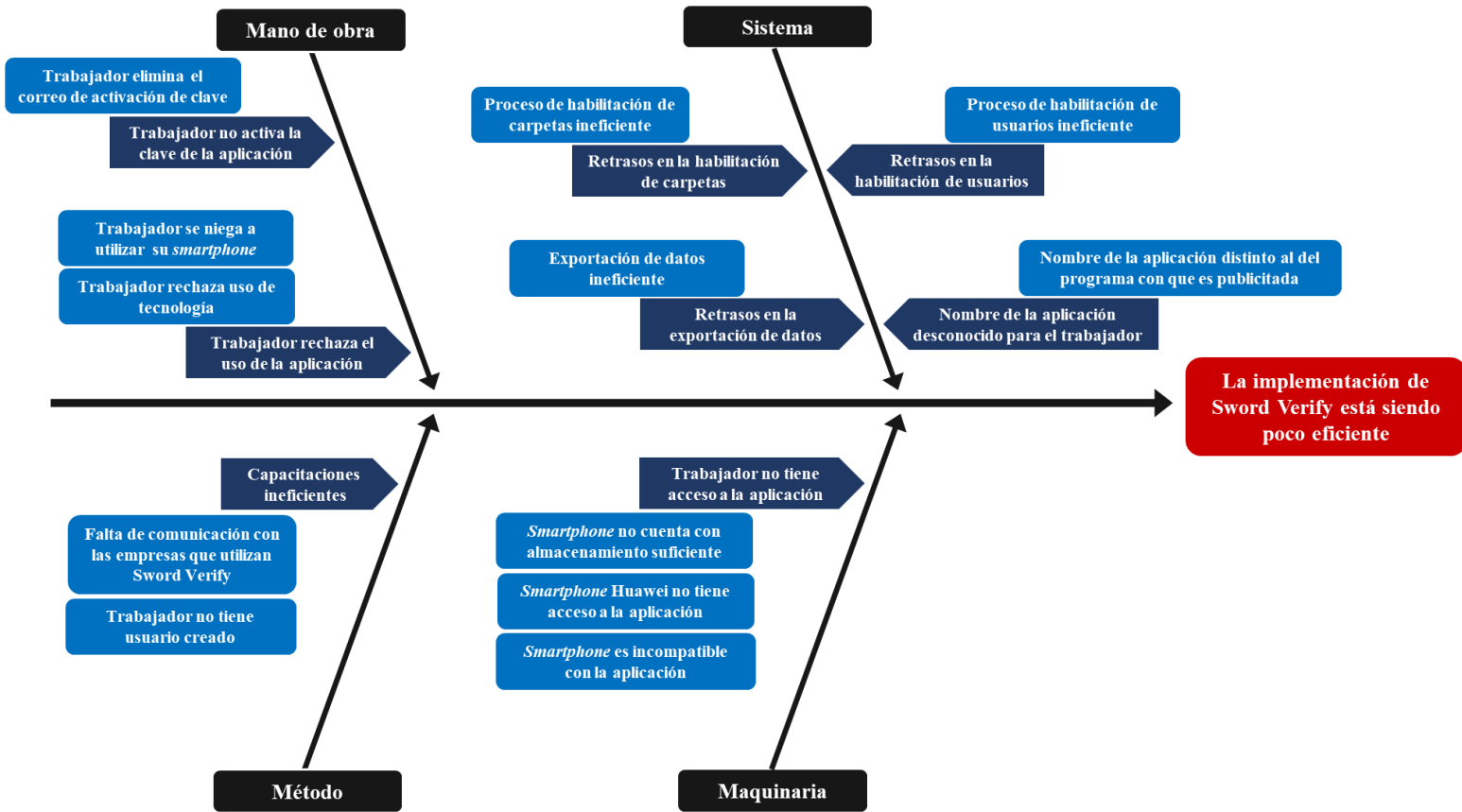
Ilustración 5: Árbol de problemas de las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia con apoyo de minera Los Pelambres

Además, considerando que la ineficiencia en la implementación de Sword Verify se debe a distintos orígenes (maquinaria disponible, método de implementación, mano de obra de la empresa y sistema de la aplicación móvil), en la Ilustración 6 se presenta un diagrama de Ishikawa para este problema.

Ilustración 6: Diagrama de Ishikawa sobre la ineficiente implementación de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia con apoyo de minera Los Pelambres

Por último, en la Tabla 11 se presenta un resumen de las principales causas que provocan los dos problemas identificados en el diagnóstico, los cuales fueron determinados y analizados en conjunto con la empresa.

Tabla 11: Principales causas de los problemas identificados respecto a la aplicación móvil

Ineficiente implementación de Sword Verify	Imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify
Retrasos en la habilitación de carpetas	El texto de la aplicación no es apto para todos los usuarios
Retrasos en la habilitación de usuarios	La aplicación no siempre puede ser utilizada en terreno
Retrasos en la exportación de datos	El primer ingreso a la aplicación es confuso
El nombre de la aplicación no es familiar para el trabajador	El manejo de las estrategias de control dentro de la aplicación es incómodo
El trabajador no activa la clave de la aplicación	La aplicación no permite el envío de un "YO DIGO NO"
El trabajador rechaza el uso de la aplicación	La aplicación posee un historial limitado de verificaciones
El trabajador no tiene acceso a la aplicación	El correo de respaldo de la verificación de seguridad no otorga información certera
Capacitaciones ineficientes	

Fuente: Elaboración propia con apoyo de la empresa

Por otra parte, en la Ilustración 7 se presenta un diagrama SIPOC sobre la situación actual del nuevo sistema de reportabilidad digital, y la situación esperada de este posterior a su hipotético rediseño derivado de las propuestas de mejora. Para esto, se destacan en rojo los aspectos a mejorar, y en verde los que se desean alcanzar.

Ilustración 7: Diagrama SIPOC del proceso de verificación de seguridad en Sword Verify

	S (suppliers) Proveedores	I (input) Entradas	P (process) Proceso	O (outputs) Salidas	C (customers) Clientes
Actual	<ul style="list-style-type: none"> Empresa diseñadora (SWORD) 	<ul style="list-style-type: none"> Internet Información de la actividad Smartphone 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar verificación de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> Verificación rígida 	<ul style="list-style-type: none"> Usuarios del sistema de Sword Verify en Antofagasta Minerals
Esperada	<ul style="list-style-type: none"> Empresa diseñadora (SWORD) 	<ul style="list-style-type: none"> Información de la actividad Smartphone 	<ul style="list-style-type: none"> Realizar verificación de seguridad 	<ul style="list-style-type: none"> Verificación offline Verificación aprobada/rechazada 	<ul style="list-style-type: none"> Usuarios del sistema de Sword Verify en Antofagasta Minerals

Fuente: Elaboración propia con apoyo de la empresa

CAPÍTULO 4: MEDICIÓN DEL PROBLEMA

En el presente capítulo, se desarrolla la segunda etapa de la metodología DMAIC, con el fin de realizar la medición de los hallazgos del diagnóstico de Sword Verify que pueden ser valorados cuantitativamente, para determinar el impacto de estos en minera Los Pelambres.

4.1 Medición del pilotaje de Sword Verify

Continuando con la segunda fase de la metodología DMAIC, se realizará la medición de los resultados del pilotaje del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO que se está implementando en Los Pelambres.

4.1.1 Medición de uso de ARM

Como se explicó en el apartado 3.1.1 Active Risk Manager (ARM), el tiempo promedio para dejar operativa cada carpeta de gerencias y superintendencias de ARM es de cuatro horas. Considerando que en Los Pelambres hay 67 de estos ítems, dejarlos todos habilitados implicaría 268 horas (ver Ecuación 18), lo que equivaldría a más de 24 días laborales de un trabajador dedicado exclusivamente a esta tarea, como se muestra en la Ecuación 19. Además, este mismo proceso también deberá hacerse manualmente ante la creación de nuevas carpetas o edición de las estrategias de control, lo que lo hace altamente ineficiente.

Ecuación 18: Tiempo requerido para habilitar todas las carpetas de Los Pelambres

$$67 \text{ carpetas} * \frac{4 \text{ horas}}{1 \text{ carpeta}} = 268 \text{ horas}$$

Fuente: Elaboración propia

Ecuación 19: Días de trabajo requeridos para habilitar todas las carpetas de Los Pelambres

$$268 \text{ horas} * \frac{1 \text{ día laboral}}{11 \text{ horas}} = 24,36 \text{ días laborales}$$

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, los trabajadores de las empresas que se adhieran al uso de Sword Verify serán ingresados a ARM de forma masiva por la empresa SWORD. Sin embargo, los nuevos usuarios que se vayan incorporando a estas organizaciones deberán ser registrados individualmente por Los Pelambres. Este proceso toma aproximadamente cuatro minutos, y solo durante el pilotaje de la aplicación móvil debieron crearse 80 cuentas, lo que implicó más de cinco horas de trabajo (ver Ecuación 20), tiempo que irá aumentando a medida que se amplíe el uso del nuevo sistema.

Ecuación 20: Tiempo invertido en registrar nuevos usuarios

$$80 \text{ usuarios} * \frac{4 \text{ minutos}}{1 \text{ usuario}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ minutos}} = 5,33 \text{ horas}$$

Fuente: Elaboración propia

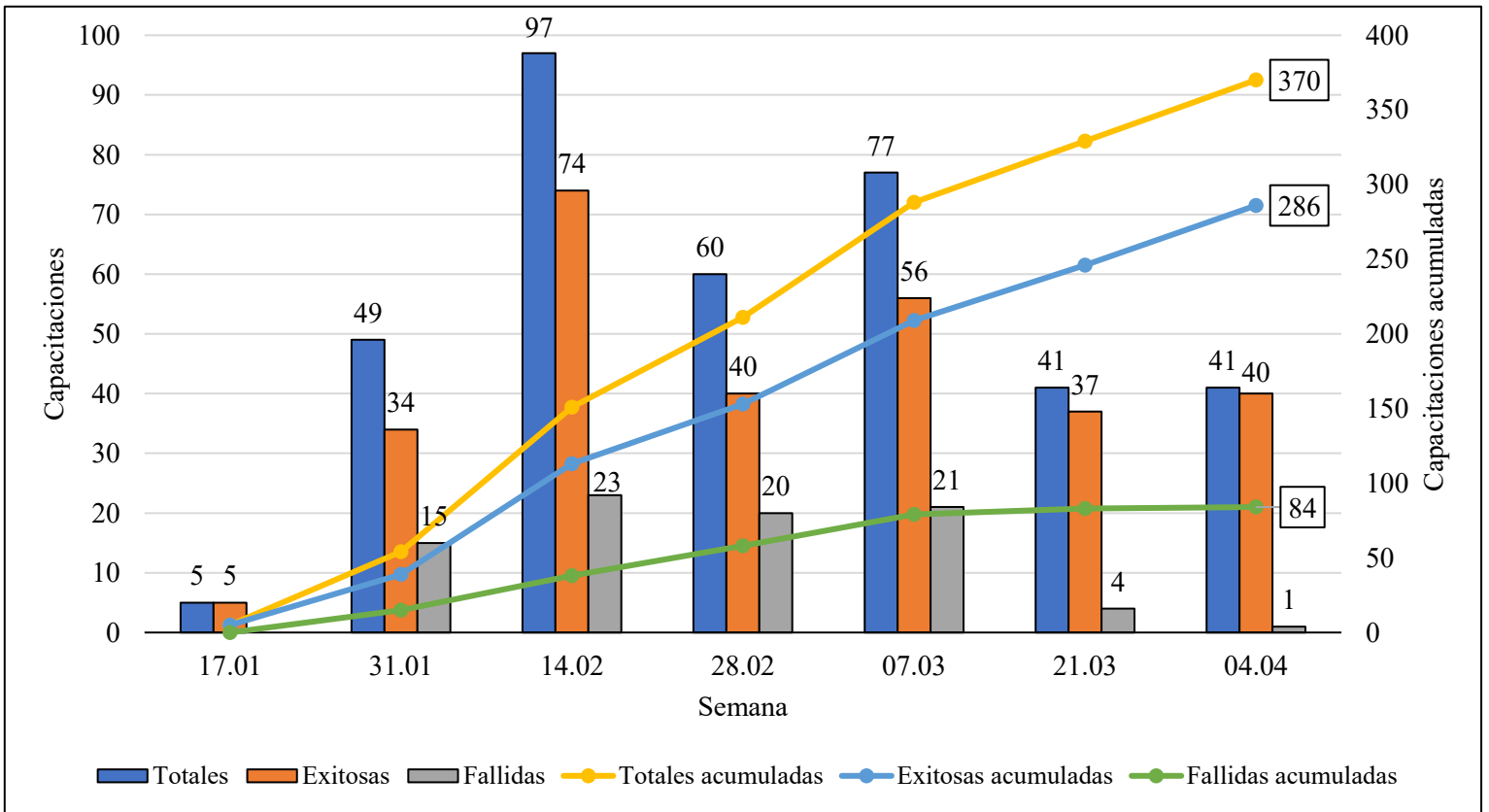
Finalmente, la exportación de datos de ARM está tomando cerca de una hora por cada diez *megabytes* de peso. Una vez finalizado el pilotaje, la cantidad de información ya superó los 300 *megabytes*, lo que excede el tiempo de carga del sistema y cancela la extracción de datos, imposibilitando que se puedan visualizar los resultados y el comportamiento de las verificaciones de seguridad realizadas en Sword Verify.

4.1.2 Medición de uso de Sword Verify

Con el fin de poner en marcha el uso de la aplicación, se realizaron capacitaciones de forma presencial (en el Anexo 45 se muestra la lista de asistencia de una de estas) y *online* a los distintos trabajadores de las empresas participantes del programa. Para esto, se preparó material visual explicativo de apoyo (en el Anexo 46 se muestra una parte de este).

En el Gráfico 1 se presentan las capacitaciones realizadas en terreno en cada semana, con los respectivos casos exitosos y fallidos en el uso de la aplicación, y su cantidad acumulada asociada.

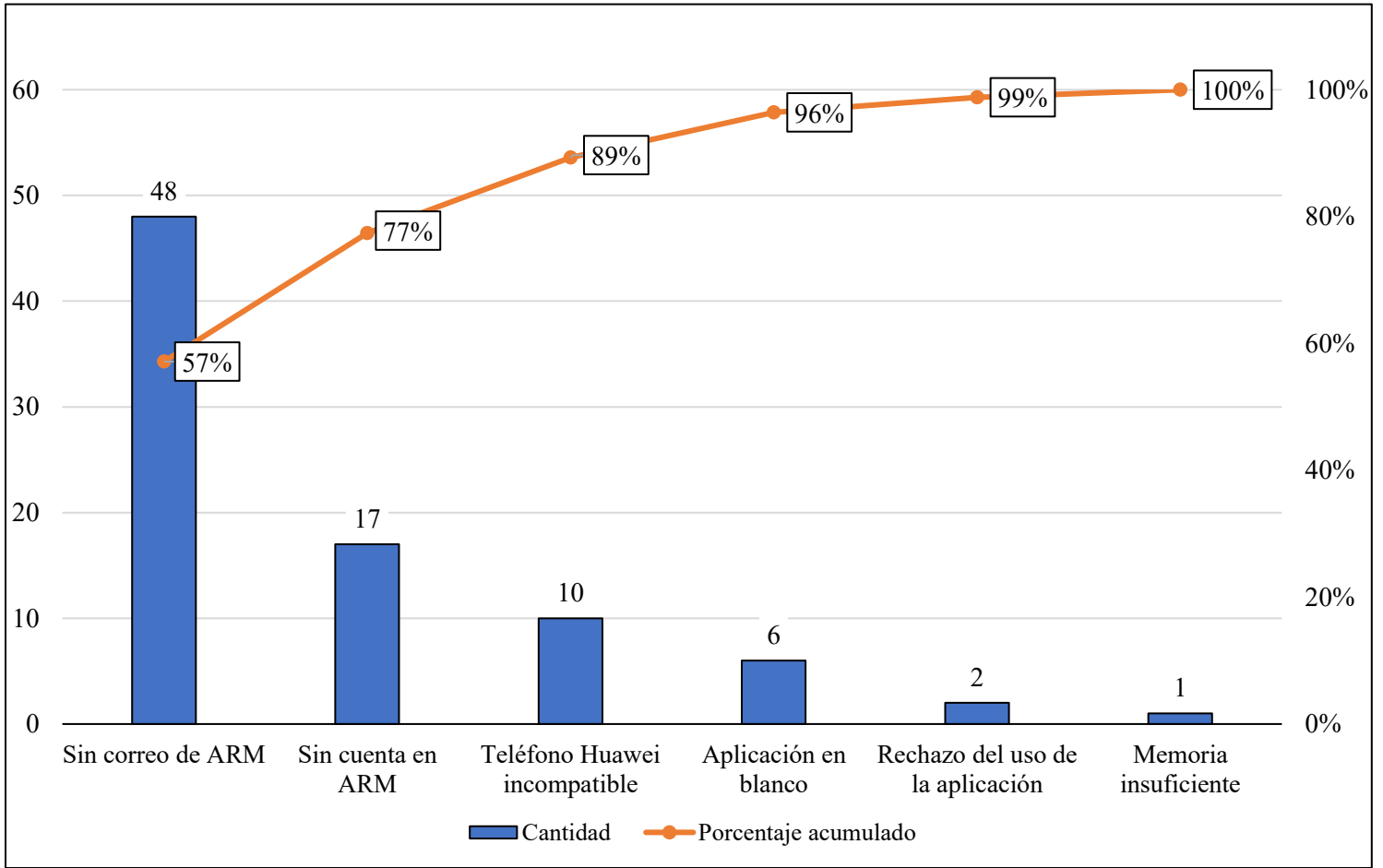
Gráfico 1: Capacitaciones presenciales de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Gráfico 1, se realizaron 370 capacitaciones presenciales, de las cuales 286 fueron exitosas (77%) y 84 fueron fallidas (23%). Para analizar las causas de estas últimas y su respectivo impacto, en el Gráfico 2 se presenta un diagrama de Pareto de los distintos problemas surgidos.

Gráfico 2: Diagrama de Pareto para los motivos de no uso de Sword Verify

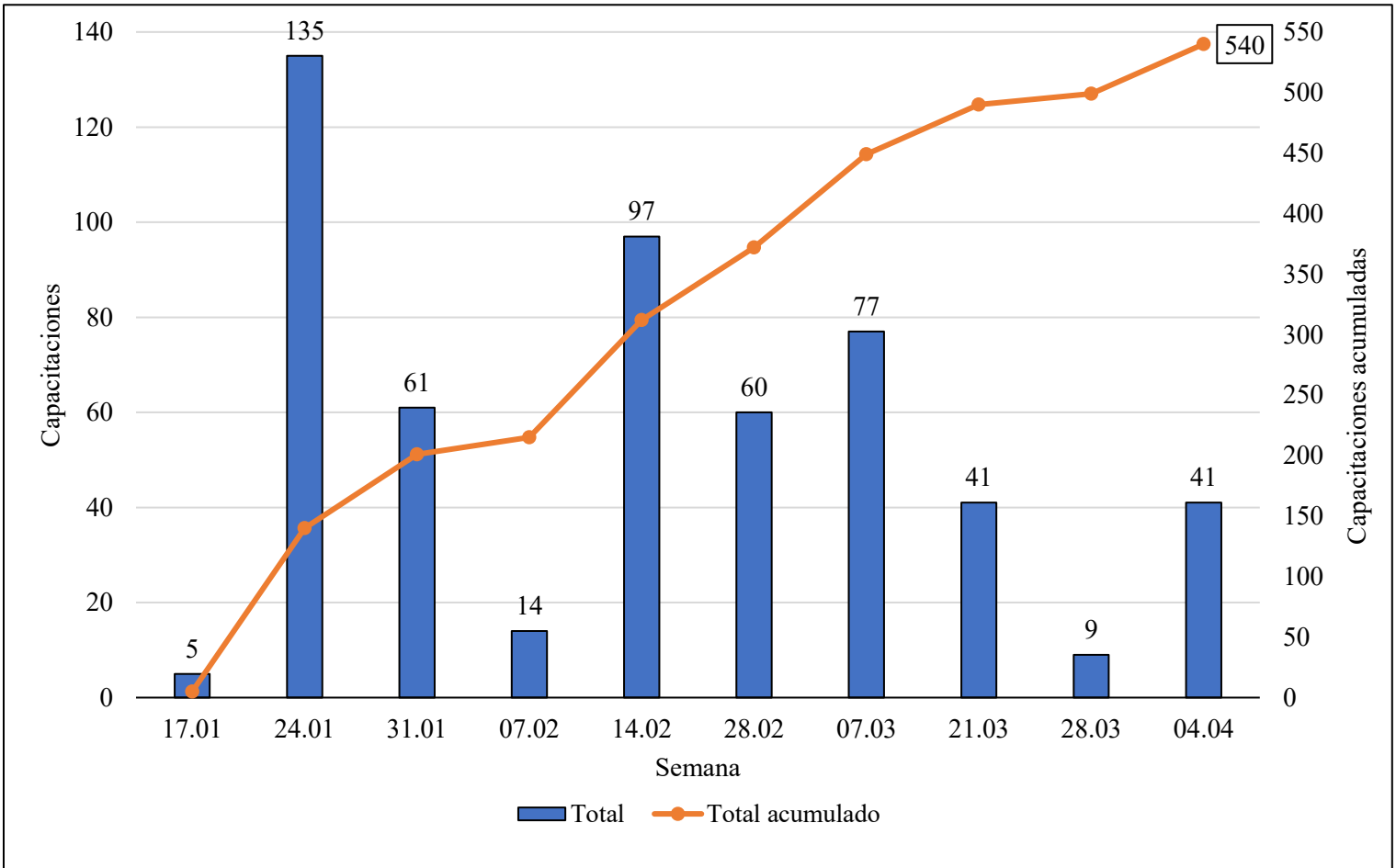


Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Gráfico 2, la mayor dificultad al momento de utilizar la aplicación es que el usuario no cuenta con el correo de activación de clave que se envía desde ARM, abarcando el 57% de los casos fallidos.

Por otra parte, en el Anexo 47 se muestran las capacitaciones realizadas de forma virtual por cada semana y su respectiva cantidad acumulada (de las cuales no se cuenta con el detalle por empresas ni del número de exitosas y fallidas, debido al bajo *feedback* de los usuarios en las reuniones *online*). Además, en el Gráfico 3 se muestra la suma de los entrenamientos virtuales y presenciales.

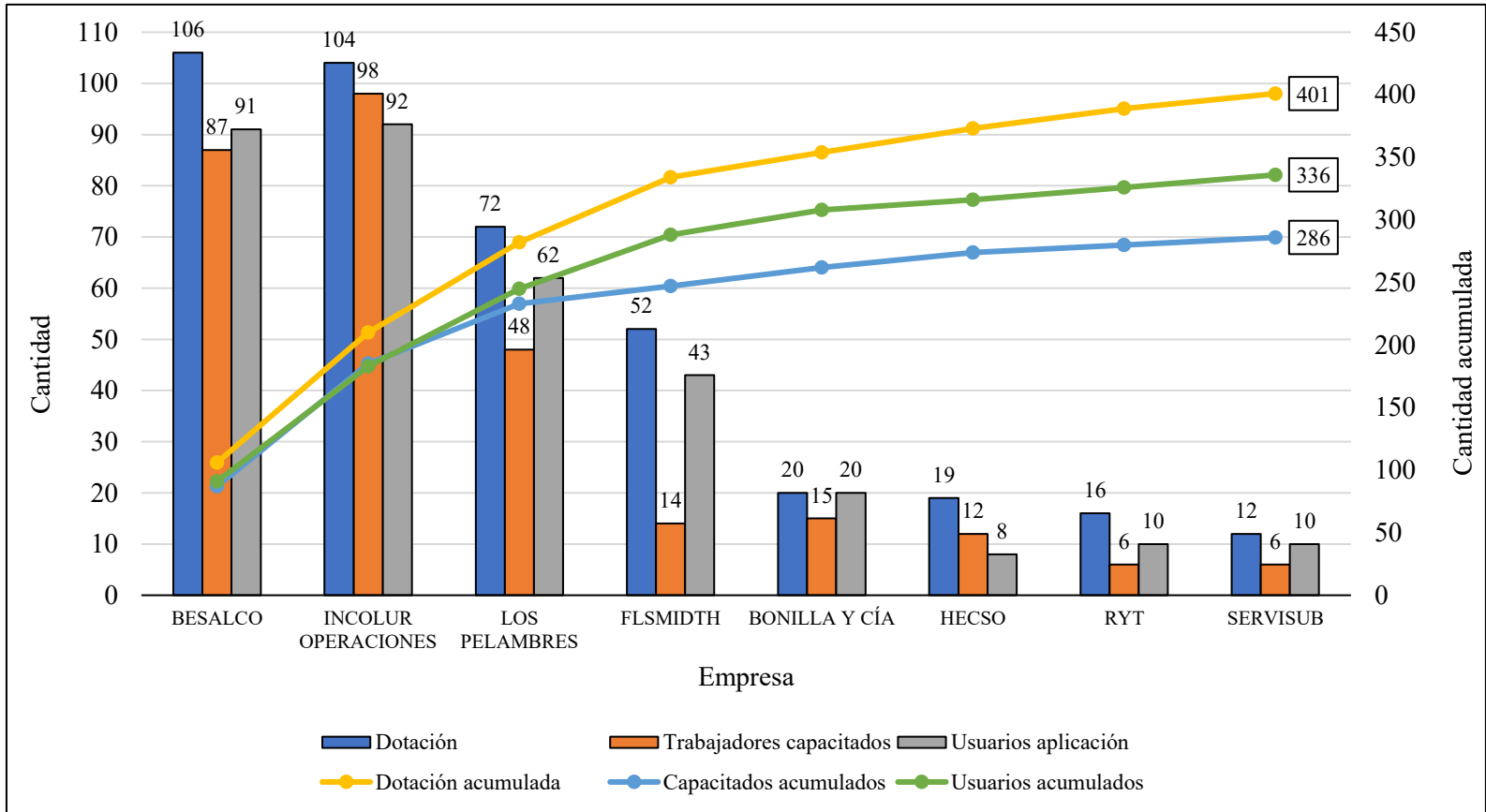
Gráfico 3: Capacitaciones presenciales y virtuales de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el Gráfico 3, la cantidad capacitaciones totales realizadas (540) supera a la cifra de trabajadores considerados para el pilotaje de Sword Verify (401), lo que se debe a que algunos usuarios han presentado algún problema o duda en su primer entrenamiento, por lo que han tenido que asistir a más de uno para poder utilizar correctamente la aplicación móvil. En el Gráfico 4 se presenta la dotación de cada empresa participante del pilotaje, los trabajadores exitosamente capacitados en terreno y la cantidad de usuarios efectivos de Sword Verify que hay por cada organización, con sus respectivas cantidades acumuladas.

Gráfico 4: Trabajadores capacitados y usuarios de Sword Verify en Los Pelambres



Fuente: Elaboración propia

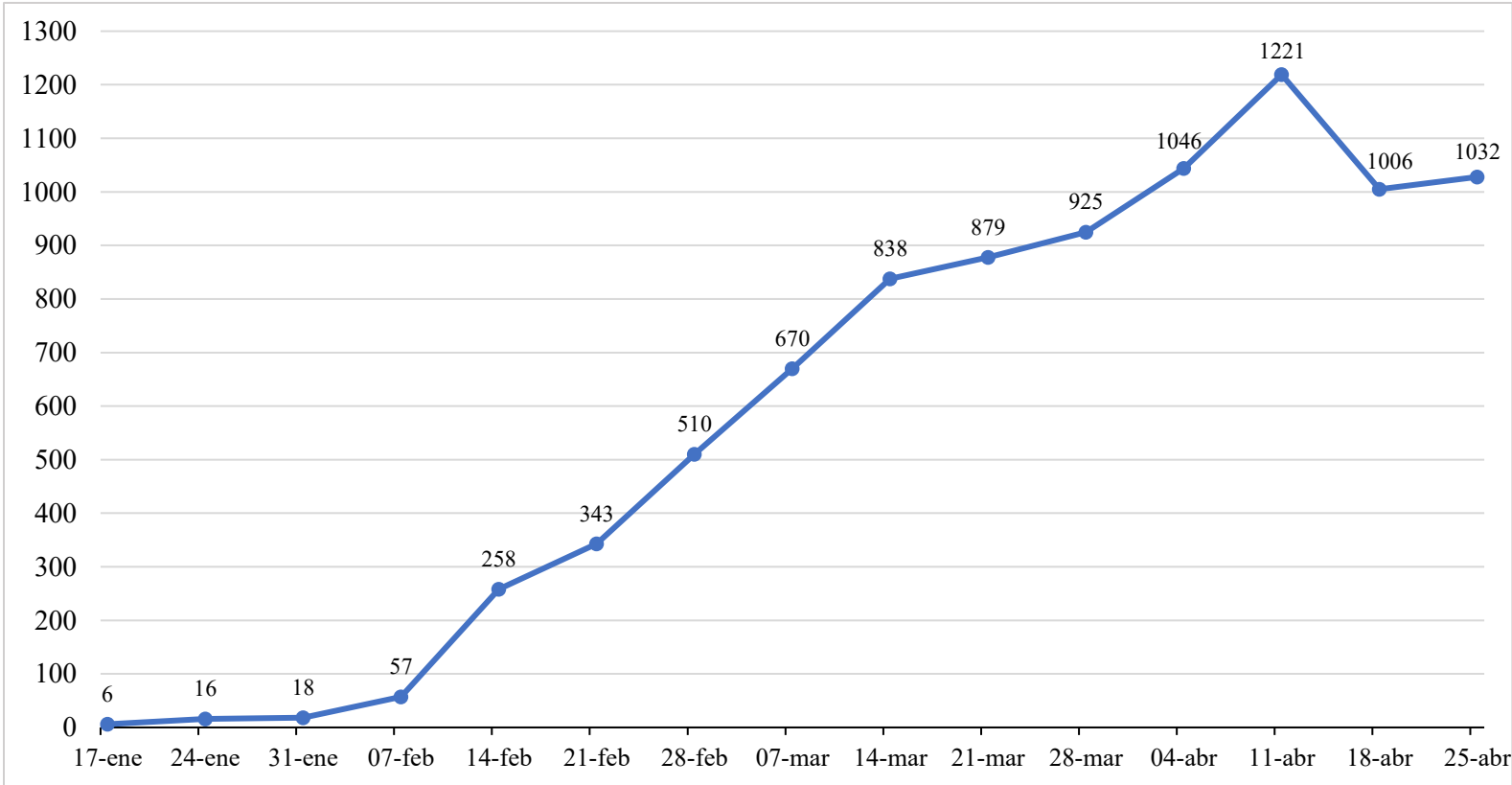
Como se observa en el Gráfico 4, la dotación total de participantes del pilotaje de Sword Verify es 401, la cantidad de usuarios de la aplicación es 336 y el número de capacitados presencialmente es 286. Por lo tanto, actualmente el nuevo sistema es utilizado por cerca del 84% de los trabajadores considerados para esto (ver Anexo 48).

Por un lado, hay empresas (como HECSO) que cuentan con más trabajadores capacitados que usuarios de Sword Verify, lo que se debe a que no todos ellos deben realizar verificaciones de seguridad, pero que igualmente se encuentran habilitados para hacerlo en caso de que lo requieran en un futuro.

Por otro lado, hay empresas (como BESALCO) en las que la cantidad de usuarios de la aplicación supera al número de trabajadores capacitados exitosamente en terreno, lo que se debe a que algunos trabajadores fueron capacitados exclusivamente de forma virtual, o bien fueron entrenados directamente por sus colegas.

Para medir la utilización de la aplicación móvil, en el Gráfico 5 se presenta la cantidad de verificaciones realizadas semanalmente por las empresas participantes del pilotaje de Sword Verify en Los Pelambres, entre enero y abril del 2022.

Gráfico 5: Verificaciones semanales de las empresas participantes del pilotaje de Sword Verify en Los Pelambres



Fuente: Elaboración propia en base a información otorgada por minera Los Pelambres

Como se observa en el Gráfico 5, las verificaciones de seguridad realizadas en la aplicación móvil fueron aumentando desde su implementación (ya que cada vez había mayor cantidad de usuarios capacitados), hasta llegar a un rango en que la cantidad de estas comienza a fluctuar. Su punto más alto ocurre en la semana del 11 de abril con 1.221 chequeos, dando un promedio de 3,04 comprobaciones en ese periodo de tiempo considerando a todos los trabajadores disponibles (ver Anexo 49), y de 3,63 considerando solo a los usuarios efectivos de Sword Verify (ver Anexo 50).

Con el fin de determinar el tiempo invertido por los usuarios en cada verificación de seguridad realizada en la aplicación móvil, se realizaron 80 mediciones en terreno (ver Anexo

51). En la Tabla 12 se presenta un resumen de los resultados de estas, y en la Tabla 13 se muestra el detalle según distintos rangos etarios.

Tabla 12: Tiempo promedio invertido en realizar cada verificación de seguridad

Cantidad de mediciones	Edad promedio de los usuarios (años)	Desviación estándar de las edades (años)	Tiempo promedio por verificación (min)	Desviación estándar de tiempos (min)
80	44	11,1	2:52	1:08

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Tiempo promedio invertido en realizar cada verificación de seguridad según rango etario

Edad (años)	Cantidad de mediciones	Edad promedio de los usuarios (años)	Desviación estándar de edades (años)	Tiempo promedio por verificación (min)	Desviación estándar de tiempos (min)
[20 - 29]	6	26	2,2	2:09	1:40
[30 - 39]	31	35	2,4	2:39	1:04
[40 - 49]	14	44	2,9	2:52	0:57
[50 - 59]	21	55	3,1	3:21	1:01
[60 - 69]	8	62	1,6	3:03	1:18

Fuente: Elaboración propia

La meta establecida por Antofagasta Minerals es que el tiempo promedio de las verificaciones realizadas en Sword Verify no superara los cinco minutos. Como se muestra en la Tabla 12, los usuarios están tardando menos de tres minutos en realizar las comprobaciones, y la desviación estándar de estas es de poco más de un minuto, por lo que se cumple el objetivo inicialmente planteado.

Por otra parte, en la Tabla 13 se observa que los tiempos se mantienen bajo los cinco minutos para los distintos rangos etarios, por lo que la aplicación móvil tampoco presenta inconvenientes para los usuarios más longevos.

Además, para validar que la cantidad de datos tomados para la muestra es representativa, en la Ecuación 21 se presenta el cálculo para esto, en base a la fórmula mostrada en la Ecuación 9.

Ecuación 21: Cantidad de datos para que la muestra de las mediciones sea representativa

$$n = \frac{336 * 1,65^2 * 68^2}{(336 - 1) * 12^2 + 1,65^2 * 68^2} = 69,53$$

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los distintos parámetros de la Ecuación 21.

- 336 es la cantidad de usuarios de la aplicación móvil.
- 1,65 es el valor equivalente a un intervalo de confianza del 90%.
- 68 segundos es la desviación estándar de las mediciones.
- 12 segundos es el error permitido.

Como se muestra en la Ecuación 21, la muestra debe ser de al menos 70 mediciones para que sea representativa bajo los parámetros planteados. Por lo tanto, los 80 datos obtenidos satisfacen este requerimiento.

4.4 Medición de la implementación de Sword Verify en Los Pelambres

Como se explicó en el apartado 3.1.3 Implementación de Sword Verify en Los Pelambres, el pilotaje de la aplicación móvil tardó tres meses en llevarse a cabo aproximadamente, cuando en un comienzo solo se había planificado para dos.

Para dejar correctamente capacitados a los 286 usuarios mostrados en el Gráfico 1, se requirió de 23 días laborales dedicados a estas actividades (distribuidos en las doce semanas del pilotaje), dando un promedio diario de apenas 12 usuarios exitosamente abarcados aproximadamente, como se muestra en la Ecuación 22.

Ecuación 22: Promedio diario de personas capacitadas en el piloto de Sword Verify

$$\frac{286 \text{ usuarios capacitados}}{23 \text{ días laborales}} = 12,43 \frac{\text{usuarios capacitados}}{\text{día laboral}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información otorgada por la empresa

Proyectando esta tendencia a una salida masiva de la aplicación móvil, para abarcar a los 9.600 usuarios faltantes en Los Pelambres se necesitarían 772 días laborales aproximadamente, el cual es un tiempo excesivamente alto, lo que implica que mantener estos parámetros es inviable a largo plazo. Este cálculo se muestra en la Ecuación 23.

Ecuación 23: Tiempo estimado para capacitar a todos los trabajadores de Los Pelambres

$$9.600 \text{ usuarios} * \frac{1 \text{ día laboral}}{12,43 \text{ usuarios}} = 772,32 \text{ días laborales}$$

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DEL PROBLEMA

En el presente capítulo, se desarrolla la tercera etapa de la metodología DMAIC, con el fin de realizar el análisis de las causas que provocan los problemas asociados a Sword Verify, y determinar contramedidas para cada una.

5.1 Análisis de los problemas identificados

Continuando con la tercera etapa de la metodología DMAIC, se realiza el análisis de las dificultades del nuevo sistema de reportabilidad digital de SSO que se está implementando en Los Pelambres. Para esto, se utilizó la herramienta de los 5 Por qué, con el fin de determinar la causa raíz de cada uno de estos problemas, y así plantear una contramedida viable que solucione o mitigue la respectiva dificultad.

5.2 Análisis de la implementación ineficiente de Sword Verify

En la Tabla 14 y en la Tabla 15 se presenta el análisis de los 5 Por qué de las causas que provocan que la implementación de Sword Verify se esté realizando de forma poco eficiente.

Tabla 14: Análisis 5 Por qué de la implementación ineficiente de Sword Verify (parte uno)

Categoría	Causa	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa raíz	Contramedida
Sistema	Retrasos en la habilitación de carpetas	El proceso de habilitación de carpetas es ineficiente	Cada estrategia de control debe activarse manualmente			Cada estrategia de control debe activarse manualmente	Rediseñar el sistema de ARM para que permita activar múltiples estrategias de control en paralelo
	Retrasos en la habilitación de usuarios	El proceso de habilitación de usuarios es ineficiente	El buscador de ARM es extremadamente básico			El buscador de ARM es extremadamente básico	Rediseñar el buscador de ARM para que considere similitudes y más campos de información
			Los filtros de ARM no abarcan todas las necesidades			Los filtros de ARM no abarcan todas las necesidades	Añadir los filtros faltantes de los distintos campos de los usuarios de ARM
			Todos los datos de los usuarios se deben ingresar individualmente			Todos los datos de los usuarios se deben ingresar individualmente	Rediseñar el sistema de ARM para que permita ingresar los datos de los usuarios de forma masiva
	Retrasos en la exportación de datos	La exportación de datos es ineficiente	El sistema exporta los datos de forma individualizada			El sistema exporta los datos de forma individualizada	Rediseñar el proceso de exportación de datos de ARM
	El nombre de la aplicación no es familiar para el trabajador	El nombre de la aplicación es distinto al del programa con que es publicitada	La empresa SWORD decidió ligar el nombre de la aplicación a su identidad propia			La empresa SWORD decidió ligar el nombre de la aplicación a su identidad propia	Visibilizar el nombre y logo de la aplicación mediante carteles en terreno

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Análisis 5 Por qué de la implementación ineficiente de Sword Verify (parte dos)

Categoría	Causa	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa raíz	Contramedida
Mano de obra	El trabajador no activa la clave de la aplicación	El trabajador elimina el correo de activación de clave	El trabajador desconfía del correo de activación de clave	El correo de activación de clave está redactado en inglés desde un remitente desconocido	La empresa SWORD diseñó el correo de activación de clave con su idioma y remitente propio	La empresa SWORD diseñó el correo de activación de clave con su idioma y remitente propio	Traducir a español el correo de activación de clave, y cambiar el remitente de este
	El trabajador rechaza el uso de la aplicación	El trabajador rechaza el uso de tecnología	El trabajador tiene baja alfabetización digital			El trabajador tiene baja alfabetización digital	Realizar capacitaciones personalizadas
Maquinaria	El trabajador no tiene acceso a la aplicación	El <i>smartphone</i> es incompatible con la aplicación				El <i>smartphone</i> es incompatible con la aplicación	Instalar <i>tablets</i> en puntos fijos para el uso de Sword Verify
		El <i>smartphone</i> Huawei no tiene acceso a la aplicación	El <i>smartphone</i> Huawei no tiene tienda de Google	Hay restricciones comerciales que limitan las aplicaciones del <i>smartphone</i> Huawei		Hay restricciones comerciales que limitan las aplicaciones del <i>smartphone</i> Huawei	Instalar <i>tablets</i> en puntos fijos para el uso de Sword Verify
		El <i>smartphone</i> del trabajador no cuenta con almacenamiento suficiente				El <i>smartphone</i> del trabajador no cuenta con almacenamiento suficiente	Instalar <i>tablets</i> en puntos fijos para el uso de Sword Verify
Método	Capacitaciones ineficientes	Hay falta de comunicación con las empresas que utilizan Sword Verify	La implementación de la aplicación no se planifica en las actividades de las empresas	La implementación de la aplicación no se aborda formalmente		La implementación de la aplicación no se aborda formalmente	Añadir la implementación de Sword Verify a las inducciones y actividades programadas en terreno
		El trabajador no tiene usuario creado	No hay solicitud de creación de usuarios nuevos	No hay un protocolo para la creación de nuevos usuarios		No hay un protocolo para la creación de nuevos usuarios	Crear el usuario del trabajador inmediatamente cuando este entre a la empresa

Fuente: Elaboración propia

5.3 Análisis de las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify

La aplicación móvil cuenta con distintas imperfecciones en su funcionalidad, lo que provoca que los usuarios no siempre puedan utilizarla como deberían. Para determinar el origen de estos problemas, en la Tabla 16 y en la Tabla 17 se presenta el análisis respectivo de los 5 Por qué.

Tabla 16: Análisis 5 Por qué de las imperfecciones en la funcionalidad de Sword Verify (parte uno)

Categoría	Causa	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa raíz	Contramedida
Sistema	El texto de la aplicación no es apto para todos los usuarios	El tamaño de la letra no es modificable				El tamaño de la letra no es modificable	Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda ajustar el tamaño de la letra
		Algunas ventanas de la aplicación contienen texto en inglés	La empresa SWORD diseñó el texto de algunas ventanas en su idioma de trabajo			La empresa SWORD diseñó el texto de algunas ventanas en su idioma de trabajo	Traducir el texto de las ventanas de Sword Verify al idioma español
	La aplicación no siempre puede ser utilizada en terreno	El funcionamiento <i>offline</i> de la aplicación es limitado	La aplicación solicita verificar en el sistema los datos del usuario cada 21 horas			La aplicación solicita verificar en el sistema los datos del usuario cada 21 horas	Rediseñar Sword Verify para que solo verifique los datos cuando el usuario tenga conexión a internet
	El primer ingreso a la aplicación es confuso	La aplicación solicita un <i>link</i> o código QR específico luego de instalarse	La aplicación se conecta a los datos específicos de Antofagasta Minerals en ARM	La empresa SWORD planea ofrecer el servicio de Sword Verify a otras empresas		La empresa SWORD planea ofrecer el servicio de Sword Verify a otras empresas	Rediseñar Sword Verify para que reconozca directamente la empresa del usuario al ingresar sus credenciales
	El manejo de las estrategias de control dentro de la aplicación es incómodo	El buscador de estrategias de control de la aplicación es extremadamente básico				El buscador de estrategias de control de la aplicación es extremadamente básico	Rediseñar el buscador de estrategias de control de Sword Verify para que también considere similitudes
		La aplicación no permite que el usuario segmente las estrategias de control				La aplicación no permite que el usuario segmente las estrategias de control	Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda aislar las estrategias de control según su criterio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Análisis 5 Por qué de las imperfecciones en la funcionalidad de Sword Verify (parte dos)

Categoría	Causa	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	¿Por qué?	Causa raíz	Contramedida
Sistema	La aplicación no permite el envío de un "YO DIGO NO"	Ante una respuesta "No", el usuario no puede continuar con la verificación	El diseño de la aplicación no contempló el envío de una verificación rechazada			El diseño de la aplicación no contempló el envío de una verificación rechazada	Rediseñar Sword Verify para que permita enviar verificaciones aprobadas y rechazadas
	La aplicación posee un historial limitado de verificaciones	La aplicación solo almacena las verificaciones durante 24 horas	La aplicación se ralentiza al almacenar más información			La aplicación se ralentiza al almacenar más información	Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda exportar en PDF las verificaciones realizadas
	El correo de respaldo de la verificación de seguridad no otorga información certera	El horario del correo de respaldo marca cuatro horas más que la hora real	El horario de referencia del correo de respaldo es el UTC			El horario de referencia del correo de respaldo es el UTC	Cambiar el horario de referencia del correo de respaldo de la verificación a CLT
		El correo de respaldo no evidencia el rol con el que el usuario realizó la verificación de seguridad				El correo de respaldo no evidencia el rol con el que el usuario realizó la verificación de seguridad	Añadir al correo de respaldo el rol con el que el usuario realizó la verificación

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6: PROPUESTAS DE MEJORA

En el presente capítulo, se desarrolla la cuarta etapa de la metodología DMAIC, con el fin de realizar la definición y priorización de las propuestas de mejora ante las dificultades asociadas a Sword Verify en Los Pelambres.

6.1 Propuestas de mejora para los problemas identificados

Una vez planteadas las contramedidas para solventar las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify y la ineficiente implementación de esta, se realiza un análisis ECRS para ambos casos, con el fin de definir y simplificar las propuestas de mejora. Posteriormente, estas son evaluadas mediante una matriz de impacto-esfuerzo, para priorizarlas en función de la relevancia de cada una.

6.2 Propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify

Con el fin de concretar las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify, se realiza la definición y priorización de estas, las cuales se presentan en los siguientes apartados.

6.2.1 Definición de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify

A continuación, se presenta la definición de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify. Primeramente, se realiza una lista con las contramedidas generadas al respecto.

1. Rediseñar el sistema de ARM para que permita activar múltiples estrategias de control en paralelo.
2. Rediseñar el buscador de ARM para que considere similitudes y más campos de información.
3. Añadir los filtros faltantes de los distintos campos de los usuarios de ARM.
4. Rediseñar el sistema de ARM para que permita ingresar los datos de los usuarios de forma masiva.
5. Rediseñar el proceso de exportación de datos de ARM.
6. Visibilizar el nombre y logo de la aplicación mediante carteles en terreno.
7. Traducir a español el correo de activación de clave, y cambiar el remitente de este.

8. Realizar capacitaciones personalizadas.
9. Instalar *tablets* en puntos fijos para el uso de Sword Verify.
10. Instalar *tablets* en puntos fijos para el uso de Sword Verify.
11. Instalar *tablets* en puntos fijos para el uso de Sword Verify.
12. Añadir la implementación de Sword Verify a las inducciones y actividades programadas en terreno.
13. Crear el usuario del trabajador inmediatamente cuando este entre a la empresa.

Posteriormente, se realiza la consolidación de las propuestas de mejora a través de un análisis ECRS, con el fin de simplificarlas dentro de lo posible. A pesar de que las alternativas 1, 2, 3, 4 y 5 están dirigidas al rediseño de partes de ARM, todas implican un desarrollo individual y satisfacen una necesidad distinta, por lo que en realidad son diferentes. Por otro lado, las opciones 9, 10 y 11 si son exactamente iguales, por lo que son unificadas.

A continuación, se presenta la lista definida con las propuestas de mejora.

1. Rediseñar el sistema de ARM para que permita activar múltiples estrategias de control en paralelo.
2. Rediseñar el buscador de ARM para que considere similitudes y más campos de información.
3. Añadir los filtros faltantes de los distintos campos de los usuarios de ARM.
4. Rediseñar el sistema de ARM para que permita ingresar los datos de los usuarios de forma masiva.
5. Rediseñar el proceso de exportación de datos de ARM.
6. Visibilizar el nombre y logo de la aplicación mediante carteles en terreno.
7. Traducir a español el correo de activación de clave, y cambiar el remitente de este.
8. Realizar capacitaciones personalizadas.
9. Instalar *tablets* en puntos fijos para el uso de Sword Verify.
10. Añadir la implementación de Sword Verify a las inducciones y actividades programadas en terreno.
11. Crear el usuario del trabajador inmediatamente cuando este entre a la empresa.

6.2.2 Priorización de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify

Posterior a la definición de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify, se realiza la priorización de estas mediante una matriz de impacto-esfuerzo.

A continuación, se presentan y describen las preguntas utilizadas para evaluar el impacto de cada alternativa.

- **¿Aporta a los trabajadores administrativos?:** hace alusión a la cantidad de tiempo y carga laboral que ahorraría la propuesta de mejora para los trabajadores administrativos.
- **¿Aporta a los trabajadores de terreno?:** se refiere a la cantidad de tiempo y carga laboral que ahorraría la propuesta de mejora para los trabajadores de terreno.

Por otra parte, se presentan las preguntas utilizadas para evaluar el esfuerzo de cada alternativa.

- **¿Requiere tiempo?:** se refiere a la cantidad de tiempo que implicaría llevar a cabo la propuesta de mejora.
- **¿Es difícil de implementar?:** alude a la dificultad que implicaría llevar a cabo la propuesta de mejora.

En la Tabla 18 se presenta la evaluación del impacto y esfuerzo de cada propuesta de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify, con una evaluación numérica entre 0 y 3.

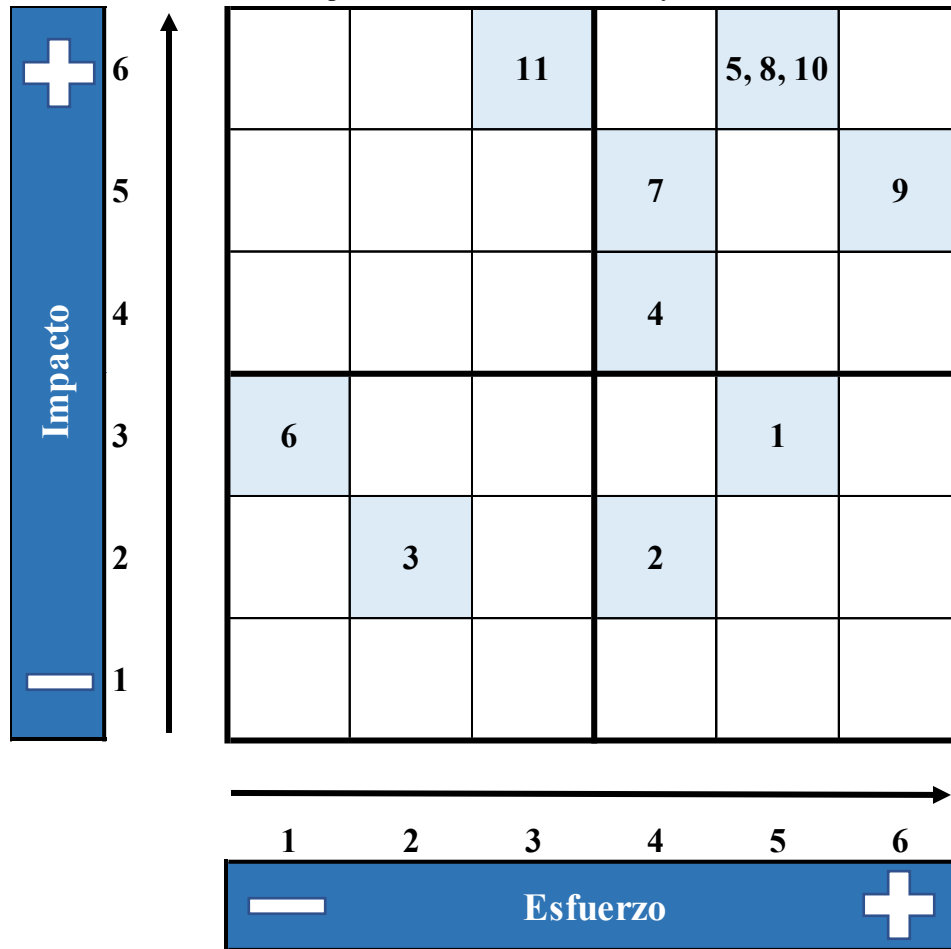
Tabla 18: Evaluación de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify

Id	Propuesta de mejora	Impacto (0 = nulo, 1 = bajo, 2 = medio, 3 = alto)		Impacto total	Esfuerzo (0 = nulo, 1 = bajo, 2 = medio, 3 = alto)		Esfuerzo total
		¿Aporta a los trabajadores administrativos?	¿Aporta a los trabajadores de terreno?		¿Requiere tiempo?	¿Es difícil de implementar?	
1	Rediseñar el sistema de ARM para que permita activar múltiples estrategias de control en paralelo	3	0	3	3	2	5
2	Rediseñar el buscador de ARM para que considere similitudes y más campos de información	2	0	2	2	2	4
3	Añadir los filtros faltantes de los distintos campos de los usuarios de ARM	2	0	2	1	1	2
4	Rediseñar el sistema de ARM para que permita ingresar los datos de los usuarios de forma masiva	3	1	4	3	1	4
5	Rediseñar el proceso de exportación de datos de ARM	3	3	6	3	2	5
6	Visibilizar el nombre y logo de la aplicación mediante carteles en terreno	0	3	3	1	0	1
7	Traducir a español el correo de activación de clave, y cambiar el remitente de este	2	3	5	3	1	4
8	Realizar capacitaciones personalizadas	3	3	6	3	2	5
9	Instalar <i>tablets</i> en puntos fijos para el uso de Sword Verify	2	3	5	3	3	6
10	Añadir la implementación de Sword Verify a las inducciones y actividades programadas en terreno	3	3	6	3	2	5
11	Crear el usuario del trabajador inmediatamente cuando este entre a la empresa	3	3	6	1	2	3

Fuente: Elaboración propia con apoyo de la empresa

Posteriormente, en la Ilustración 8 se observa la matriz resumen con el impacto y esfuerzo de cada una de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify, con el fin de determinar la prioridad de cada una de estas.

Ilustración 8: Matriz de impacto - esfuerzo de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia con apoyo de la empresa

Mientras mayor impacto y menor esfuerzo implique la propuesta de mejora, esta será más atractiva de llevar a cabo para la empresa. Considerando esto, en la Tabla 19 se presenta la priorización de cada una, junto a su respectiva descripción e involucrados asociados.

Tabla 19: Priorización y descripción de las propuestas de mejora ante la ineficiente implementación de Sword Verify

Prioridad	Id	Propuesta de mejora	Descripción	Involucrados
1°	11	Crear el usuario del trabajador inmediatamente cuando este entre a la empresa	Solicitar a los administradores de contrato de cada empresa que envíen los datos y orden de creación de usuario de cada nuevo trabajador inmediatamente cuando este ingrese a la organización, para que siempre tenga una cuenta habilitada	Minera Los Pelambres, empresas contratistas
2°	5	Rediseñar el proceso de exportación de datos de ARM	Solicitar a la empresa diseñadora SWORD que los datos de las verificaciones de seguridad se exporten de forma masiva y solo con la información faltante desde la última exportación (no desde el comienzo), para que este proceso sea sostenible en el tiempo	Antofagasta Minerals, minera Los Pelambres, empresa SWORD
3°	8	Realizar capacitaciones personalizadas	Aplicar el modelo <i>train the trainers</i> , con el fin de capacitar a los supervisores de cada empresa, y que sean estos lo que capaciten individualmente a todos sus trabajadores a cargo en terreno	Minera Los Pelambres, empresas contratistas
4°	10	Añadir la implementación de Sword Verify a las inducciones y actividades programadas en terreno	Incluir la capacitación de Sword Verify a las inducciones realizadas a los nuevos trabajadores de las empresas, y asignarle dos horas de capacitación en terreno a cada turno de trabajo, con el fin implementar el uso de esta de manera formal	Minera Los Pelambres, empresas contratistas
5°	7	Traducir a español el correo de activación de clave, y cambiar el remitente de este	Solicitar a la empresa diseñadora SWORD que reescriba el correo de activación de clave de la aplicación móvil en español y que cambie el remitente de este a alguno que haga alusión a la empresa (como "DIGITA SSO" o "Antofagasta Minerals"), con el fin de que el trabajador lo reconozca	Antofagasta Minerals, minera Los Pelambres, empresa SWORD
6°	9	Instalar <i>tablets</i> en puntos fijos para el uso de Sword Verify	Habilitar <i>tablets</i> para el uso de Sword Verify en los distintos puntos de la empresa en terreno, en las cuales el usuario podrá ingresar sus credenciales y realizar sus verificaciones de seguridad, con el fin de que este siempre pueda utilizar la aplicación	Antofagasta Minerals, minera Los Pelambres, empresas contratistas
7°	4	Rediseñar el sistema de ARM para que permita ingresar los datos de los usuarios de forma masiva	Solicitar a la empresa SWORD que habilite la opción de ingresar múltiples datos de los trabajadores de forma paralela, con el fin de realizar ingresos masivos de nuevos usuarios	Antofagasta Minerals, minera Los Pelambres, empresa SWORD
8°	6	Visibilizar el nombre y logo de la aplicación mediante carteles en terreno	Mostrar en las distintas pantallas y carteles en terreno el nombre y logo de Sword Verify, con el fin de familiarizar al trabajador con esta	Minera Los Pelambres, empresas contratistas
9°	3	Añadir los filtros faltantes de los distintos campos de los usuarios de ARM	Solicitar a la empresa SWORD que añada a ARM los filtros por cada compañía y empresa, con el fin permitir una búsqueda de usuarios más específica y eficiente	Antofagasta Minerals, minera Los Pelambres, empresa SWORD
10°	1	Rediseñar el sistema de ARM para que permita activar múltiples estrategias de control en paralelo	Solicitar a la empresa SWORD que habilite la opción de seleccionar y editar múltiples carpetas y estrategias de control en paralelo, con el fin de agilizar el uso y la gestión del sistema	Antofagasta Minerals, minera Los Pelambres, empresa SWORD
11°	2	Rediseñar el buscador de ARM para que considere similitudes y más campos de información	Solicitar a la empresa SWORD que modifique el buscador de usuarios de ARM, para que este encuentre similitudes de nombre, RUT y empresa del trabajador, con el fin de agilizar este proceso	Antofagasta Minerals, minera Los Pelambres, empresa SWORD

Fuente: Elaboración propia con apoyo de la empresa

Como se observa en la Tabla 19, las propuestas 1 y 2 son las últimas en considerarse debido a que implican un alto esfuerzo y tienen un bajo impacto. Por lo tanto, se recomienda reevaluar en un futuro la ejecución de estas, en función de las condiciones y recursos de la empresa.

6.3 Propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify

Con el fin de concretar las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify, se realiza la definición y priorización de estas, las cuales se presentan en los siguientes apartados.

6.3.1 Definición de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify

A continuación, se presenta la definición de las posibles propuestas de mejora ante las imperfecciones de Sword Verify. Primeramente, se realiza una lista con las contramedidas generadas al respecto.

1. Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda ajustar el tamaño de la letra.
2. Traducir el texto de las ventanas de Sword Verify al idioma español.
3. Rediseñar Sword Verify para que solo verifique los datos cuando el usuario tenga conexión a internet.
4. Rediseñar Sword Verify para que reconozca directamente la empresa del usuario al ingresar sus credenciales.
5. Rediseñar el buscador de estrategias de control de Sword Verify para que también considere similitudes.
6. Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda aislar las estrategias de control según su criterio.
7. Rediseñar Sword Verify para que permita enviar verificaciones aprobadas y rechazadas.

8. Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda exportar en PDF las verificaciones realizadas.
9. Cambiar el horario de referencia del correo de respaldo de la verificación a CLT.
10. Añadir al correo de respaldo el rol con el que el usuario realizó la verificación.

Posteriormente, se realiza la consolidación de las propuestas de mejora a través de un análisis ECRS, con el fin de simplificarlas dentro de lo posible. A pesar de que las alternativas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 están dirigidas al rediseño de partes de Sword Verify, todas implican un desarrollo individual y satisfacen una necesidad distinta, por lo que en realidad son diferentes. Por lo tanto, la lista de las propuestas de mejora se mantiene sin modificaciones.

6.3.2 Priorización de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify

Posterior a la definición de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify, se realiza la priorización de estas mediante una matriz de impacto-esfuerzo.

A continuación, se presentan y describen las preguntas utilizadas para evaluar el impacto de cada alternativa.

- **¿Mejora la calidad de la información recopilada de las verificaciones?:** hace alusión a la ganancia en exactitud y cantidad de datos que se recopilarán en el sistema gracias a la propuesta de mejora.
- **¿Mejora la usabilidad de la aplicación?:** se refiere a la ganancia en la experiencia de los trabajadores al utilizar la aplicación gracias a la propuesta de mejora.

Por otra parte, se presentan las preguntas utilizadas para evaluar el esfuerzo de cada alternativa.

- **¿Requiere tiempo?:** hace alusión a la cantidad de tiempo que implicaría llevar a cabo la propuesta de mejora.
- **¿Es difícil de implementar?:** se refiere a la dificultad que implicaría llevar a cabo la propuesta de mejora.

En la Tabla 20 se presenta la evaluación del impacto y esfuerzo de cada propuesta de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify, con una evaluación numérica entre 0 y 3.

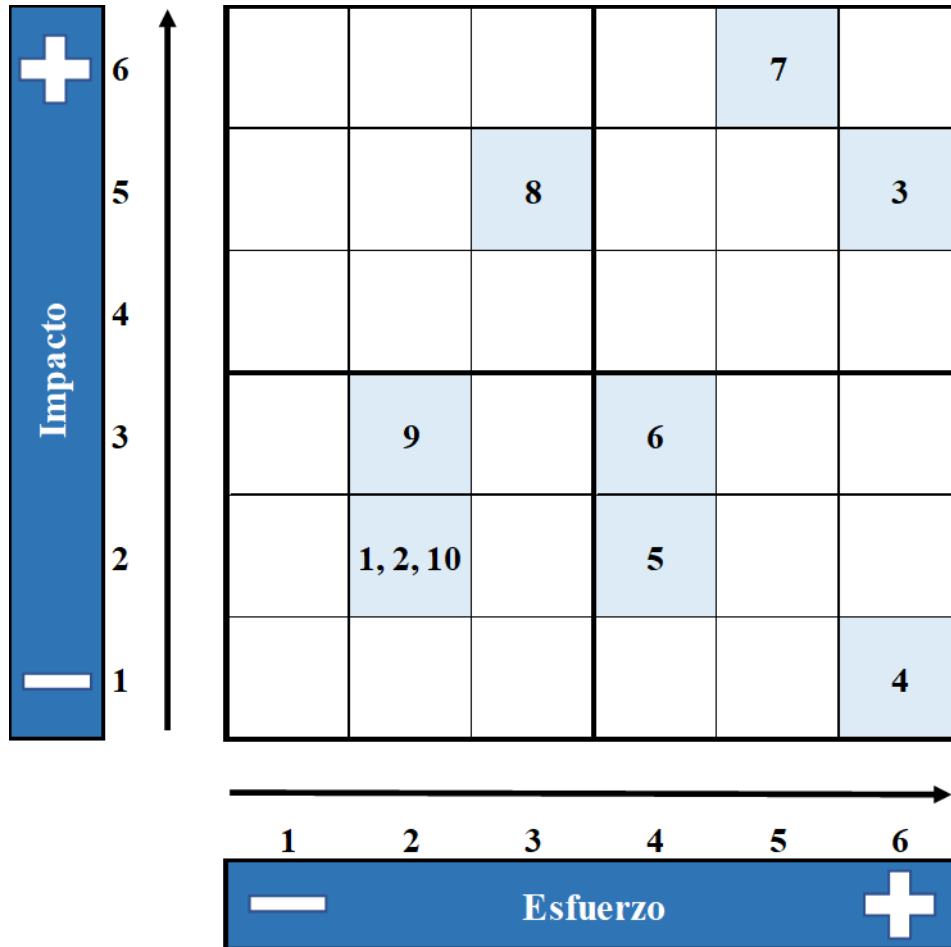
Tabla 20: Evaluación de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify

Id	Propuesta de mejora	Impacto (0 = nulo, 1 = bajo, 2 = medio, 3 = alto)		Impacto total	Esfuerzo (0 = nulo, 1 = bajo, 2 = medio, 3 = alto)		Esfuerzo total
		¿Mejora la calidad de la información recopilada de las verificaciones?	¿Mejora la usabilidad de la aplicación?		¿Requiere tiempo?	¿Es difícil de implementar?	
1	Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda ajustar el tamaño de la letra	0	2	2	1	1	2
2	Traducir el texto de las ventanas de Sword Verify al idioma español	0	2	2	1	1	2
3	Rediseñar Sword Verify para que solo verifique los datos cuando el usuario tenga conexión a internet	2	3	5	3	3	6
4	Rediseñar Sword Verify para que reconozca directamente la empresa del usuario al ingresar sus credenciales	0	1	1	3	3	6
5	Rediseñar el buscador de estrategias de control de Sword Verify para que también considere similitudes	0	2	2	3	1	4
6	Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda aislar las estrategias de control según su criterio	0	3	3	2	2	4
7	Rediseñar Sword Verify para que permita enviar verificaciones aprobadas y rechazadas	3	3	6	3	2	5
8	Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda exportar en PDF las verificaciones realizadas	2	3	5	2	1	3
9	Cambiar el horario de referencia del correo de respaldo a CLT	3	0	3	2	0	2
10	Añadir al correo de respaldo el rol con el que el usuario realizó la verificación	2	0	2	2	0	2

Fuente: Elaboración propia con apoyo de la empresa

Posteriormente, en la Ilustración 9 se observa la matriz resumen con el impacto y esfuerzo de cada una de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify, con el fin de determinar la prioridad de cada una de estas.

Ilustración 9: Matriz de impacto - esfuerzo de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia con apoyo de la empresa

Mientras mayor impacto y menor esfuerzo implique la propuesta de mejora, esta será más atractiva de llevar a cabo para la empresa. Considerando esto, en la Tabla 21 se presenta la priorización de cada una, junto a su respectiva descripción e involucrados asociados.

Tabla 21: Priorización y descripción de las propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify

Prioridad	Id	Propuesta de mejora	Descripción	Involucrados
1°	8	Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda exportar en PDF las verificaciones realizadas	Solicitar a la empresa SWORD que habilite la opción de que los usuarios puedan exportar en PDF las verificaciones de seguridad realizadas en la aplicación, con el fin de que estos puedan almacenarlas y compartirlas libremente	Antofagasta Minerals, minera Los Pelambres, empresa SWORD
2°	7	Rediseñar Sword Verify para que permita enviar verificaciones aprobadas y rechazadas	Solicitar a la empresa SWORD que ante una respuesta "No" en una verificación de seguridad, el usuario pueda determinar si es seguro continuar, y que pueda registrar si realizó la actividad	
3°	3	Rediseñar Sword Verify para que solo verifique los datos cuando el usuario tenga conexión a internet	Solicitar a la empresa SWORD que ajuste la verificación de datos del usuario, para que esto ocurra solo cuando el usuario tenga conexión a internet. De esta forma, el trabajador siempre podrá tener acceso <i>offline</i> a la aplicación	
4°	9	Cambiar el horario de referencia del correo de respaldo de la verificación a CLT	Solicitar a la empresa SWORD que el horario de referencia del correo de respaldo de la verificación sea CLT en lugar de UTC, con el fin de que el usuario tenga el registro con la hora correcta	
5°	1	Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda ajustar el tamaño de la letra	Solicitar a la empresa SWORD que añada la opción de que cada usuario pueda modificar el tamaño de la letra de la aplicación, con el fin de que cada trabajador pueda ajustarla a su comodidad	
6°	2	Traducir el texto de las ventanas de Sword Verify al idioma español	Solicitar a la empresa SWORD que traduzca a español todas las ventanas y textos de la aplicación que están en inglés, con el fin de los usuarios puedan comprender directamente el contenido de estas	
7°	10	Añadir al correo de respaldo el rol con el que el usuario realizó la verificación	Solicitar a la empresa SWORD que añada al correo de respaldo el rol con el que el usuario efectivamente realizó la verificación, con el fin de que el trabajador tenga el registro específico de cómo realizó la comprobación	
8°	6	Rediseñar Sword Verify para que el usuario pueda aislar las estrategias de control según su criterio	Solicitar a la empresa SWORD que añada la opción de que cada usuario pueda separar las estrategias de control dentro de la aplicación según considere conveniente, con el fin de agilizar el proceso de búsqueda de estas	
9°	5	Rediseñar el buscador de estrategias de control de Sword Verify para que también considere similitudes	Solicitar a la empresa SWORD que modifique el buscador de estrategias de control de la aplicación, para que este encuentre similitudes de nombre y este proceso se agilice	
10°	4	Rediseñar Sword Verify para que reconozca directamente la empresa del usuario al ingresar sus credenciales	Solicitar a la empresa SWORD que modifique la parte inicial del proceso de ingreso de un usuario a la aplicación, para que esta reconozca los datos de la empresa inmediatamente cuando el trabajador ingrese sus credenciales, y de esta forma se elimine la solicitud inicial obligatoria del <i>link/código QR</i>	

Fuente: Elaboración propia con apoyo de la empresa

Como se observa en la Tabla 21, las propuestas 6, 5 y 4 son las últimas en considerarse debido a que implican un alto esfuerzo y tienen un bajo impacto. Por lo tanto, se recomienda reevaluar en un futuro la ejecución de estas, en función de las condiciones y recursos de la empresa.

CAPÍTULO 7: CONTROL DEL PROBLEMA

En el presente capítulo, se desarrolla la quinta etapa de la metodología DMAIC, con el fin de realizar el seguimiento y control del uso de Sword Verify por parte de los trabajadores de minera Los Pelambres.

7.1 Control del uso de Sword Verify

Una vez definidas las propuestas para mejorar la implementación y funcionalidad de Sword Verify, se desarrolla un panel de control que permite realizar un seguimiento detallado sobre su utilización, con el fin de visualizar el comportamiento de los trabajadores ante los distintos cambios asociados a la aplicación móvil, y evaluar así los resultados de estos.

Inicialmente se conecta un archivo de Microsoft Excel directamente con la base de datos de ARM. De esta, se desprende la Tabla 22, la cual presenta la cantidad de verificaciones realizadas en Sword Verify en Los Pelambres por cada hora y día de la semana (entre enero y junio del 2022), con un mapa de calor que muestra los bloques menos recurrentes en azul opaco, y los más recurrentes en celeste.

Tabla 22: Verificaciones realizadas en Sword Verify en Los Pelambres por día y hora entre enero y junio del 2022

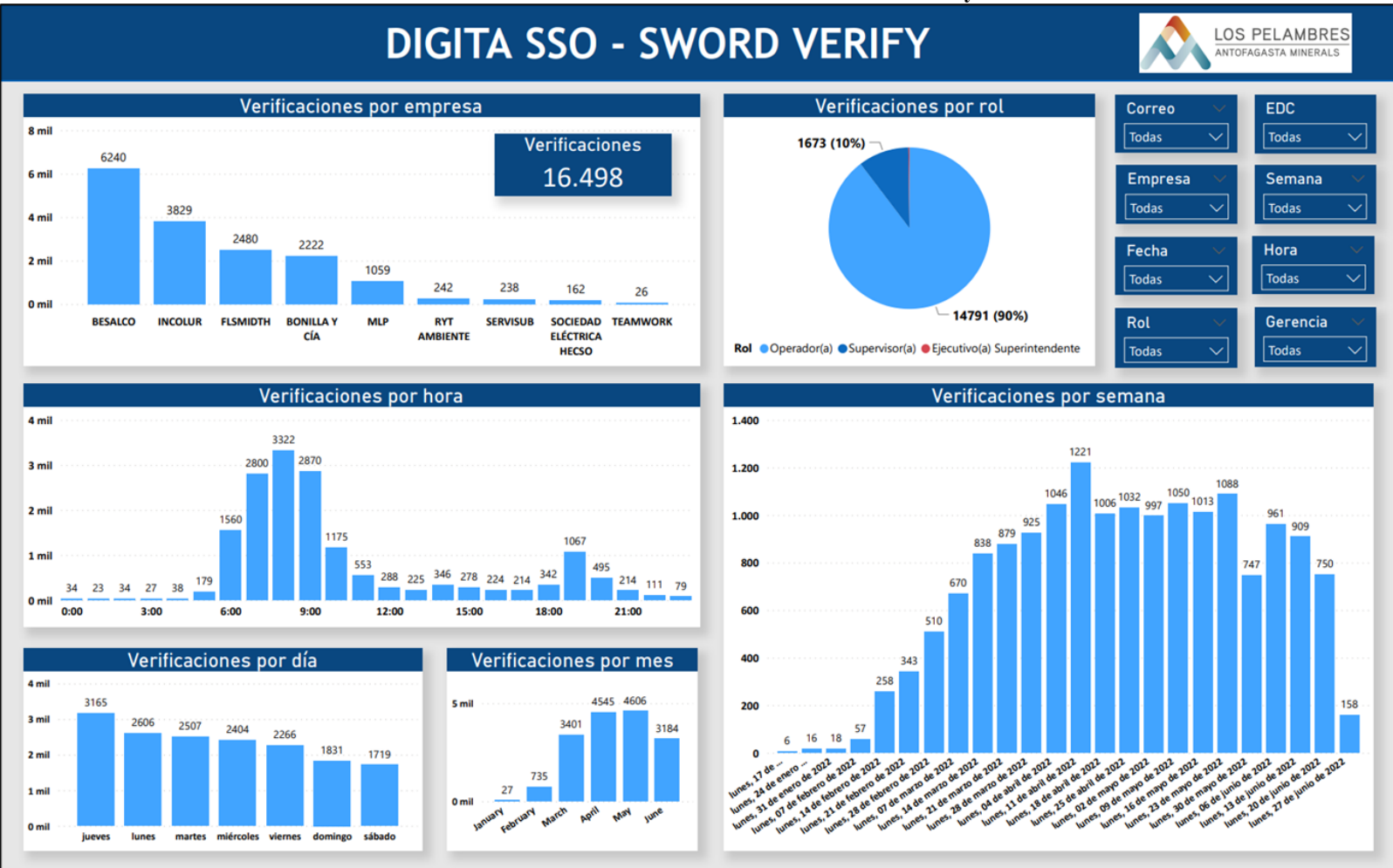
Hora/Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	TOTAL	PROPORCIÓN
0:00	6	7	5	6	5	1	4	34	0,2%
1:00	3	6	1	8	2	3		23	0,1%
2:00	8	4	6	4	1	8	3	34	0,2%
3:00	2	3	5	3	12	2		27	0,2%
4:00	2	8	10	11	1		6	38	0,2%
5:00	44	25	9	28	45	10	18	179	1,1%
6:00	202	245	243	277	216	175	202	1.560	9,5%
7:00	411	403	332	455	416	379	404	2.800	17,0%
8:00	450	608	523	650	532	263	296	3.322	20,1%
9:00	601	399	418	517	337	318	280	2.870	17,4%
10:00	212	165	172	289	126	93	118	1.175	7,1%
11:00	87	89	65	147	87	35	43	553	3,4%
12:00	45	41	69	43	34	24	32	288	1,7%
13:00	47	32	36	56	25	22	7	225	1,4%
14:00	46	84	47	51	64	32	22	346	2,1%
15:00	50	53	32	66	33	32	12	278	1,7%
16:00	47	38	37	48	16	20	18	224	1,4%
17:00	55	37	32	19	20	23	28	214	1,3%
18:00	38	45	46	66	55	49	43	342	2,1%
19:00	138	113	109	264	146	118	179	1.067	6,5%
20:00	73	58	100	76	46	68	74	495	3,0%
21:00	17	27	52	54	19	26	19	214	1,3%
22:00	8	14	25	13	20	11	20	111	0,7%
23:00	14	3	30	14	8	7	3	79	0,5%
TOTAL	2.606	2.507	2.404	3.165	2.266	1.719	1.831	16.498	
PROPORCIÓN	15,8%	15,2%	14,6%	19,2%	13,7%	10,4%	11,1%		

Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de ARM

Como se observa en la Tabla 22, entre cinco horas de la mañana (destacadas en un recuadro negro) se concentra más del 70% de las verificaciones realizadas, lo que se debe a que es en este rango en donde la mayoría de los trabajadores realiza sus actividades en terreno.

Por otra parte, este libro de Microsoft Excel se enlaza con un archivo de Microsoft Power Bi, en el cual se realiza un panel de control sobre el uso de Sword Verify. Este se presenta en la Ilustración 10.

Ilustración 10: Panel de control del uso de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia en base a información extraída de ARM

A continuación, se presentan los parámetros específicos considerados en el *dashboard* de minera Los Pelambres respecto al uso de Sword Verify.

- Verificaciones totales realizadas.
- Verificaciones realizadas por cada empresa.
- Verificaciones realizadas por cada rol del trabajador.
- Verificaciones realizadas por cada hora.
- Verificaciones realizadas por cada día de la semana.
- Verificaciones realizadas por cada mes.
- Verificaciones realizadas por cada semana.

Por otra parte, se presentan los filtros que posee el panel de control.

- Correo electrónico del trabajador que realizó la verificación.
- Estrategia de control ejecutada en la verificación.
- Empresa del trabajador que realizó la verificación.
- Semana en que se realizó la verificación.
- Fecha en que se realizó la verificación.
- Hora en que se realizó la verificación.
- Rol con el que el trabajador realizó la verificación.
- Gerencia del trabajador que realizó la verificación.

CAPÍTULO 8: EVALUACIÓN DE IMPACTOS

En el presente capítulo, se desarrolla la evaluación de impactos ambientales, sociales, de seguridad y económicos de la implementación de las propuestas de mejora, con el fin de determinar el efecto que estas generarían en minera Los Pelambres.

8.1 Impacto ambiental de las propuestas de mejora

Como se describió en el apartado 1.2 Contexto del proyecto, realizar las verificaciones de seguridad en papel implica que haya contaminación ambiental debido a la producción de este.

Si las propuestas de mejora respecto a la implementación y funcionalidad de Sword Verify se concretan, entonces efectivamente la aplicación móvil podría ser utilizada por todos los trabajadores de Los Pelambres, lo que supondría beneficios para el medioambiente respecto a la situación actual. Estos se calculan entre la Ecuación 24 y la Ecuación 26, considerando los valores obtenidos previamente entre la Ecuación 1 y Ecuación 5.

Ecuación 24: Dióxido de carbono emitido anualmente por la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres

$$108,58 \frac{\text{kg de dióxido de carbono}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 1.302,96 \frac{\text{kg de dióxido de carbono}}{\text{año}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (DocuSign, s.f.)

Ecuación 25: Litros de agua gastados anualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres

$$10.660,41 \frac{\text{litros de agua}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 127.924,92 \frac{\text{litros de agua}}{\text{año}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (La Voz, s.f.)

Ecuación 26: Árboles talados anualmente para la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres

$$0,83 \frac{\text{árboles}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 9,96 \frac{\text{árboles}}{\text{año}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (GREENPEACE MÉXICO)

En la Tabla 23 se presenta el resumen de la contaminación ambiental que se ahorraría gracias a la implementación total de Sword Verify en minera Los Pelambres.

Tabla 23: Recursos ambientales implicados anualmente en la producción del papel de las verificaciones de seguridad de Los Pelambres

1.302,96 kg de dióxido de carbono
127.924,92 litros de agua
9,96 árboles

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Tabla 23, el hecho de extender el uso de Sword Verify a todos los trabajadores de minera Los Pelambres haría que deje de utilizarse papel para las

verificaciones de seguridad, lo que anualmente evitaría la emisión de más de 1.300 kg de dióxido de carbono, el gasto de más de 125.000 litros de agua y la tala de casi 10 árboles, lo que implicaría un gran beneficio ambiental.

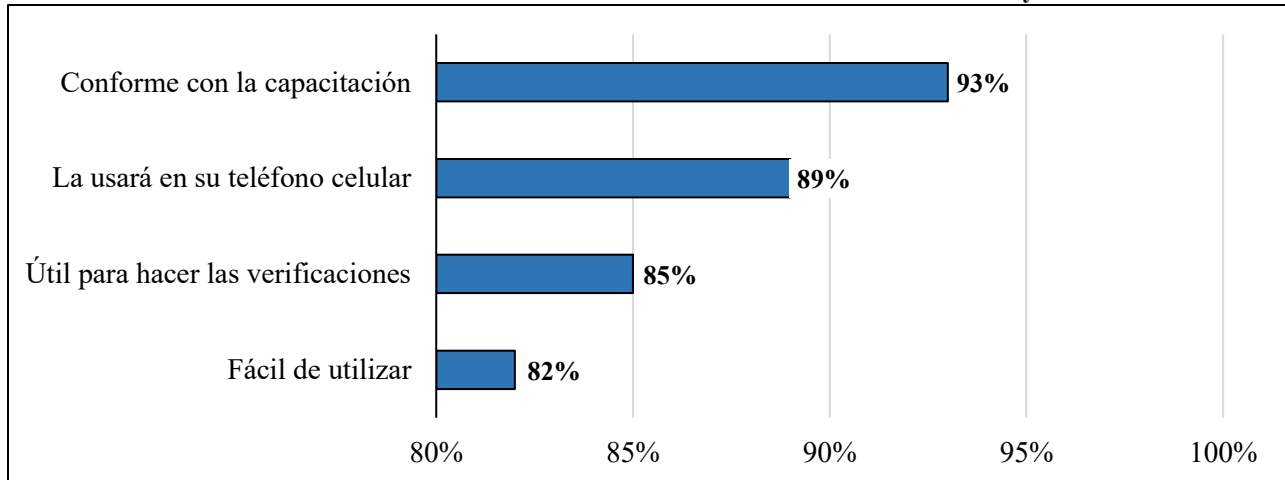
8.2 Impacto social de las propuestas de mejora

Con el fin de realizar la medición del impacto social que implicaría ejecutar las propuestas de mejora, se aplica la metodología de la EVPA (la cual fue descrita en el apartado 2.1.9 Herramientas de evaluación de impactos de implementación). A continuación, se muestra el desarrollo de los cinco pasos de esta.

- **Establecer objetivos de las propuestas:** mejorar la gestión y usabilidad de Sword Verify, con el fin de aumentar la eficiencia en las verificaciones de seguridad de los operarios de minera Los Pelambres.
- **Stakeholders de las propuestas:** usuarios del sistema de Sword Verify.
- **Medición de resultados:** con el fin de medir la satisfacción de los trabajadores respecto a Sword Verify, se realizó una encuesta mediante un formulario *online*, en la que participaron 56 usuarios de Los Pelambres. A continuación, se presenta el resumen de los resultados de esta.
 - El 82% de los trabajadores señala que Sword Verify les resulta fácil de utilizar.
 - El 85% de los usuarios asegura que la aplicación móvil es útil para realizar las verificaciones de seguridad.
 - El 89% de los trabajadores afirma que seguirá utilizando Sword Verify en su *smartphone*.
 - El 93% de los usuarios está conforme con la capacitación recibida sobre el uso de Sword Verify.

En el Gráfico 6 se muestra una representación visual de los resultados obtenidos.

Gráfico 6: Resultados de la encuesta de satisfacción de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por Antofagasta Minerals

- **Valoración del impacto de las propuestas:** como se muestra en el Gráfico 6, todos los parámetros abarcados en la encuesta de satisfacción de Sword Verify presentan resultados superiores al 80%, lo cual indica que esta fue generalmente bien acogida por los trabajadores durante su pilotaje. Sin embargo, ningún ítem supera el 95%, por lo que su recepción tampoco fue excelente.

Considerando que las propuestas de mejora presentadas abarcan tanto el proceso de implementación de la aplicación móvil como la usabilidad de esta, se estima que los parámetros considerados en la encuesta deberían aumentar de forma considerable (e idealmente superar el 95%), ya que de esta forma los trabajadores tendrían una capacitación más individualizada, y no padecerían las dificultades que hay actualmente asociadas a su utilización, lo que haría que la experiencia asociada a esta sea globalmente mejor.

- **Seguimiento del impacto de las propuestas:** finalmente, en caso de aplicar las propuestas de mejora, se recomienda a la empresa realizar encuestas de satisfacción a los usuarios del sistema de Sword Verify semestralmente, con el fin de comparar los resultados, analizar la variación de estos y determinar los efectos que provocan en los trabajadores los cambios implementados en la aplicación móvil.

Además, para validar que la cantidad de datos tomados en la encuesta es representativa, en la Ecuación 27 se presenta el cálculo para esto, en base a la fórmula mostrada en la Ecuación 7.

Ecuación 27: Cantidad de datos para que la muestra de la encuesta sea representativa

$$n = \frac{336 * 1,65^2 * 0,873 * 0,127}{(336 - 1) * 0,1^2 + 1,65^2 * 0,873 * 0,127} = 27,77$$

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presentan los distintos parámetros de la Ecuación 27.

- 336 es la cantidad de usuarios de la aplicación móvil.
- 1,65 es el valor equivalente a un intervalo de confianza del 90%.
- 0,873 es la proporción promedio de satisfacción de los usuarios.
- 0,127 es la proporción promedio de la no satisfacción de los usuarios.
- 0,1 es el error máximo permitido (10%).

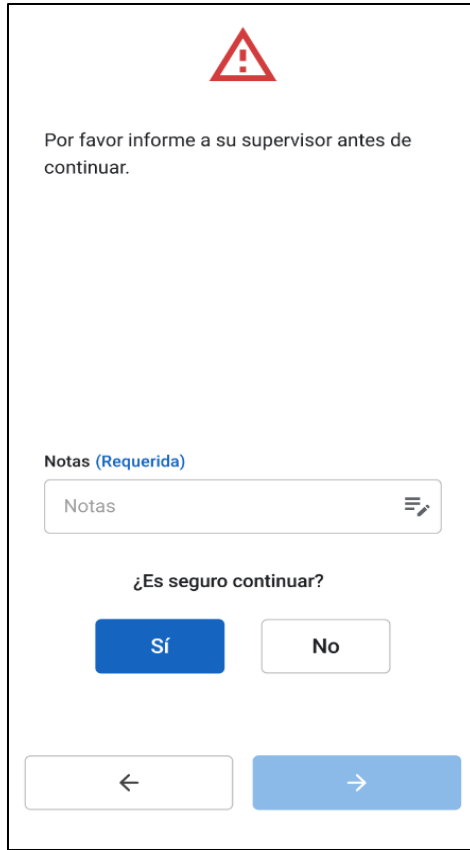
Como se muestra en la Ecuación 27, la muestra debe ser de al menos 28 encuestados para que sea representativa. Por lo tanto, los 56 datos obtenidos satisfacen este requerimiento.

8.3 Impacto en la Seguridad y Salud Ocupacional de las propuestas de mejora

Como se detalló en la sección 3.1.2 Sword Verify, las verificaciones realizadas en la aplicación móvil solo pueden ser enviadas si el usuario señala que “Es seguro continuar” luego de seleccionar una respuesta “No” en alguna de las preguntas. Esto implica que actualmente en el sistema no es posible indicar cuando el trabajador se niega a llevar a cabo la respectiva actividad, lo que imposibilita que la empresa pueda realizar un seguimiento detallado de las falencias en la seguridad de las tareas a ejecutar en terreno, y evaluar el impacto de estas. Esta dificultad se solventaría ejecutando la propuesta número 7 del apartado 6.3 Propuestas de mejora ante las imperfecciones de funcionalidad de Sword Verify, la cual permitiría que el usuario registre cada vez que no realizará una actividad.

Esta iniciativa ya fue recibida y diseñada por la empresa SWORD, y se planea que sea implementada en la aplicación móvil en el *service pack* de julio del 2022. En la Ilustración 11 se presenta la versión preliminar de este nuevo formato de respuestas en Sword Verify.

Ilustración 11: Versión preliminar de la nueva modalidad de respuestas “No” en Sword Verify



Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Según información entregada por la empresa, en promedio en el 70% de las verificaciones en que el trabajador contestó alguna respuesta “No”, este no ejecutó la actividad. Considerando este dato, en la Ecuación 28 y en la Ecuación 29 se presenta la estimación mensual y anual de las tareas rechazadas de llevar a cabo solo por los usuarios de las empresas participantes del pilotaje de Sword Verify, asumiendo que se mantienen las condiciones actuales y considerando la información presentada en el Anexo 52.

Ecuación 28: Estimación de la cantidad mensual de actividades rechazadas por las empresas participantes del piloto de Sword Verify en minera Los Pelambres

$$134 \frac{\text{verificaciones con "No"}}{\text{mes}} * \frac{70 \text{ actividades rechazadas}}{100 \text{ verificaciones con "No"}} = 93,8 \frac{\text{actividades rechazadas}}{\text{mes}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

Ecuación 29: Estimación de la cantidad anual de actividades rechazadas por las empresas participantes del piloto de Sword Verify en minera Los Pelambres

$$94 \frac{\text{actividades rechazadas}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 1.128 \frac{\text{actividades rechazadas}}{\text{año}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

Por otra parte, considerando la información presentada en el apartado 1.2.1 Verificaciones de seguridad en papel, por cada 20 comprobaciones realizadas de forma virtual, se realiza una en papel (lo que representa un 5% extra). Por lo tanto, suponiendo que Sword Verify se implementa a todos los trabajadores de Los Pelambres gracias a las propuestas de mejora presentadas, en la Ecuación 30 se presenta la cantidad de respuestas “No” que se registrarían mensualmente en la aplicación móvil, tomando en cuenta la información presentada en el Anexo 53.

Ecuación 30: Estimación de la cantidad total de respuestas "No" obtenidas mensualmente en las verificaciones realizadas en minera Los Pelambres

$$5.361 \frac{\text{verificaciones virtuales con algún "No"}}{\text{mes}} * 1,05$$

$$= 5.629,05 \frac{\text{verificaciones totales con algún "No"}}{\text{mes}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

En la Ecuación 31 y en la Ecuación 32 se muestra la estimación mensual y anual de las tareas que rechazarían realizar los trabajadores de Los Pelambres mediante la aplicación móvil, en caso de que todos la utilizaran.

Ecuación 31: Estimación de las actividades rechazadas de realizar mensualmente en Los Pelambres

$$5.630 \frac{\text{verificaciones totales con algún "No"}}{\text{mes}} * \frac{70 \text{ actividades rechazadas}}{100 \text{ verificaciones con "No"}}$$

$$= 3.941 \frac{\text{actividades totales rechazadas}}{\text{mes}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

Ecuación 32: Estimación de las actividades rechazadas de realizar anualmente en Los Pelambres

$$3.941 \frac{\text{actividades totales rechazadas}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 47.292 \frac{\text{actividades totales rechazadas}}{\text{año}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

En la Tabla 24 se presenta el resumen de la estimación de las actividades rechazadas de realizar mensual y anualmente en minera Los Pelambres.

Tabla 24: Estimación de actividades rechazadas de realizar mensual y anualmente en Los Pelambres

	Empresas del piloto		Todas las empresas	
	Verificaciones realizadas	Actividades rechazadas	Verificaciones realizadas	Actividades rechazadas
Mes	4.576	94	92.121	3.941
Año	54.912	1.128	1.105.452	47.292 (4,28%)

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

Como se presenta en la Tabla 24, en caso de implementar Sword Verify a todas las empresas de Los Pelambres y permitir que el usuario registre en esta cuando no realizará una actividad debido a una falta en las condiciones de seguridad, se estima que a través de la aplicación móvil se obtendrían más de 47.000 tareas rechazadas anualmente, lo que representa cerca del 4,3% de las actividades realizadas en ese periodo de tiempo, como se calcula en la Ecuación 33.

Ecuación 33: Porcentaje de las verificaciones anuales que finalmente no son actividades realizadas

$$\frac{47.292 \text{ actividades anuales rechazadas}}{1.105.452 \text{ verificaciones anuales realizadas}} * 100\% = 4,28\%$$

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

Esta mejora generaría que minera Los Pelambres pueda acceder a los datos específicos de todas las actividades que no se llevaron a cabo (con la información respectiva del trabajador involucrado), lo que ayudaría a tomar acciones correctivas y/o mitigadoras para evitar que estas situaciones se repitan, logrando así que este valor porcentual disminuya constantemente, lo que aumentaría la eficiencia operacional de la empresa a lo largo del tiempo.

8.4 Impacto económico de las propuestas de mejora

Con el fin de cuantificar el impacto económico de llevar a cabo el presente proyecto para determinar las propuestas de mejora del sistema de Sword Verify, se consideró el pago del memorista y el costo equivalente al tiempo invertido con distintos trabajadores de la empresa. Además, se realizó el cálculo del caso hipotético de que este proyecto hubiese sido realizado por un ingeniero de la organización y por una asesora externa.

Por una parte, entre la Ecuación 34 y la Ecuación 36 se presenta el beneficio económico derivado de la implementación de las propuestas de mejora, debido al ahorro en la producción de papel.

Ecuación 34: Hojas invertidas anualmente en las verificaciones de seguridad

$$13.161 \frac{\text{hojas}}{\text{mes}} * 12 \frac{\text{meses}}{\text{año}} = 157.932 \frac{\text{hojas}}{\text{año}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por la empresa

Ecuación 35: Resmas de hojas invertidas anualmente en las verificaciones de seguridad

$$\frac{157.932 \frac{\text{hojas}}{\text{año}}}{500 \frac{\text{hojas}}{\text{resma}}} = 315,86 \frac{\text{resmas}}{\text{año}}$$

Fuente: Elaboración propia

Ecuación 36: Ahorro económico anual en la producción de papel

$$316 \frac{\text{resmas}}{\text{año}} * \frac{\$3.499}{\text{resma}} = \frac{\$1.105.684}{\text{año}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a (Preunic, 2022)

Por otra parte, en la Ilustración 12 se muestra el resumen del costo y periodo de recuperación del presente proyecto bajo los tres escenarios hipotéticos planteados previamente. Estos fueron calculados con la información presentada entre el Anexo 54 y el Anexo 56. Cabe destacar que en este apartado no está considerado el costo de implementar las propuestas de mejora por parte de la empresa diseñadora de la aplicación móvil, debido a la imposibilidad de contar con esa información.

Ilustración 12: Resumen económico de llevar a cabo el proyecto mediante tres alternativas

Alternativa 1: Memorista	Costo del proyecto	→	\$5.288.889
	Beneficio anual de la implementación de las propuestas de mejora	→	\$1.105.684
	Periodo de recuperación	→	4,78 años
Alternativa 2: Ingeniero de la empresa	Costo del proyecto	→	\$11.122.222
	Periodo de recuperación	→	10,06 años
Alternativa 3: Asesora externa	Costo del proyecto	→	\$8.286.057
	Periodo de recuperación	→	7,49 años

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por la empresa

Como se presenta en la Ilustración 12, la alternativa de llevar a cabo el presente proyecto mediante la contratación de un alumno memorista es la económicamente más conveniente de las tres planteadas.

CONCLUSIONES

El primer paso para llevar a cabo el presente trabajo fue comprender globalmente la situación de la empresa y plantear los respectivos objetivos asociados, con el fin de realizar una investigación sobre el marco teórico atinente al proyecto, y escoger la metodología de mejoramiento continuo que mejor se adecuara a este. La seleccionada para esto fue DMAIC, bajo la cual se desarrolló el cronograma y contenido del informe, y permitió estructurarlo de forma ordenada, lógica y eficiente.

Luego, se realizó el diagnóstico del nuevo sistema de reportabilidad digital Sword Verify, a través de su piloto en minera Los Pelambres. Mediante este se determinó que la empresa presenta dificultades al respecto, tanto por el ineficiente proceso que hay en su implementación como por las imperfecciones de su funcionalidad, lo que provoca retrasos en el comienzo del uso de la aplicación móvil, y que las verificaciones realizadas no siempre contengan información totalmente verídica. Por lo tanto, esta fase de reconocimiento inicial fue fundamental para plantear las bases respecto a las cuales se desarrolla el resto del trabajo.

Posteriormente, se llevaron a cabo las etapas de medición y análisis, las cuales permitieron obtener datos concretos sobre la utilización de la aplicación móvil y las dificultades asociadas, para determinar las causas raíz de cada una de estas, y plantear así las respectivas propuestas de mejora. Estas fueron priorizadas en función del impacto y esfuerzo que implica ejecutarlas, con el fin de guiar a la empresa al momento de decidir cuál(es) llevar a cabo. Después, se realizó un *dashboard* del uso de la aplicación en minera Los Pelambres, el cual es extremadamente útil para visualizar gráficamente el comportamiento de los trabajadores respecto a esta, y determinar así el efecto de los posibles cambios en Sword Verify.

Luego, se realizó la evaluación de impactos de las propuestas de mejora; proceso mediante el cual se identificó que la implementación de estas se traducirían en beneficios ambientales, sociales y de seguridad para la empresa. Por lo tanto, se determina que para minera Los Pelambres es altamente conveniente llevar a cabo las recomendaciones presentadas. Además, estos aportes afectarían a todas las compañías de Antofagasta Minerals

(debido a que esta aplicación móvil se está implementando en todas ellas), lo que eleva el impacto global del presente proyecto. Además, se realizó el análisis del costo económico de este bajo tres alternativas, de las cuales se determinó que la contratación del memorista resultó ser la opción más rentable para la organización.

Por otra parte, se concluye que mediante la ejecución de los objetivos específicos planteados se logró el objetivo general de este proyecto, debido a que se realizaron propuestas que permitirían mejorar la usabilidad y gestión del nuevo sistema de reportabilidad a utilizar en la empresa, lo que aumentaría la eficiencia de las verificaciones de seguridad de los operarios.

Finalmente, se recomienda a minera Los Pelambres a continuar con la masificación, implementación y constante análisis de Sword Verify, debido a que se determina que efectivamente el nuevo sistema satisface las problemáticas planteadas inicialmente por la empresa, pero este debe continuar con su proceso de mejora para que sea totalmente eficiente y eficaz al ser utilizado diariamente por los trabajadores, y alcanzar así su máximo potencial con el fin de mejorar la seguridad de los operadores en las actividades que realizan en terreno.

BIBLIOGRAFÍA

- Adib, R. (02 de 07 de 2021). *shine coaching*. Obtenido de <https://www.shinecoachingbarcelona.com/es/que-es-el-coaching/>
- Albornoz, A. (27 de 11 de 2020). *appvizer*. Obtenido de <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-proyectos/5w-definicion-ejemplos-concretos-y-ventajas-metodo-5-w>
- Antofagasta Minerals. (s.f.). *Antofagasta Minerals*. Obtenido de <https://www.aminerals.cl/quienes-somos/nuestra-estrategia/#:~:text=Ser%20una%20compa%C3%B1a%20minera%20internacional,en%20la%20industria%20minera%20global.>
- Antofagasta PLC. (2022). *Antofagasta PLC*. Recuperado el 03 de 04 de 2022, de <https://www.antofagasta.co.uk/our-business/mining-division/los-pelambres/>
- apd. (31 de 08 de 2021). *apd*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.apd.es/metodologia-lean-que-es/#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20Lean%20tiene%20como,traducci%C3%B3n%20de%20desperdicio%20en%20jap%C3%B3n.>
- AppAdvice. (s.f.). *AppAdvice*. Recuperado el 22 de 04 de 2022, de <https://appadvice.com/app/sword-verify/1582990906>
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE FUNDACIONES. (2015). *GUÍA PRÁCTICA PARA LA MEDICIÓN Y LA GESTIÓN DEL IMPACTO*. Obtenido de https://www.fundaciones.org/EPORTAL_DOCS/GENERAL/AEF/DOC-cw5537916e2a002/Guía_impacto-EVPA-AEF-2015.pdf
- Atlas Consultora. (10 de 03 de 2021). *Atlas Consultora*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.atlasconsultora.com/mejora-continua/#:~:text=El%20ciclo%20de%20mejora%20continua,la%20productividad%20de%20las%20empresas>

- Banco Central de Chile. (s.f.). *Banco Central de Chile*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.bcentral.cl/web/banco-central/areas/estadisticas/pib-regional>
- Barros, O. (2015). *Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI*. Obtenido de https://blog.obarros.cl/wp-content/uploads/2015/09/Ingenieriade-Negocios_OscarBarros2015MBE.pdf
- Becher, M. (30 de 11 de 2020). *Excellence Blog*. Recuperado el 19 de 04 de 2022, de <https://blog.softexpert.com/es/5-porques/>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s.f.). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1041130>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s.f.). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=8336>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s.f.). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=221064>
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (s.f.). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=167766>
- Cervantes, Z. Y. (17 de 11 de 2020). *seguridad laboral latam*. Obtenido de https://www.seguridad-laboral.es/sl-latam/mexico/analisis-seguro-de-trabajo-ast_20201117.html
- Concepto. (s.f.). *Concepto*. Obtenido de <https://concepto.de/diagrama-de-flujo/>
- Conexión ESAN. (23 de 09 de 2019). *esan BUSINESS*. Recuperado el 22 de 04 de 2022, de <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/train-the-trainers-el-modelo-para-capacitar-a-los-capacitadores-de-las-empresas>

- Conexionesan. (24 de 01 de 2017). *Conexionesan*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de [https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-indice-beneficiocosto-en-las-finanzas-corporativas#:~:text=El%20%C3%ADndice%20beneficio%2Fcosto%20\(I%20B,proyecto%20para%20definir%20su%20viabilidad.](https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-indice-beneficiocosto-en-las-finanzas-corporativas#:~:text=El%20%C3%ADndice%20beneficio%2Fcosto%20(I%20B,proyecto%20para%20definir%20su%20viabilidad.)
- Cortés, J. (01 de 2014). *Universitat Politecnica de Catalunya*. Obtenido de http://www.ub.edu/ceea/sites/all/themes/ub/documents/Tamano_muestral.pdf
- datosmacro.com. (s.f.). *datosmacro.com*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://datosmacro.expansion.com/pib/chile?anio=2020>
- Departamento de investigación de Accidentes y Sanciones. (31 de 12 de 2021). *SERNAGEOMIN*. Obtenido de <https://www.sernageomin.cl/pdf/Accidentabilidad-Minera-Nacional-2021.pdf>
- DocuSign. (s.f.). *DocuSign*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.docusign.mx/blog/medio-ambiente#:~:text=Su%20proceso%20de%20fabricaci%C3%B3n%2C%20distribuci%C3%B3n,%E2%80%94%20di%C3%B3xido%20de%20carbono%E2%80%94>
- EDUARDOREMOLINS. (s.f.). Obtenido de <https://eduardoremolins.com/como-usar-mejor-tiempo/>
- Escuela Europea de Excelencia. (28 de 07 de 2020). *Escuela Europea de Excelencia*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.escuelaeuropeaexcelencia.com/2020/07/en-que-consiste-el-ciclo-pdca-para-la-mejora-continua/>
- Escuela Tecnológica Instituto Técnico Central. (09 de 2015). *GUÍA METODOLÓGICA DESARROLLO DE SISTEMA DE INFORMACIÓN*. Recuperado el 16 de 04 de 2022, de <https://etitic.edu.co/archives/calidad/GIC-GU-01.pdf>
- Gámez, J. (s.f.). *Vive a gran escala*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://viveagranescala.com/como-elegir-entre-varias-opciones/>

- GESTIÓN DE OPERACIONES. (s.f.). *GESTIÓN DE OPERACIONES*. Recuperado el 19 de 04 de 2022, de <https://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-calidad/que-es-el-diagrama-de-ishikawa-o-diagrama-de-causa-efecto/>
- González, R. G. (2012). *APDC*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.pdcahome.com/las-8d/>
- GREENPEACE MÉXICO. (s.f.). *El papel y su impacto*. Recuperado el 17 de 04 de 2022, de https://archivo.estepais.com/inicio/historicos/94/14_Medio%20ambiente_El%20papel_greenpeace.pdf
- IngenioEmpresa. (s.f.). *Ingenio Empresa*. Obtenido de <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-sipoc/>
- Jimenez, D. (14 de 04 de 2018). *Pymes y Calidad 2.0*. Obtenido de <https://www.pymesycalidad20.com/como-eliminar-combinar-reorganizar-y-simplificar-actividades-en-los-procesos.html>
- KIO Networks. (s.f.). *KIO Networks*. Recuperado el 16 de 04 de 2022, de <https://www.kionetworks.com/blog/data-center/los-sistemas-de-informacion-de-una-empresa>
- La Bolsa Social. (24 de 07 de 2019). *La Bolsa Social*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.bolsasocial.com/blog/como-se-mide-el-impacto-social-de-una-empresa-estas-son-las-metodologias-mas-utilizadas/>
- La Voz. (s.f.). *La Voz*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.lavoz.com.ar/espacio-de-marca/cuanto-papel-usas/>
- Laboriatoriti. (27 de 09 de 2021). *Laboriatoriti*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.laboriatoriti.com/2021/09/27/matriz-de-pugh-como-tomar-una-decision-de-forma-objetiva/>

- Los Pelambres. (s.f.). *Los Pelambres*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://web.pelambres.cl/pelambres-futuro/>
- Los Pelambres. (s.f.). *Los Pelambres*. Obtenido de <https://web.pelambres.cl/quienes-somos/valores-y-principios/>
- Maza, C. L. (2007). *Evaluación de Impactos Ambientales*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/120397/Evaluacion_de_Impactos_Ambientales.pdf
- Mendoza, S. P. (17 de 09 de 2017). *Aplicación del proceso de jerarquía analítica (AHP)*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v27n3/0718-3305-ingeniare-27-03-00348.pdf>
- Minetto, B. (12 de 02 de 2019). *Blog de la Calidad*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/>
- Morales, V. V. (s.f.). *Economipedia*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Nueva ISO 9001:2015. (30 de 06 de 2020). *Nueva ISO 9001:2015*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2020/06/metodologia-de-las-8d-para-la-resolucion-de-problemas-la-conoces/>
- Plata, F. (05 de 04 de 2021). *UNTREF*. Obtenido de <https://proyectosuntref.wixsite.com/proyectos/post/%C3%A1rbol-de-problemas-pasos-y-recomendaciones>
- Preunic. (2022). *Preunic*. Obtenido de https://preunic.cl/products/resma-papel-fotocarta-prisa-500hj?default_sku=5741111&gclid=Cj0KCQjw5ZSWBhCVARIsALERCvy2G786ap0eZecSTzAMYMPerhKxD7iQ1lu664hpwVp5lLunjxwL_lwaAoruEALw_wcB

- QuestionPro. (s.f.). *QuestionPro*. Recuperado el 19 de 04 de 2022, de <https://www.questionpro.com/blog/es/diagrama-de-pareto/>
- QuestionPro. (s.f.). *QuestionPro*. Obtenido de <https://www.questionpro.com/blog/es/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra/>
- Repository. (s.f.). *Repository*. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/1825/1/C%C3%A1culo%20del%20tama%C3%B1o%20%C3%B3ptimo%20de%20una%20muestra.pdf>
- Rivero, M. (s.f.). *BusinessADN*. Recuperado el 19 de 04 de 2022, de <https://www.businessadn.com/blog/brainstorming/>
- Servicio Nacional de Geología y Minería. (15 de 02 de 2021). *SERNAGEOMIN*. Obtenido de https://www.sernageomin.cl/pdf/anuario_de_%20la%20Mineria_de_Chile_2020_290621.pdf
- Softgrade. (s.f.). *Softgrade*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://softgrade.mx/manual-de-procedimientos/>
- Subsecretaría de Previsión Social. (s.f.). *Subsecretaría de Previsión Social*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.previsionsocial.gob.cl/sps/seguridad-social/sst/ley-16-744/>
- SWORD GRC. (s.f.). *SWORD GRC*. Recuperado el 01 de 03 de 2022, de <https://sword-grc.com/es/sword-compliance-manager/>
- Torres, M. (25 de 11 de 2021). *Rankia*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>
- Toskano Hurtado, G. B. (s.f.). *PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP)*. Recuperado el 14 de 04 de 2022, de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/tesis/basic/toskano_hg/cap3.PDF

- TRACC. (27 de 05 de 2020). *TRACCSOLUTION*. Recuperado el 19 de 04 de 2022, de <https://traccsolution.com/es/blog/resolucion-problemas-dmaic/>
- UF. (2022). *UF-hoy*. Obtenido de <https://www.uf-hoy.com/>
- Valor Euro. (01 de 04 de 2022). *Valor Euro*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.valor-euro.cl/euro-diciembre-2020.html>
- Vaquiro, J. D. (s.f.). *pymesfuturo*. Recuperado el 01 de 04 de 2022, de <https://www.pymesfuturo.com/pri.htm>
- Yturralde, E. (s.f.). *Andragogía: Educación del ser humano en la etapa adulta*. Obtenido de <https://andragogia.net/andragogia.html>


ANEXOS

Anexo 1: Verificaciones *online* realizadas en parte del año 2021 y 2022 en Los Pelambres

Año	Mes	Verificaciones virtuales totales
2021	Octubre	78.475
	Noviembre	74.256
	Diciembre	85.836
2022	Enero	77.097
	Febrero	77.721
	Marzo	98.501
	Abril	96.045
	Mayo	113.941
Promedio		87.734


Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

Anexo 2: Parte de una verificación en papel realizada en Los Pelambres



Operador(a)

Prácticas seguras de gestión de controles críticos
Operación de vehículos livianos



Control crítico	Factores de erosión	Operador(a)	Monitoreo del control
<p>CC1. El conductor(a) no debe mantener elementos sueltos en la cabina. De ser necesario, debe usar un sistema de comunicación de manos libres tanto para la radio como el celular. Además, debe conducir permanentemente con las dos manos en el volante. (Conducta o acto)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Falta de conocimiento en técnicas de conducción segura. Conductas inapropiadas del conductor(a). Presión por el trabajo. No contar con un sistema de manos libres o que éste no se encuentre operativo. 	<p>Verificación:</p> <p>¿Sé que no debo tener elementos sueltos en cabina? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>¿Sé que debo conducir con ambas manos en el volante? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>Radio base:</p> <p>¿El dispositivo de radio base (con transmisor PTT) se encuentra en una ubicación que no me desvíe la vista del camino? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>Zonas de detención:</p> <p>¿Existen zonas de detención provisorias para el uso de celulares y éstas se encuentran identificadas? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p>	<p>Operador(a): Cada vez</p>
<p>CC2. El conductor(a) debe conducir el vehículo por debajo de la velocidad permitida. (Conducta o acto)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Falta de señalética. Falta de entrenamiento. Plan de tránsito no definido y/o mal diseñado. Conductas inapropiadas del conductor(a). Presión por el trabajo. Velocímetro descalibrado. 	<p>Plan de tránsito:</p> <p>¿Cuento con un plan de tránsito actualizado? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p> <p>Verificación:</p> <p>¿Sé que debo cumplir con las restricciones de velocidad definidas y conduzco siempre debajo de la velocidad máxima permitida? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p>	<p>Operador(a): Cada vez</p>
<p>CC3. Pretiles de seguridad. (Objeto)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Desconocimiento del operador(a) de equipo en la construcción de pretiles. Condiciones ambientales (viento, lluvia o nieve). No existe un estándar para la construcción de pretiles. Plan de tránsito no definido y/o mal diseñado. Uso de material inadecuado en la construcción de pretiles. 	<p>Verificación:</p> <p>Al encontrar pretiles fuera de estándar, ¿sé que debo informar de manera obligatoria la condición? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO</p>	<p>Operador(a): Cada vez</p>

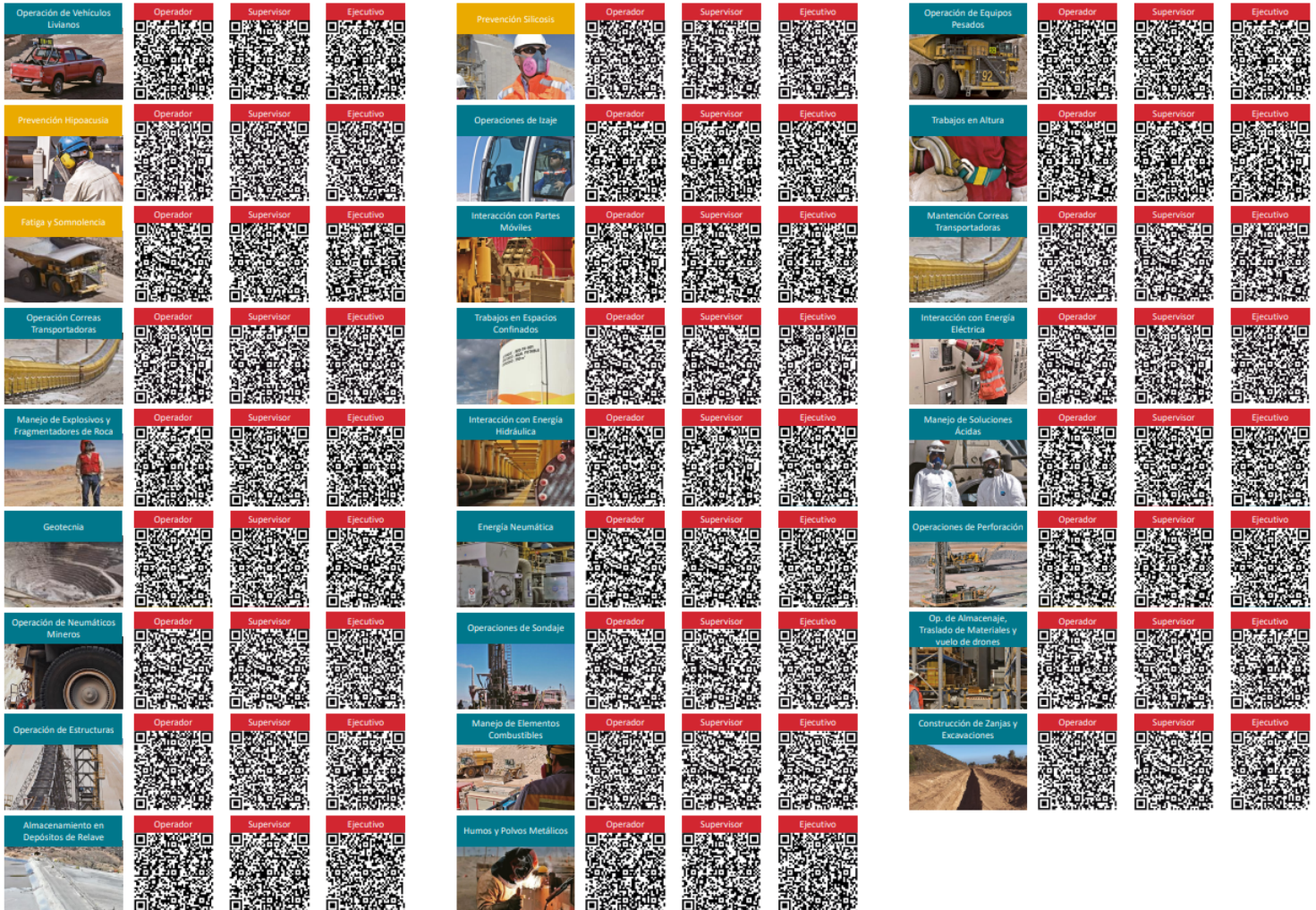
Fuente: Portal web de minera Los Pelambres

Anexo 3: Cantidad de recursos involucrados en la producción 1.000 hojas de papel tamaño carta

8,25 kg de dióxido de carbono
810 litros de agua
0,063 árboles

Fuente: Elaboración propia en base a (DocuSign, s.f.), (La Voz, s.f.), (GREENPEACE MÉXICO)

Anexo 4: Códigos QR de las verificaciones de seguridad online



Fuente: Portal web de minera Los Pelambres

Anexo 5: Logo de Sword Verify



Fuente: (AppAdvice, s.f.)

Anexo 6: Comparación de metodologías según su facilidad de aplicación

Facilidad de aplicación							
Metodología	PDCA	DMAIC	8D	Matriz normalizada			Vector promedio
PDCA	1	2	2	0,50	0,50	0,50	0,50
DMAIC	1/2	1	1	0,25	0,25	0,25	0,25
8D	1/2	1	1	0,25	0,25	0,25	0,25
Total	2,00	4,00	4,00				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7: Comparación de metodologías según su tiempo de aplicación

Tiempo de aplicación							
Metodología	PDCA	DMAIC	8D	Matriz normalizada			Vector promedio
PDCA	1	2	1/2	0,29	0,29	0,29	0,29
DMAIC	1/2	1	1/4	0,14	0,14	0,14	0,14
8D	2	4	1	0,57	0,57	0,57	0,57
Total	3,50	7,00	1,75				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 8: Comparación de metodologías según su competencia

Competencia							
Metodología	PDCA	DMAIC	8D	Matriz normalizada			Vector promedio
PDCA	1	1/2	2	0,29	0,27	0,33	0,30
DMAIC	2	1	3	0,57	0,55	0,50	0,54
8D	1/2	1/3	1	0,14	0,18	0,17	0,16
Total	3,50	1,83	6,00				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 9: Comparación de metodologías según su adaptación al cambio

Adaptación al cambio							
Metodología	PDCA	DMAIC	8D	Matriz normalizada			Vector promedio
PDCA	1	1/2	1	0,25	0,20	0,33	0,26
DMAIC	2	1	1	0,50	0,40	0,33	0,41
8D	1	1	1	0,25	0,40	0,33	0,33
Total	4,00	2,50	3,00				

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Carpetas con las gerencias y superintendencias de Los Pelambres

Fuente: Portal web de ARM

Anexo 11: Estrategias de control de cada carpeta

ID	Compañía	Título	Pilar Estratégico / Area	Dueño	Gestor	Proxima Revisión	Residual N
26847		OPERACIÓN DE VEHICULOS LIVIANOS / Pérdida de control del vehículo		Jorge Opazo Castro			NIL-0
26848		Fatiga del conductor(a)					NIL-0
26849		Conducción bajo la influencia del alcohol, droga o medicamento contraindicado					NIL-0
26850		Vehículos con desperfectos mecánicos					NIL-0
26851		Conducir a velocidad inadecuada para las condiciones del entorno o camino					NIL-0
26852		Condiciones de ruta en mal estado					NIL-0
26853		Condiciones climáticas adversas					NIL-0
26854		Conducta errada al conducir					NIL-0
26855		Conducta errada del peatón(a)					NIL-0
26856		Choque/colisión					NIL-0
26857		Desbarrancamiento					NIL-0
26858		Volcamiento					NIL-0
26859		Atropello					NIL-0
26860		OPERACIÓN DE EQUIPOS PESADOS / Pérdida de control del equipo		Jorge Opazo Castro			NIL-0
26861		Fatiga del operador(a)					NIL-0
26862		Conducción bajo la influencia del alcohol, droga o medicamento contraindicado para la operación					NIL-0
26863		Equipo con desperfectos mecánicos					NIL-0
26864		Conducir a velocidad inadecuada para las condiciones del entorno o camino					NIL-0
26865		Condiciones de ruta en mal estado					NIL-0

Página 1 of 16 (399 items)

Fuente: Portal web de ARM

Anexo 12: Controles de cada estrategia de control

Control / Acción							Añadir
C...	Control o Acción?	ID	Título	Responsable	Próxima Revisión	Estado	Aplicación
	Control	87397	Conducir un máximo de 5 ho...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido
	Control	87398	Control de temperatura y ve...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido
	Control	87399	Los conductores(as) deben e...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido
	Control	87400	Controles aleatorios diarios d...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido
	Control	87401	Sistema de dirección confor...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido
	Control	87402	Sistema de frenos ABS confo...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido
	Control	87403	Neumático conforme con los...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido
	Control	87404	El conductor(a) debe probar l...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido
	Control	87405	Protección industrial gestion...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido
	Control	87406	Dispositivo GPS instalado en ...	Undefined	31 Jan 2022		Indefinido

1 to 10 of 39 Page 1 of 4

Fuente: Portal web de ARM

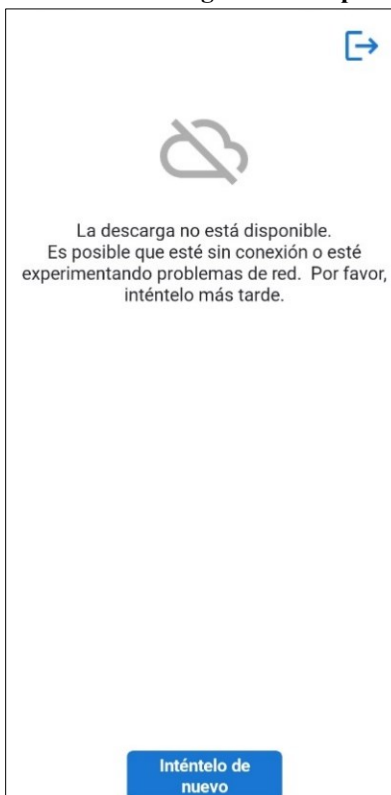
Anexo 13: Activación de cada rol por cada control crítico

Evaluación								Añadir
Ca...	ID	Título	Fecha de Vencimiento	Revisor	Estado	Audiencia	Estado de Ve...	
	47250	Sistema de frenos ABS conforme con lo...		Undefined		Operador(a)	Activo	
	47249	Sistema de frenos ABS conforme con lo...		Undefined		Supervisor(a)	Activo	
	47248	Sistema de frenos ABS conforme con lo...		Undefined		Ejecutivo(a) Superintendente	Activo	
	47247	Sistema de frenos ABS conforme con lo...		Undefined		Ejecutivo(a) Gerente	Activo	

1 to 4 of 4 < > Page 1 of 1 >

Fuente: Portal web de ARM

Anexo 14: Falla al ingresar a la aplicación



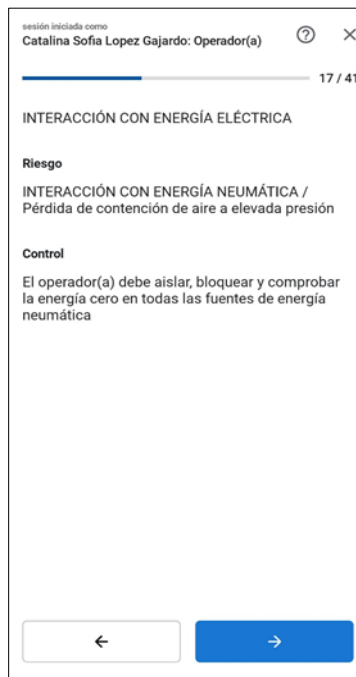
Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 15: Interfaz de la aplicación móvil para la verificación “INTERACCIÓN CON ENERGÍA NEUMÁTICA” en la gerencia “Puerto”



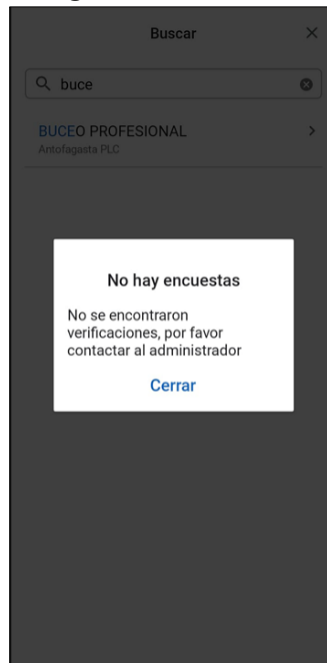
Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 16: Interfaz de dos verificaciones enlazadas en la gerencia “Puerto” en la aplicación móvil



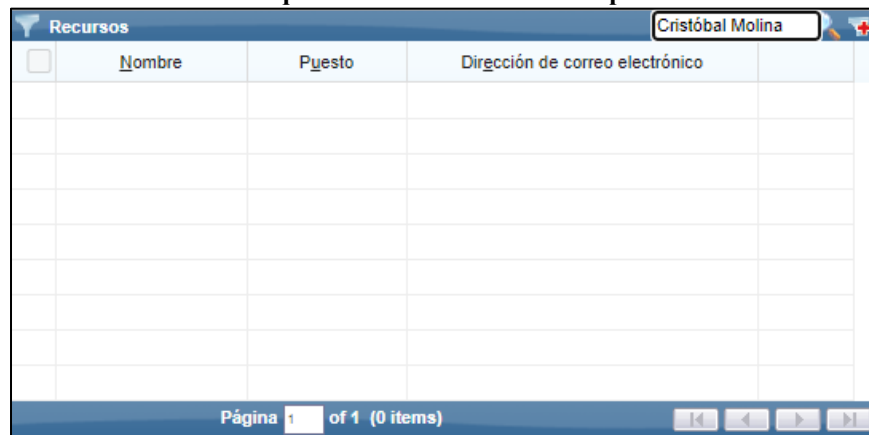
Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 17: Interfaz de la aplicación móvil para la verificación de “BUCEO PROFESIONAL” en la gerencia “Puerto”



Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 18: Búsqueda errónea de un usuario por su nombre



Fuente: Portal web de ARM

Anexo 19: Búsqueda exitosa de un usuario por su nombre

<input type="checkbox"/>	Nombre	Puesto	Dirección de correo electrónico	
<input type="checkbox"/>	Cristobal Molina Silva	Memorista SSO	cmolinas@pelambres.cl	Editar

Página 1 of 1 (1 items)

Fuente: Portal web de ARM

Anexo 20: Búsqueda errónea de un usuario por su RUT

<input type="checkbox"/>	Nombre	Puesto	Dirección de correo electrónico	
--------------------------	--------	--------	---------------------------------	--

Página 1 of 1 (0 items)

Fuente: Portal web de ARM

Anexo 21: Búsqueda mediante filtros de un usuario por su RUT

Criterios de campo

Agrupar o

Resource > Referencia de empleado Es 196725199

Añadir criterios

Ejecutar filtro Guardar Nuevo Borrar Eliminar Cancelar Ayuda

Página 1 of 1 (0 items)

Fuente: Portal web de ARM

Anexo 24: Ventana para crear un nuevo usuario en ARM

Detalles del recurso

Resource Details

Tipo: Resource and User ID: 0

Nombre:

Apellido:

Referencia de empleado:

Ubicación:

Empresa: Undefined

Empresa contratista: Undefined

Puesto:

Correo electrónico:

Número de teléfono ...

Administrador:

Grupos:

Retirado: Utilizado en esta área de negocio: No

Boletines de alerta: Utilizado en otras áreas de negocio: No

Comentarios/Notas:

Audiencia: Undefined

Fuente: Portal web de ARM

Anexo 25: Ventana para crear una nueva cuenta en ARM

Batch Create Accounts

A user account will be generated for each selected ARM user with a valid email address

A password reset email will be sent so that each user can set their own password

Users should also be advise to change their security question and answer as soon as possible

Pregunta de seguridad:

Respuesta de seguridad:

URL a la que redireccionar al usuario al iniciar la sesión correctamente.
(Dejar en blanco para el proceso de inicio de sesión predeterminado de ARM):

Aceptar Cancelar

Fuente: Portal web de ARM

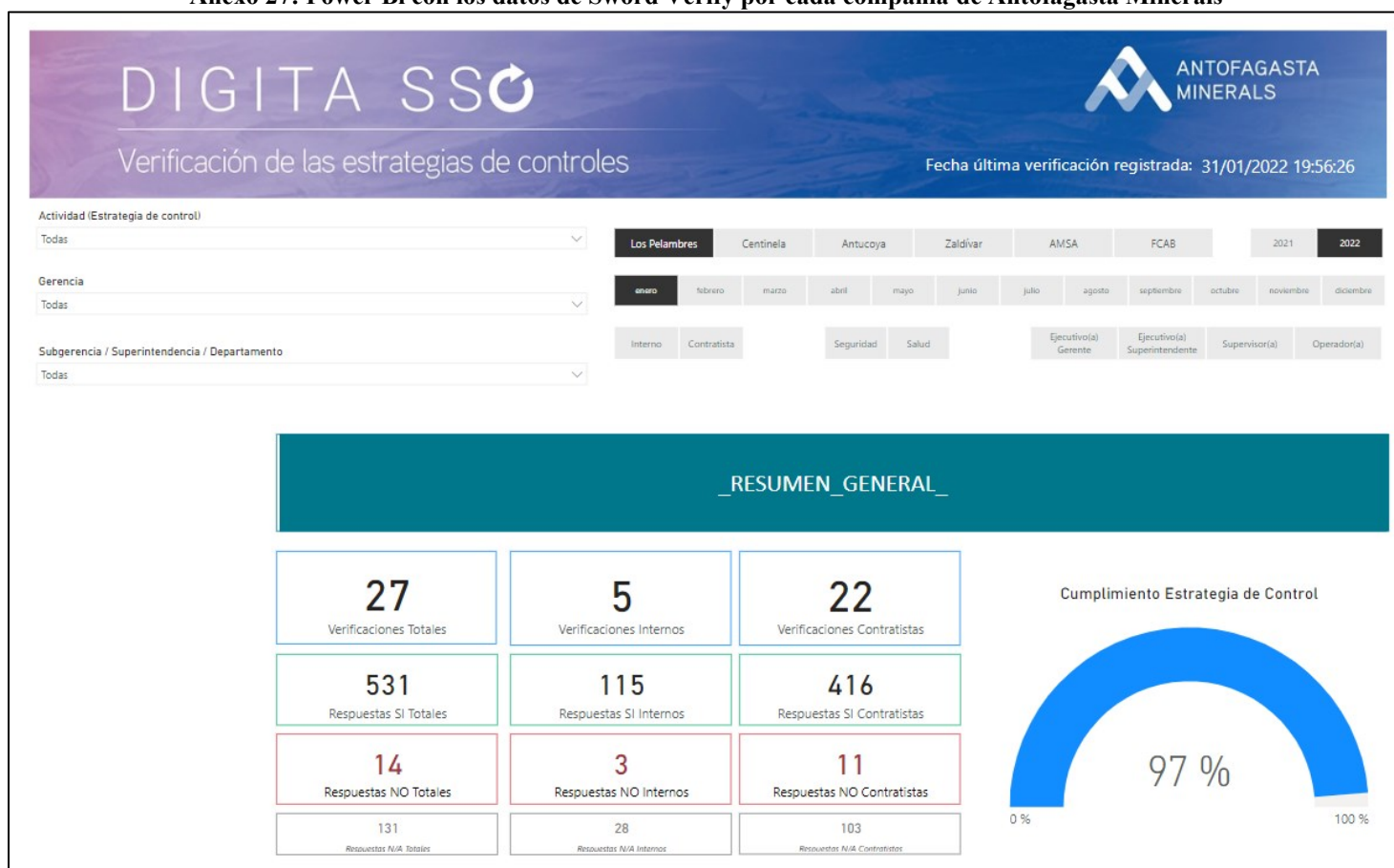
Anexo 26: Ventana de ARM con las verificaciones realizadas en una estrategia de control

Verificación						Añadir
Cam...	ID	Título	Verificador	Fecha de la verificación	Resultado	
	896	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Cristobal Molina Silva	19 Jan 2022	Aprobado	
	10289	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Catalina Sofia Lopez Gajardo	22 Feb 2022	Aprobado	
	30982	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Roccio Navea Villarroel	08 Mar 2022	Aprobado	
	47936	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Virna Francisca Morel Campos	15 Mar 2022	Aprobado	
	50976	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Roccio Navea Villarroel	17 Mar 2022	Aprobado	
	58461	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Roccio Navea Villarroel	19 Mar 2022	Aprobado	
	61329	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Roccio Navea Villarroel	20 Mar 2022	Aprobado	
	68357	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Roccio Navea Villarroel	22 Mar 2022	Aprobado	
	72434	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Virna Francisca Morel Campos	24 Mar 2022	Aprobado	
	79315	OPERACIÓN DE VEHÍCULOS LIVIANOS - Sistema de ...	Virna Francisca Morel Campos	26 Mar 2022	Aprobado	

1 to 10 of 22 Page 1 of 3 >

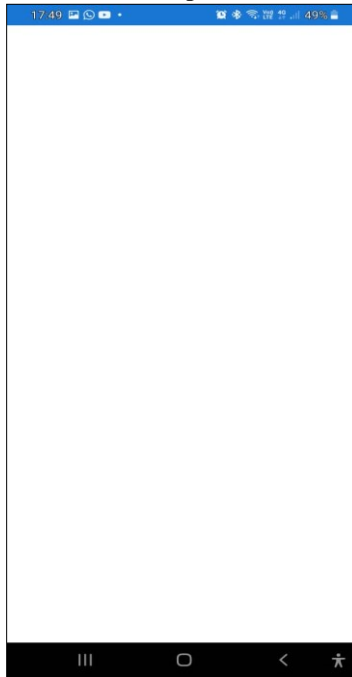
Fuente: Portal web de ARM

Anexo 27: Power Bi con los datos de Sword Verify por cada compañía de Antofagasta Minerals



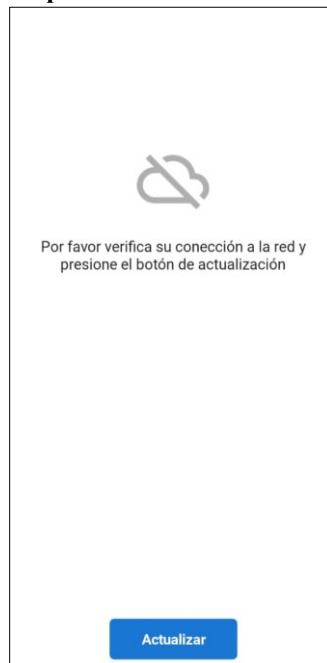
Fuente: Portal web de visualización de verificaciones de seguridad en Sword Verify de Antofagasta Minerals

Anexo 31: Interfaz de la aplicación móvil en blanco



Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 32: Interfaz de la aplicación móvil ante falta de conexión a internet



Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 33: Solicitud de la URL de ARM para ingresar a la aplicación móvil

Por favor, ingrese la URL de ARM que aparece a continuación.

Para más detalles contactar al administrador.

Arm Url

→

Si tiene un código QR para la URL de ARM pulse el botón de abajo para escanear el código y completar el campo de la URL.

📷

Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 34: Interfaz para ingresar el usuario y clave en la aplicación móvil

SWORD

Active Risk Manager

User name

Password

Login

[Change your password](#)
[Change your security question / answer](#)
[Forgotten your password?](#)

Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 35: Interfaz para solicitar reenvío del correo para activar la clave de la aplicación móvil

The screenshot shows a mobile application interface with a blue header containing the 'SWORD' logo. Below the header is a white box titled 'Active Risk Manager'. Inside this box, the text reads: 'Confirm the email address and we will send you instructions to reset your password'. There is a text input field labeled 'Email Address'. Below the input field is a grey 'Submit' button and a blue link labeled 'Back to Login'.

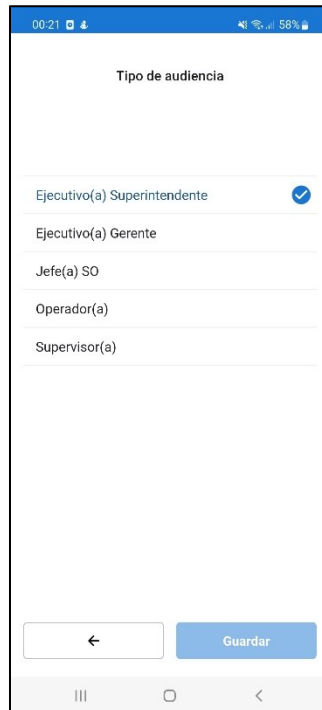
Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 36: Interfaz para crear una nueva pregunta de seguridad en la aplicación móvil

The screenshot shows a mobile application interface with a blue header containing the 'SWORD' logo. Below the header is a white box titled 'Active Risk Manager'. Inside this box, the text reads: 'Enter you user name and password and a new security question and answer'. There are four text input fields labeled 'User name', 'Password', 'Security Question', and 'Security Answer'. Below the input fields is a grey 'Change and Login' button, a blue link labeled 'Forgotten your password?', and a blue link labeled 'Cancel'.

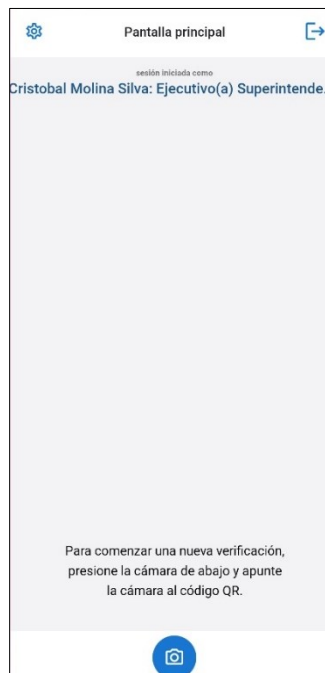
Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 37: Cambio de roles en Sword Verify



Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 38: Interfaz inicial para realizar una verificación en Sword Verify



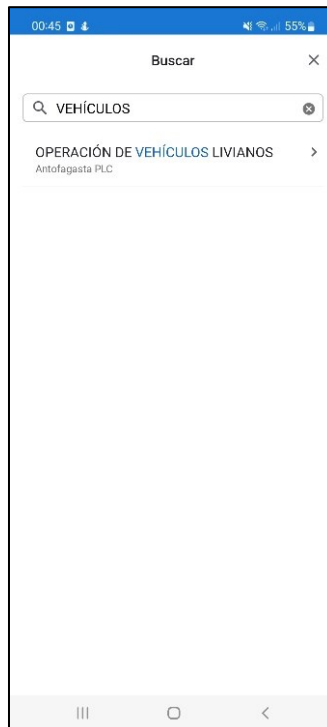
Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 39: Búsqueda errónea de una estrategia de control en Sword Verify



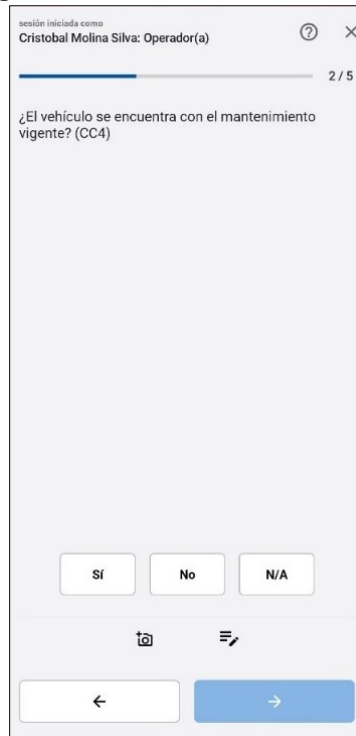
Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 40: Búsqueda exitosa de una estrategia de control en Sword Verify



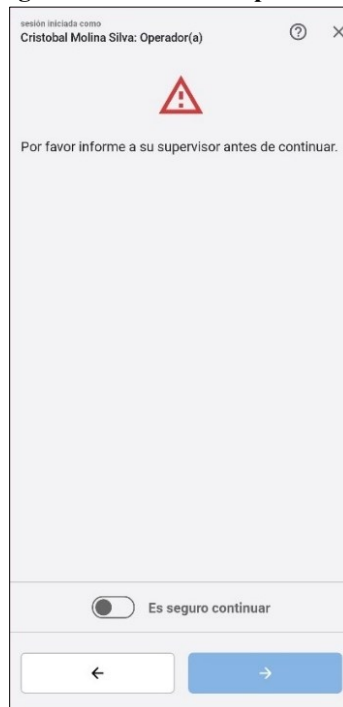
Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 41: Pregunta de una verificación en la aplicación móvil



Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 42: Validación de seguridad ante una respuesta “No” en la aplicación móvil



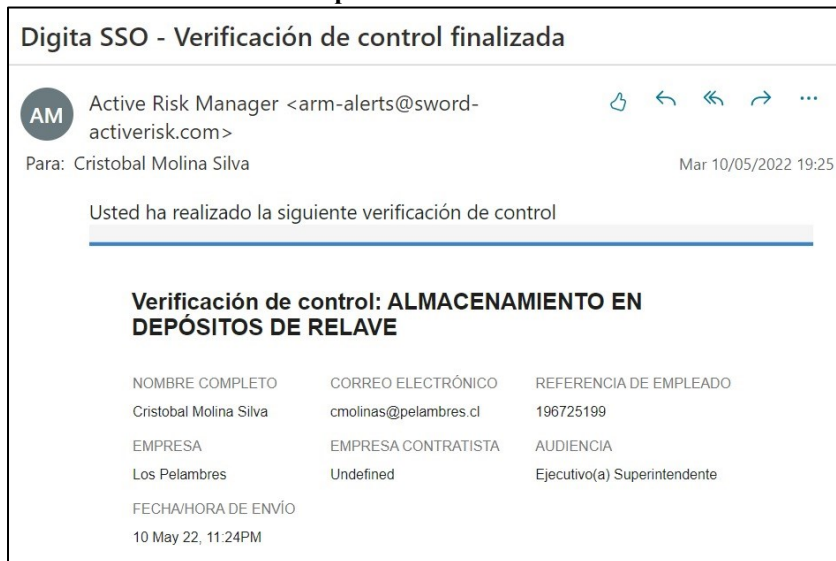
Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 43: Interfaz de revisión de una verificación realizada en la aplicación móvil




Fuente: Aplicación móvil Sword Verify

Anexo 44: Correo electrónico de respaldo de una verificación realizada en Sword Verify



Fuente: Outlook de memorista de minera Los Pelambres

Anexo 45: Lista de asistencia de capacitación de Sword Verify



Registro asistencia capacitación DIGITA SSO

Fecha: 16/02/2022
 Lugar: Puerto
 Expositor: Cristóbal Molina Silva

N°	Nombre completo	Empresa
1	Alonso Andrés Albornoz Albornoz	FLSMIDTH
2	Pizarro Andrés Albornoz Albornoz	FLSMIDTH
3	Dávalos María González	FLSMIDTH
4	Osán Demmi Gilson	FLS
5	Vidal Hugo Gilson	FLS
6	Juan Pablo Gilson	FLSMIDTH
7	Mayo García Noé	FLSMIDTH
8	Pedro León Noé	FLS
9	Alonso Hugo Noé	FLSMIDTH
10	Edo Valenzuela	Bonilla
11	Francisco Espinoza	Bonilla
12	José Antonio	Bonilla
13	Arnold Ibama Aquilera	Bonilla
14	José Raúl	Bonilla
15	Francisco Silva	Bonilla
16	FRANCISCO CAMPOS MARTINEZ	BONILLA
17	Sandra Olivares	Bonilla
18	Francisco Leiva	Bonilla
19	Bernabe	BONILLA
20	José Vallejos	Bonilla y Cia
21	Vidal Fermín	Bonilla y Cia
22	TOMÁS GONZALEZ	Bonilla
23	Juan Pablo	8315.0246
24	JUAN CARLOS MONTE P.	8315.0246
25	Hugo	FLSMIDTH
26	Imalia Roberto Casero	FLS
27	José	FLS
28	Luis Guadalupe Valenzuela	Hecso
29	José	Hecso
30	Cristóbal Valenzuela C	Hecso
31	Juan	Hecso
32	Claudio Oxeliana	Hecso
33	Roberto Salazar	Hecso
34	Francisco Antonio	RYT
35	José ESPINOSA	Ry + Ambiente

Firma supervisor: Cristóbal Molina Silva
STAFF VTFT

H Terecy TAPIA Cortés

H Juan José Pizarro Noé

H Benjamín Campos

H Pedro Jiménez S.

H Luis Tapia Avila

Ry + Ambiente

RyT Ambiente

RyT Ambiente (Huawei)

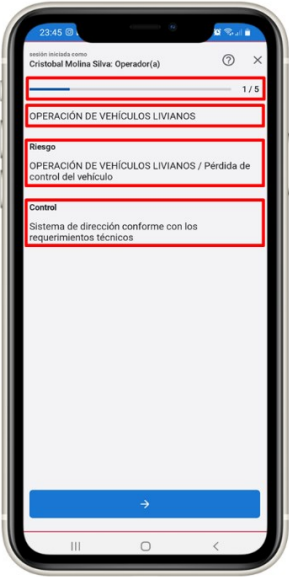
RyT A. (Huawei)

Fuente: Elaboración propia en conjunto con trabajadores de Los Pelambres

Anexo 46: Material visual de la capacitación de Sword Verify

Verificación de las estrategias de control

- > Una vez ingresada la estrategia de control, aparecerá su nombre, el riesgo y el control crítico específico
- > La barra superior indica el avance de la verificación

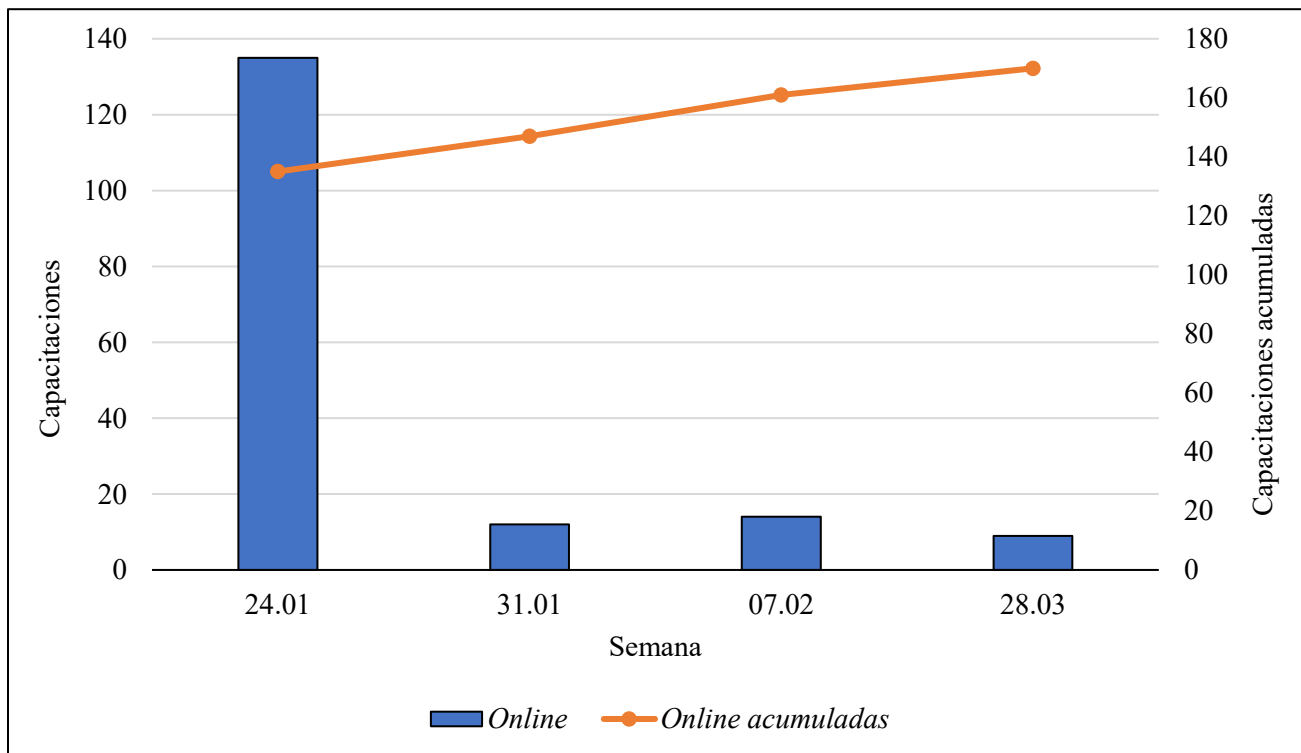


- > Para avanzar a la sección de preguntas, se debe hacer clic en el botón de continuar

17

Fuente: Elaboración propia

Anexo 47: Capacitaciones virtuales semanales de Sword Verify



Fuente: Elaboración propia

Anexo 48: Porcentaje de trabajadores que utiliza Sword Verify en Los Pelambres

$$\frac{336 \text{ usuarios}}{401 \text{ trabajadores}} * 100\% = 83,79\%$$

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por minera Los Pelambres

Anexo 49: Promedio de verificaciones en Sword Verify por cada trabajador

$$\frac{1.221 \text{ verificaciones}}{401 \text{ trabajadores}} = 3,04 \frac{\text{verificaciones}}{\text{trabajador}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por minera Los Pelambres

Anexo 50: Promedio de verificaciones considerando solo a los usuarios efectivos de Sword Verify

$$\frac{1.221 \text{ verificaciones}}{336 \text{ trabajadores}} = 3,63 \frac{\text{verificaciones}}{\text{trabajador}}$$

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por minera Los Pelambres

Anexo 51: Parte de las mediciones en terreno del uso de Sword Verify

USUARIO	P.T	O.S.SI.G	M.F	Años	D.N	4x3.7x7	S.I.H	Submarino	AD	CF				DU				
										AD - ONLINE	AD - OFFLINE	CF - ONLINE	CF - OFFLINE					
Usuario	Sede	Rol	Género	Edad	Jornada	Turno	Tipo de celular	Tiempo app	# descargas nulas	# consultas	# descargas nulas	# consultas	# fallas de cargas	# cargas exitosas	# fallas de cargas	# cargas exitosas	Min duración sesión	# de registros
41	P	O	M	40	D	7x7	redmi	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:57	real
42	P	O	M	60	D	7x7	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:45	real
43	P	O	M	48	D	7x7	redmi	0	0	1	0	1	0	1	0	1	3:30	real
44	T	O	M	37	D	7x7	M	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1:35	real
45	T	O	M	34	D	7x7	H	4	0	1	0	1	0	1	0	1	0:46	real
46	T	O	M	50	D	7x7	X	4	0	1	0	1	0	1	0	1	1:40	real
47	T	O	M	41	D	7x7	X	4	0	1	0	1	0	1	0	1	2:17	real
48	T	S	M	39	D	7x7	H	4	0	1	0	1	0	1	0	1	2:18	real
49	T	O	M	34	D	7x7	H	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:22	real
50	T	S	M	59	D	7x7	S	4	0	1	0	1	0	1	0	1	2:12	real
51	T	S	M	55	D	4x3	I	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:45	real
52	T	O	M	34	D	7x7	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:55	real
53	T	O	M	34	D	7x7	I	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1:22	real
54	T	O	M	26	D	7x7	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0:32	real
55	T	O	M	36	D	7x7	H	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1:54	real
56	T	O	M	40	D	7x7	H	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:07	real
57	T	O	M	62	D	7x7	Biscon	0	0	1	0	1	0	1	0	1	3:37	real
58	T	S	M	50	D	7x7	H	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4:03	real
59	T	S	M	43	D	7x7	H	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4:07	real
60	T	O	M	30	D	7x7	M	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1:36	real
61	T	O	M	39	D	7x7	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:44	real
62	T	O	M	37	D	7x7	M	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4:01	real
63	T	O	F	28	D	7x7	I	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1:10	real
64	T	S	M	42	D	5x2	X	4	0	1	0	1	0	1	0	1	3:37	real
65	P	O	M	62	D	7x7	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1:50	real
66	P	O	M	42	D	7x7	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1:51	real
67	P	O	M	52	D	7x7	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4:19	real
68	P	O	M	58	D	5x2	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:42	real
69	P	O	M	37	D	5x2	S	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0:40	-
70	P	O	M	26	D	5x2	S	3	0	1	0	1	0	1	0	1	0:52	-
71	P	O	M	33	D	5x2	X	3	0	1	0	1	0	1	0	1	1:40	-
72	P	S	M	34	D	9x3	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:05	real
73	P	O	M	33	D	5x2	X	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:25	-
74	P	O	M	58	D	5x2	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4:15	-
75	P	O	M	44	D	5x2	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4:23	-
76	P	O	M	55	D	5x2	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4:40	-
77	T	O	M	58	D	7x7	M	0	0	1	0	1	0	1	0	1	4:08	real
78	T	O	M	56	D	7x7	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	5:28	real
79	T	O	M	49	D	7x7	X	0	0	1	0	1	0	1	0	1	2:22	real
80	T	S	F	42	D	7x7	S	0	0	1	0	1	0	1	0	1	3:14	real

Fuente: Elaboración propia

Anexo 52: Verificaciones en Sword Verify en dos meses del 2022 en minera Los Pelambres

Año	Mes	Verificaciones en Sword Verify	Verificaciones con respuesta "No"
2022	Abril	4.545	142
	Mayo	4.606	126
Promedio		4.576	134

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

Anexo 53: Verificaciones virtuales totales y con respuesta "No" para parte del 2021 y 2022 en minera Los Pelambres

Año	Mes	Verificaciones virtuales totales	Verificaciones con respuesta "No"
2021	Octubre	78.475	7.123
	Noviembre	74.256	6.550
	Diciembre	85.836	6.038
2022	Enero	77.097	4.569
	Febrero	77.721	4.222
	Marzo	98.501	5.042
	Abril	96.045	4.567
	Mayo	113.941	4.774
Promedio		87.734	5.361

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por minera Los Pelambres

Anexo 54: Costos asociados a llevar a cabo el proyecto mediante la contratación de un memorista

Alternativa 1: Memorista	Memorista	\$700.000 / mes			
		5 meses			
		\$3.500.000 subtotal			
	Ingeniero	\$2.000.000 / mes	3 horas / semana		
		180 horas / mes	20 semanas		
		\$11.111 / hora	60 horas	\$666.667 subtotal	
	Gerente	\$8.000.000 / mes	1 hora / mes		
		180 horas / mes	5 meses		
		\$44.444 / hora	5 horas	\$222.222 subtotal	
	Operadores	\$600.000 / mes	0,5 horas / capacitación		
		180 horas / mes	540 capacitaciones		
		\$3.333 / hora	270 horas	\$900.000 subtotal	
\$5.288.889 total		4,78 años recuperación			

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por la empresa

Anexo 55: Costos asociados a llevar a cabo el proyecto mediante un ingeniero de la empresa

**Alternativa 2:
Ingeniero de la
empresa**

Ingeniero	\$2.000.000	/ mes			
	5	meses			
	\$10.000.000				subtotal
Gerente	\$8.000.000	/ mes	1	hora / mes	
	180	horas / mes	5	meses	
	\$44.444		5	horas	\$222.222 subtotal
Operadores	\$600.000	/ mes	0,5	horas / capacitación	
	180	horas / mes	540	capacitaciones	
	\$3.333		270	horas	\$900.000 subtotal
	\$11.122.222			10,06	años recuperación
		total			

Fuente: Elaboración propia en base a información aportada por la empresa

Anexo 56: Costos asociados a llevar a cabo el proyecto mediante una empresa asesora externa

**Alternativa 3:
Asesora externa**

Asesora externa	4	UF / hora			
	54	horas			
	216	UF	\$33.165,9	/ UF	\$7.163.834 subtotal
Gerente	\$8.000.000	/ mes	1	hora / mes	
	180	horas / mes	5	meses	
	\$44.444		5	horas	\$222.222 subtotal
Operadores	\$600.000	/ mes	0,5	horas / capacitación	
	180	horas / mes	540	capacitaciones	
	\$3.333		270	horas	\$900.000 subtotal
	\$8.286.057			7,49	años recuperación
		total			

Fuente: Elaboración propia en base a (UF, 2022) e información aportada por la empresa