FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

PROCEDIMIENTO Y MANUAL DE USO DEL MEGÓHMETRO PARA PRUEBAS DE MEDICIÓN DE AISLACIÓN EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS EN MINA SUBTERRÁNEA

Profesor guía: Sr. Juan Carlos Madrigal Lobos

Pablo Manuel Rojas Alfaro

Copiapó, Chile 2024

UNIVERSIDAD DE ATACAMA

FACULTAD TECNOLÓGICA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍAS DE LA ENERGÍA

PROCEDIMIENTO Y MANUAL DE USO DEL MEGÓHMETRO PARA PRUEBAS DE MEDICIÓN DE AISLACIÓN EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS EN MINA SUBTERRÁNEA

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos para obtener el título de Ingeniero en Ejecución en Electricidad.

Profesor guía: Sr. Juan Carlos Madrigal Lobos

Pablo Manuel Rojas Alfaro

Copiapó, Chile 2024

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de título a mis queridos padres, Lorenzo Rojas González y Cristina Alfaro Valencia, gracias por brindarme su amor, apoyo, comprensión y educación durante estos años de mi vida, pilares fundamentales en todo el proceso de vida siendo los formadores de la persona que hoy soy, guiándome por el buen camino.

También a mis hermanos Lorenzo Rojas A y Liliana Rojas A, espero ser un buen ejemplo de hermano mayor, para que logren sus objetivos en la vida, principalmente en sus estudios. A mi familia en general la cual siempre me apoyo en todo sentido.

Y especialmente a mi abuela que en vida fuera Orlinda Valencia Gomez la cual fue formadora y segunda madre en todo proceso de mi vida, quien me enseño el valor de la perseverancia cuyo amor y apoyo me guiaron en todo camino. Espero haber hecho que se sienta orgullosa.

Solo puedo decir, ¡GRACIAS POR TODO!

Atte.

Pablo Manuel Rojas Alfaro.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto de título. En primer lugar, quiero agradecer a mis amigos y colegas Juan Rivera y Juan Orellana por su apoyo incondicional y por compartir su valiosa información. Su conocimiento y guía han sido esenciales para el desarrollo de este proyecto.

Agradezco también a mis compañeros y amigos, como Héctor, Claudio, Carlos, Gustavo, Nelson y David, por su colaboración, motivación y por los momentos de risas y desafíos compartidos. Cada uno de ustedes ha hecho de esta experiencia algo inolvidable.

Extiendo mi gratitud a mis colegas de trabajo, quienes me han brindado su sabiduría y conocimiento, ayudándome a alcanzar mis objetivos y a seguir creciendo cada día.

A mi familia, por su amor incondicional y por siempre creer en mí. Su apoyo emocional y comprensión durante las largas horas de trabajo han sido mi mayor fortaleza.

A mis profesores durante mi formación académica, especialmente a los profesores Rodrigo Aróstica y Juan Astorga, cuyo conocimiento y pasión por la enseñanza me han inspirado a amar aún más lo que estudio. Gracias a su motivación, me han instado a crecer y mejorar cada día.

Finalmente, agradezco a todas las personas que, de alguna manera, han influido en mi formación académica y personal. Cada uno de ustedes ha dejado una huella valiosa en mi vida que atesoro profundamente.

Gracias a todos por ser parte de este viaje.

Atte.

Pablo Manuel Rojas Alfaro.

ÍNDICE

CAPÍTULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1. Introducción 1
1.2. Objetivo General 1
1.3. Objetivos Específicos 1
1.4. Alcances 1
1.5. Justificación 2
1.6. Resumen de capítulos 2
CAPÍTULO II 4
MARCO TEÓRICO 4
2.1. Introducción a la Medición de Aislación 4
2.2. Importancia de la medición de aislación 5
2.3. Objetivos de la medición de aislación 6
2.4. Métodos de medición de aislación 6
2.5. Normativas y estándares 7
2.6. Aplicaciones en la industria minera 7
2.7. Tipos de equipos a los que aplica una prueba. 8
2.7.1. Bombas estacionarias 9
2.7.2. Bomba sumergible grindex 10
2.8. Tipo de conexión de equipos eléctricos 12
2.9. Equipos para realizar pruebas de aislación 12
2.9.1. Equipo megóhmetro 12
2.9.2. Amperímetro digital 13
CAPÍTULO III 15
FUNDAMENTOS TÉCNICOS Y PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS DE AISLACIÓN 15
3.1. Características 15
3.2. Controles, indicadores y accesorios del instrumento 15
3.3. Instrucción de uso del equipo 19

3.4. Control del instrumento 21
3.5. Prueba de aislación 22
3.6. Modos de medición 23
3.6.1. Prueba de IR rápida 23
3.6.2. Pruebas de IR temporizada 23
3.6.3. Pruebas de aislamiento de DAR Y PI 24
3.7. Uso del Megóhmetro MIT1025 26
3.8. Aplicaciones del Megóhmetro MIT1025 27
3.9. Ventajas del Megóhmetro MIT1025 27
CAPÍTULO IV 29
PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA 29
4.1. Introducción 29
4.2. Principales fallas en equipos en Minera Candelaria 31
4.2.1. Fallas Mecánicas 31
4.2.2. Fallas eléctricas 32
4.3. Resolución de la problemática 33
4.4. Solución propuesta 34
4.5. Beneficios esperados 34
CAPÍTULO V 37
PROCEDIMIENTO TÉCNICO DE PRUEBA DE AISLACIÓN CON EL MEGÓHMETRO MIT1025 37
5.1. Introducción 37
5.2. Objetivo 37
5.3. Alcance 37
5.4. Documentos relacionados 38
5.5. Responsabilidades 40
5.6. Procedimiento operativo 40
5.7. Recursos 40
5.7.1. Humanos 40
5.7.2. Elementos de seguridad 41
5.7.3. Herramientas 41

5.8. Actividades previas al inicio del trabajo 43
5.9. Procedimiento detallado de pruebas de aislación 43
5.10. Seguridad, salud ocupacional y medio ambiente 50
5.11. Conclusiones y beneficios del protocolo 53
CAPÍTULO VI 54
ANÁLISIS DE RESULTADOS 54
6.1. Introducción 54
6.2. Objetivos del protocolo de aislación 54
6.3. Beneficios del protocolo 54
6.3.1. Reducción de riesgos 54
6.3.2. Estandarización de procedimientos 55
6.3.3. Capacitación y conciencia 55
6.4. Implementación y resultados 55
6.5. Impacto Económico 56
6.6. Evaluación económica 57
6.6.1. Consideraciones por utilizar 58
6.6.2. Resumen e interpretación de los ingresos del proyecto 63
6.6.3. Costo operacional 64
6.6.4. Depreciación 66
6.6.5. Valor residual 67
6.8.6. Fuentes de financiamiento 67
6.8.6.1. Aplicación del Modelo WACC 69
6.8.6.2. Amortización 70
6.8.7. Flujo de Caja 72
6.8.7.1. Indicadores económicos para evaluar el proyecto 74
6.8.7.2. Proyecto puro 74
6.9. Resumen flujos de caja 78
CAPÍTULO VII 81
CONCLUSIONES 81
7.1. Recomendaciones 81
7.2. Conclusiones 82

BIBLIOGRAFÍA **84**
GLOSARIO **85**
ANEXO A 91
A.1. Formato pretarea impartida por Minera Candelaria primera hoja 91
A.2. Formato pretarea impartida por Minera Candelaria segunda hoja 92
A.3. Formato ARO impartido por Minera Candelaria primera hoja. 93
A.4. Formato ARO impartido por Minera Candelaria segunda hoja 94
A.5. Formato LOTOTO impartido por Minera Candelaria 95
A.6. Check list para el cuidado de las manos impartido por Minera Candelaria 96
A.7. Plantilla de inspección de estado de motor 97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 2.1: Ventilador principal 4 esquinas Candelaria SUR. 8
Figura N° 2.2: Bombas estacionaria KSB 110L de 90 kW instaladas en un mega pozo minera candelaria NV.120. 9
Figura N° 2.3: Placa características de bomba KSB Motor W22. 10
Figura N° 2.4: Bomba sumergible grindex 37 kW. 11
Figura N° 2.5: Placa característica de bomba sumergible grindex. 11
Figura N° 2.6: Megóhmetro MIT 1025 10 kV. 13
Figura N° 2.7: Amperímetro digital fluke 376FC. 13
Figura N° 3.1: Panel frontal megóhmetro MIT1025 16
Figura N° 3.2: Pantalla megóhmetro MIT1025. 17
Figura N° 3.3: Simbología display megóhmetro MIT1025. 17
Figura N° 3.4: Tipo de cable. 18
Figura N° 3.5: Prueba de acuerdo con la norma IEC para determinar la distancia de fuga y holgura. 18
Figura N° 3.6: Salida desde el equipo megger. 18
Figura N° 3.7: Megóhmetro en selección off. 20
Figura N° 3.8: Botonera de comandos. 21
Figura N° 3.9: Megóhmetro en selección ajustes. 21
Figura N° 3.10: Botón TEST de inicio de prueba. 22
Figura N° 3.11: Configuración en IR (t). 24
Figura N° 3.12: Configuración en DAR. 24
Figura N° 5.1: Pruebas realizadas con tester. 44
Figura N° 5.2: Pruebas de medición de aislación. 44
Figura N° 5.3: Medición de aislación entre bobinas B1 y B3. 45
Figura N° 5.4: Medición de aislación entre bobinas B2 y B3. 45
Figura N° 5.5: Medición de aislación entre bobinas y tierra. 46
Figura N° 5.6: Medición de aislación entre bobina B2 a tierra. 46
Figura N° 5.7: Medición de aislación entre bobina B3 a tierra. 47
Figura N° 5.8: Hoja de procedimiento de aislación como operativa. 47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 3.1: Condición de aislamiento DAR. 25
Tabla N° 3.2: Condición de aislamiento PI. 26
Tabla N° 4.1: Falla Operacional. 33
Tabla N° 5.1: Documentos relevantes. 38
Tabla N° 6.1: Cálculo tasa de descuento. 59
Tabla N° 6.2: Cálculo modelo WACC. 61
Tabla N° 6.3: Proyección de ingresos del proyecto. 63
Tabla N° 6.4: Proyección de costos totales del proyecto. 64
Tabla N° 6.5: Costos totales de Inversión del proyecto. 65
Tabla N° 6.6: Depreciación lineal del proyecto. 66
Tabla N° 6.7: Valor residual, activo fijo proyecto. 67
Tabla N° 6.8: Característica del crédito al 75 %. 67
Tabla N° 6.9: Característica del crédito al 50 %. 68
Tabla N° 6.10: Característica del crédito al 25 %. 68
Tabla N° 6.11: WACC para crédito al 75 %. 69
Tabla N° 6.12: WACC para crédito al 50 %. 69
Tabla N° 6.13: WACC para crédito al 25 %. 70
Tabla N° 6.14: Amortización crédito 75 % total del proyecto en UF. 71
Tabla N° 6.15: Amortización crédito 50 % total del proyecto en UF. 71
Tabla N° 6.16: Amortización crédito 25 % total del proyecto en UF. 72
Tabla N° 6.17: Flujo de caja proyecto puro, en UF. 74
Tabla N° 6.18: Flujo de caja proyecto financiado al 75 %, en UF. 75
Tabla N° 6.19: Flujo de caja proyecto financiado al 50 %, en UF. 76
Tabla N° 6.20: Flujo de caja proyecto financiado al 25 %, en UF. 77
Tabla N° 6.21: Resumen por tipo de financiamiento. 79

RESUMEN

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo diseñar un procedimiento técnico y un manual de uso para la ejecución de pruebas de resistencia de aislación en máquinas eléctricas rotativas, utilizando el Megóhmetro modelo MIT1025 de la marca Megger. Este protocolo está orientado a su aplicación en la minería subterránea, específicamente en la Compañía Minera Candelaria, donde la confiabilidad de los equipos eléctricos es crítica para la continuidad operativa y la seguridad del personal. La necesidad de este procedimiento surge debido a la inexistencia de un protocolo estandarizado para realizar pruebas de aislación en equipos que ingresan a faena, muchos de los cuales presentan fallas no detectadas al momento de su instalación, generando pérdidas operacionales y riesgos eléctricos. Ante esta problemática, se plantea un protocolo detallado que incluye etapas de preparación, conexión segura, selección de pruebas (IR, DAR y PI), análisis de resultados y criterios de aceptación basados en normativas internacionales como IEEE 43-2013 e IEC 60034-27-1. El procedimiento también contempla aspectos preventivos, responsabilidades del personal, recursos técnicos requeridos y medidas de seguridad, lo que garantiza una ejecución controlada, eficiente y alineada con los estándares de la industria minera. Como complemento, se desarrolló un análisis económico que evalúa la viabilidad de implementar este protocolo. Se utilizaron indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Período de Recuperación de la Inversión (PRI) y el Índice de Valor Actual Neto (IVAN). El financiamiento impuro al 50 % arrojó un VAN de 23.818 UF, mientras que el financiamiento al 75 % alcanzó una TIR de 153 % e IVAN de 2,60, ambos con un PRI de 1 año, lo que respalda la factibilidad económica de su implementación. En conclusión, este protocolo representa una solución técnica, operativa y económicamente viable para fortalecer el mantenimiento predictivo, reducir fallas eléctricas, mejorar la seguridad laboral y optimizar los procesos de instalación y puesta en marcha de equipos eléctricos en ambientes subterráneos de alta exigencia.

AISLACIÓN ELÉCTRICA - MEGÓHMETRO MIT1025 - MANTENIMIENTO PREDICTIVO

ABSTRACT

This thesis aims to design a technical procedure and user manual for performing insulation resistance tests on rotating electrical machines using the MIT1025 megohmmeter from the Megger brand. The protocol is specifically intended for application in underground mining operations at Compañía Minera Candelaria, where the reliability of electrical equipment is critical for operational continuity and worker safety. The need for this procedure arises from the absence of a standardized protocol for insulation testing on equipment entering the site. In various instances, machines with undetected electrical faults have been installed, leading to operational downtime and safety hazards. To address this issue, a detailed protocol was developed, including preparation steps, safe connection methods, selection of test modes (IR, DAR, and PI), result analysis, and acceptance criteria based on international standards such as IEEE 43-2013 and IEC 60034-27-1. The procedure also incorporates preventive measures, clearly defined responsibilities, required technical resources, and safety protocols to ensure proper execution in line with the demands of the mining industry. An economic feasibility analysis was also conducted to support implementation. Key indicators such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Payback Period (PBP), and Net Present Value Index (NPVI) were calculated. Among the financing options evaluated, the 50% leveraged financing scenario yielded an NPV of 23,818 UF, while the 75% leveraged scenario achieved an IRR of 153% and an NPVI of 2.60. Both scenarios showed a payback period of one year, confirming the project's economic viability. In conclusion, this protocol offers a technically sound and economically feasible solution to strengthen predictive maintenance strategies, reduce electrical failures, improve operational safety, and optimize the commissioning processes of electrical equipment in demanding underground mining environments.

ELECTRICAL INSULATION - MIT1025 MEGOHMMETER - PREDICTIVE MAINTENANCE

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

En la Compañía de Minera Candelaria si bien existe un protocolo de seguridad para el uso de medidor de aislamiento, no es aplicable para el proyecto de mina subterránea, donde el mal uso puede causar accidentes, tanto a las personas que utilizarán el equipo, como las personas que forman parte de los trabajos diarios dentro de la compañía, por eso se busca disminuir la probabilidad de accidentes mediante la utilización de un procedimiento de uso para esté, el cual pueda facilitar un trabajo óptimo y sin riesgos para los trabajadores.

En el procedimiento y manual de uso se busca establecer una estructura de trabajo, así generando pasos a seguir enfocándose siempre la disminución de los riesgos asociados, que se pueden ocasionar al hacer una medición de aislación sin un procedimiento, como ya se ha dado. Este procedimiento es sumamente necesario, ya que actualmente no está estandarizado el trabajo de pruebas de aislación en este establecimiento, a lo cual se expone a ciertos peligros al trabajador, empresa, infraestructuras, equipos, etc.

Con este procedimiento y manual de uso, se busca adquirir conciencia de lo peligroso que puede ser, llevar a cabo la utilización de estos equipos, y así poder distinguir los riesgos que existen, para poder bajar la probabilidad de accidentes.

1.2. Objetivo general

Desarrollar el procedimiento de trabajo y un protocolo de pruebas para la medición de aislamiento en máquinas eléctricas rotativas en minas subterráneas, utilizando el megóhmetro, con el fin de mejorar la seguridad operativa, reducir riesgos laborales, y optimizar la eficiencia en las operaciones de mantenimiento eléctrico en la Compañía Minera Candelaria.

1.3. Objetivos específicos

- Identificar los riesgos y peligros asociados a la medición de aislamiento en equipos eléctricos rotativos, para establecer medidas preventivas que minimicen la probabilidad de accidentes.

- Diseñar un procedimiento detallado que guíe la ejecución segura y eficiente de pruebas de aislamiento, asegurando el cumplimiento de los estándares internacionales de seguridad eléctrica.

- Confeccionar un protocolo estandarizado para la medición de aislamiento que incluya instrucciones claras sobre el uso del megóhmetro, así como las responsabilidades del personal involucrado en el proceso.

- Entregar los resultados de las pruebas de aislamiento siguiendo el protocolo diseñado, documentando y analizando los resultados obtenidos para validar su efectividad en condiciones reales de operación.

- Evaluar el impacto del protocolo e impacto económico en la reducción de tiempos de inactividad, mejora de la confiabilidad operativa, y disminución de costos asociados a fallos eléctricos, proporcionando un análisis costo-beneficio que justifique su implementación.

1.4. Alcances

Este procedimiento de prueba de mediciones de aislación en específico de motores eléctricos instalados en interior mina ya sea bombas, ventiladores, motores, etc.

Cabe destacar que este tiene como objetivo registrar en qué estado eléctrico se encuentran los equipos, al momento que estos equipos llegan a interior mina, para ser puestos en servicio, ya que siempre existirá la probabilidad de que las maquinas lleguen

con fallas desde fabrica o servicio técnico y sin realizarle pruebas de comisionamiento se pueden poner en servicios un equipo en falla y generar una falla en el sistema eléctrico y provocar perdidas operacionales.

1.5. Justificación

El procedimiento que se desarrollará es sobre la medición de aislación para la habilitación eléctrica de diferentes equipos (motores eléctricos, bombas, ventiladores, etc.). Y así estos equipos se encuentren en condiciones eléctricas para su instalación, ya que en ocasiones llegan equipos defectuosos, sin estas pruebas se puede hacer una instalación de estas en vano, ya que los equipos que llegan no siempre son nuevos si no reparados en caso de motores y bombas, así evitar pérdidas de tiempo, logística y con esto tener un respaldo de las condiciones de los equipos

Respecto del punto de vista práctico, este procedimiento de ser aplicado mejorará las condiciones de desarrollo y producción en la mina subterránea.

1.6. Resumen de capítulos

En el **Capítulo II:** Se realiza una revisión exhaustiva de qué es una medición de aislación, por qué se realiza esta medición, cuál es el objetivo para hacer una medición de aislación, en general es el marco teórico de este proyecto.

En el **Capítulo III:** Se da a conocer el equipo con el que se hicieron estos ensayos, el cual en esta ocasión se realizara la prueba de aislación, en este caso es MIT1025 de la línea Megger, se conoce y se observan todas las funciones de este equipo, se revisa el uso de este equipo, se pueden observar todos los temas relacionados a este equipo.

En el **Capítulo IV**: Se plantea el problema, en este caso el no tener un protocolo de medición de aislación, presentando los riesgos y peligros asociados a esta tarea, poniendo

en evidencia lo necesario que es realizar un procedimiento de esta manera minimizar los riesgos y peligros al realizar una medición de aislación.

En el **Capítulo V**: Se presenta una solución para minimizar peligros y riesgos a este trabajo, siendo este la creación de un procedimiento de medición de aislación este también se presenta como una solución a problemas asociados ya sea administrativos, operativos, y de infraestructuras. Buscando así poder obtener una respuesta que minimice los tiempos en que afecta la operación de la mina.

En el **Capítulo VI:** Se presentas la solución planteada siendo esta la creación de un procedimiento de medición de aislación, observando el impacto económico, considerando el cálculo y análisis del valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y período de recuperación de la inversión (PRI), lo cual proporciona una base sólida para minimizar los riesgos asociados a esta tarea, lo cual muchas veces pueden no tomarse en cuenta, por esto el protocolo es una herramienta útil para informar a los trabajadores, profesionales del área eléctrica, y electricistas quien no estén en conocimiento que es una medición de aislación y cuál es el proceso para realizarlo de forma segura.

En el **Capítulo VII:** Se presentan las conclusiones y recomendaciones, que plasman el desarrollo del presente proyecto de título, con foco en la cronología y el desarrollo de cada uno de los contenidos abordado en los mismos.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Introducción a la medición de aislación

La medición de aislamiento es una prueba fundamental en el mantenimiento preventivo de equipos eléctricos. Este proceso tiene como objetivo principal asegurar que los sistemas eléctricos operen de manera segura y eficiente, al verificar la calidad del aislamiento de los conductores y componentes eléctricos. Un aislamiento adecuado es crucial para prevenir riesgos como cortocircuitos, descargas eléctricas, y fallos operativos que podrían comprometer tanto la seguridad de los operarios como la integridad de los equipos.

Primero se abordarán los conceptos fundamentales relacionados con la aislación en sistemas eléctricos. Esto incluye discutir la importancia de la aislación eléctrica en la prevención de cortocircuitos, descargas eléctricas y otros riesgos asociados con la conducción de corriente eléctrica.

El enfoque se dará en que es una prueba de aislación, también conocida como prueba de resistencia de aislamiento, es un procedimiento utilizado para evaluar la integridad y la calidad del aislamiento en equipos eléctricos. Esta prueba se realiza aplicando una tensión eléctrica específica al equipo y midiendo la resistencia del aislamiento.

El objetivo principal de esta prueba es detectar posibles fallas o debilidades en el aislamiento, como fugas de corriente o cortocircuitos, que podrían comprometer la seguridad y el rendimiento del equipo. Al medir la resistencia de aislamiento, se puede determinar si el equipo cumple con los estándares de seguridad eléctrica y si es necesario tomar medidas correctivas.

Es importante destacar que esta prueba debe ser realizada por personal capacitado y siguiendo los procedimientos adecuados, ya que implica el uso de voltajes peligrosos.

Además, es recomendable realizar pruebas periódicas de aislación eléctrica para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento de los equipos eléctricos.

Para las máquinas que dependen de un motor eléctrico para funcionar, esta es la parte fundamental de la máquina, mientras que el motor eléctrico es el dispositivo que convierte la energía eléctrica en energía mecánica de rotación. La energía rotacional permite accionar diversas máquinas como bombas, ventiladores, compresores y reductores, entre otros, utilizando poleas y otros mecanismos para transmitir movimiento en diversas condiciones de transmisión de movimiento. Existen varios tipos de motores eléctricos, pero el propósito es el mismo, ambos están diseñados para mover una máquina o equipo.

2.2. Importancia de la medición de aislación

La importancia de la medición de aislamiento radica en su capacidad para:

- **Prevenir fallos eléctricos**: Detectar y corregir problemas de aislamiento ayuda a evitar fallos eléctricos que pueden resultar en interrupciones de servicio y costosos daños a los equipos.

- **Garantizar la seguridad**: Un aislamiento adecuado protege a los operarios de descargas eléctricas potencialmente mortales y minimiza el riesgo de incendios.

- **Prolongar la vida útil de los equipos**: La identificación temprana de problemas de aislamiento permite realizar mantenimientos preventivos, lo que prolonga la vida útil de los equipos y reduce el costo de reparaciones y reemplazos.

- **Cumplir normativas**: Asegura que los equipos cumplan con los estándares de seguridad y rendimiento establecidos por normativas internacionales, como las normas IEEE y IEC.

2.3. Objetivos de la medición de aislación

El objetivo de realizar mediciones de aislamiento es evaluar la calidad del aislamiento y detectar posibles fallas o debilidades, antes de que puedan afectar el funcionamiento del equipo. Específicamente, se busca:

- **Identificar fugas de corriente**: La medición de resistencia de aislamiento permite identificar posibles rutas de fuga de corriente que podrían causar cortocircuitos o fallos del equipo.

- **Evaluar la condición del aislamiento**: Determinar si el aislamiento ha sufrido deterioro debido a factores como la humedad, temperatura, contaminación, o envejecimiento.

- **Establecer líneas base para mantenimiento**: Proveer datos de referencia que faciliten el monitoreo continuo del estado del aislamiento y la planificación de acciones correctivas.

2.4. Métodos de medición de aislación

Las mediciones de aislamiento generalmente se realizan utilizando un megóhmetro, que aplica una tensión controlada al equipo y mide la resistencia del aislamiento. Los métodos más comunes incluyen:

- **Prueba de resistencia de aislación (IR)**: Una medida directa de la resistencia del aislamiento al aplicar una tensión específica. Esta prueba es básica para identificar pérdidas de aislamiento.

- **Pruebas de índice de polarización (PI)**: Evalúan la relación entre la resistencia del aislamiento medida a diferentes intervalos de tiempo (usualmente 1 y 10 minutos). Un PI bajo puede indicar problemas de humedad o contaminación. Los valores

óptimos para la prueba se indican en: **Tabla N ° 3.1: Condición de aislamiento DAR.**

- **Pruebas de relación de absorción dieléctrica (DAR)**: Similar al PI, mide la relación de resistencia entre 30 segundos y 1 minuto, proporcionando una rápida indicación del estado del aislamiento.

2.5. Normativas y estándares

El cumplimiento de estándares internacionales es esencial para asegurar la precisión y seguridad de las pruebas de aislamiento. Entre los más relevantes se encuentran:

- **IEEE Standard 43-2013**: Proporciona directrices para la medición de resistencia de aislamiento en máquinas rotativas.

- **IEC 60034-27-1**: Define las pruebas de condición del aislamiento para motores y generadores eléctricos.

2.6. Aplicaciones en la industria minera

En el contexto de la industria minera, las pruebas de aislamiento son vitales para garantizar la seguridad y eficiencia de los equipos eléctricos críticos, como motores, bombas y ventiladores. Estas pruebas ayudan a:

- **Reducir el tiempo de inactividad**: Identificar y reparar problemas de aislamiento antes de que causen fallos operativos.

- **Mejorar la seguridad operativa**: Proteger a los trabajadores de riesgos eléctricos en entornos subterráneos donde las condiciones son especialmente desafiantes.

- **Optimizar el mantenimiento**: Facilitar la planificación de mantenimientos preventivos, minimizando los costos operativos y maximizando la disponibilidad de los equipos.

2.7. Tipos de equipos a los que aplica una prueba

Existen diferentes equipos a los cual se les hace medición de aislación en Candelaria UG estos son motores eléctricos usados en ventiladores tanto ventilación principal como auxiliares, bombas para la recirculación de agua y bombas sumergibles (Grindex de 20 kW, 37 kW), que son instaladas en pozos de drenaje.

Figura N ° 2.1: Ventilador principal 4 esquinas Candelaria SUR.

Fuente: Compañía Minera Candelaria.

Es un motor asincrónico trifásico (llamado ventilador de túnel), y posee una potencia nominal de 90 kW (125 Hp), con un sistema de arranque y control del ventilador que es a través de un partidor suave de marca Schneider eléctric, cuyo alimentador es del tipo superflex multiconductor 3F + T (tierra), de 120 mm^2.

Su conexión es a través de un sistema eléctrico distribuido por un tablero de fuerza (TDF), cuyo interruptor termomagnético trifásico posee una capacidad de corriente de 630 amperes y su cable alimentador es de tipo multiconductor superflex 3 fases más 1 neutro cuya sección es de 240 mm^2.

Figura N ° 2.2: Bombas estacionaria KSB 110L de 90 kW instaladas en un mega pozo minera candelaria NV.120.

Fuente: Compañía Minera Candelaria.

2.7.1. Bombas estacionarias

Es un motor asincrónico trifásico que posee una potencia nominal de 90 kW (125 HP), con un sistema de arranque y control de la bomba que es a través de un variador de frecuencia de marca Schneider electric modelo AT650D9N4E, cuyo cable alimentador es del tipo superflex multiconductor 3 fases más 1 de tierra de 70 mm^2.

Figura N ° 2.3: Placa características de bomba KSB Motor W22.

Fuente: Compañía Minera Candelaria.

2.7.2. Bomba sumergible grindex

Las bombas sumergibles usadas principalmente para drenajes de pozos y recirculación de agua, se utilizan bombas sumergibles de la marca Grindex que posee una potencia nominal de 20 kW, 37 kW, estas son instaladas dependiendo de la necesidad de este recurso, esta bomba viene con 2 cables de salida puntos de conexión y trae 4 cables más un cable termistor y esta cuenta con un sistema de arranque que es un tablero de control de bomba de la marca Valo.

Figura N ° 2.4: Bomba sumergible grindex 37 kW.

Fuente: Compañía Minera Candelaria.

Figura N ° 2.5: Placa característica de bomba sumergible grindex.

Fuente: Elaboración propia a partir de imagen tomada en faena. Grindex AB, Suecia.

2.8. Tipo de conexión de equipos eléctricos

La conexión eléctrica que se realiza en los equipos eléctricos (bombas, ventiladores auxiliares, ventiladores principales, etc.), en interior mina es de conexión en triángulo y se alimenta con un voltaje de 380 V donde su conexión para funcionamiento es 3 fases más conexión de cable tierra en la caja de bornes.

2.9. Equipos para realizar pruebas de aislación

Los equipos para realizar una prueba de aislación a un motor son a utilizar un megóhmetro para realizar la prueba de aislación y un amperímetro para identificar las bobinas que se requieren realizar las mediciones.

2.9.1. Equipo megóhmetro

El medidor de aislamiento, también conocido como megóhmetro, es un dispositivo de prueba eléctrica cuyo propósito es medir la resistencia de aislamiento de diferentes dispositivos eléctricos (motores eléctricos, grupo electrógeno, cables, entre otros), asegurándose de que funcionen correctamente y de manera segura. Al medir la resistencia, el medidor de aislamiento puede identificar problemas potenciales, como cortocircuitos, descargas o fugas de corriente. Esto se debe a que un alto nivel de resistencia generalmente indica que el aislamiento es bueno, mientras que un nivel bajo podría señalar un problema.

El aislamiento es crucial en los sistemas eléctricos, ya que garantiza la seguridad y el rendimiento de dichos sistemas. Entendiendo esto, los aislantes como el plástico, la goma o el vidrio evitan que la electricidad fluya hacia áreas no deseadas, protegiendo así a las personas y los equipos de posibles daños.

En la figura N ° 2.6 se muestra un megóhmetro marca MIT 1025 el cual se ocupará en esta ocasión, pero es aplicable a cualquier megóhmetro del mercado.

Figura N ° 2.6: Megóhmetro MIT 1025 10 kV.

Fuente: Megger Inc. (2023). Megóhmetro MIT1025 – Imagen promocional del producto.

2.9.2. Amperímetro digital

Para completar de forma segura una prueba de aislación se utiliza un amperímetro digital, es un instrumento de medida que ofrece la posibilidad de medir distintos parámetros eléctricos y magnitudes en el mismo aparato. Las más comunes son las de voltímetro, amperímetro y óhmetro.

En la figura N ° 2.7 se mostrará un amperímetro digital fluke 376FC el cual se usará para identificar las bobinas del motor que se realizará la prueba de aislación.

Figura N ° 2.7: Amperímetro digital fluke 376FC.

Fuente: Fluke Corporation. (2023). Pinza amperimétrica Fluke 376 FC.

El Capítulo II ha establecido una base teórica exhaustiva que destaca la importancia de las pruebas de aislamiento como una práctica fundamental en el mantenimiento eléctrico preventivo. Se han explorado conceptos clave relacionados con la calidad del aislamiento, los riesgos asociados a su degradación, y los métodos específicos como las pruebas de resistencia de aislamiento, el índice de polarización (PI) y la relación de absorción dieléctrica (DAR). Asimismo, se han abordado las normativas internacionales que regulan estas prácticas, como las normas IEEE e IEC, subrayando su importancia para garantizar la seguridad y el cumplimiento técnico

Además, el capítulo ha analizado las aplicaciones específicas de estas pruebas en el sector minero, donde la seguridad y la confiabilidad de los equipos son esenciales para mantener la continuidad operativa. Desde motores hasta bombas y ventiladores, las pruebas de aislamiento permiten identificar y mitigar fallos potenciales antes de que impacten las operaciones. Con este marco teórico, se establece un contexto sólido para el análisis detallado del megóhmetro, en esta ocasión se utilizará el megóhmetro MIT 1025 de la marca Megger, que se presenta en el próximo capítulo como la herramienta seleccionada para ejecutar estas pruebas bajo condiciones mineras exigentes.

CAPÍTULO III
FUNDAMENTOS TÉCNICOS Y PROCEDIMIENTO PARA PRUEBAS DE AISLACIÓN

El megóhmetro que se utilizara en esta ocasión es el modelo MIT 1025 es parte de la línea de probadores de resistencia de aislamiento (IRT, Insulation Resistance Testers) que cuenta varios modelos (MIT 515, MIT 525, MIT 1025, MIT 1525), entre estos el MIT 1025 está en la categoría de 20 TΩ (10 kV). (Megger, 2021).

3.1. Características

- 10 TΩ (5 kV), 20 TΩ (10 kV) máxima resistencia, 30 TΩ para MIT1525.
- MIT525, MIT1025, MIT1525 pruebas de diagnóstico y sobrevoltaje - PI, DAR, DD, SV y prueba de rampa.
- Opera y se carga conectado a la fuente de energía/red eléctrica (excepto durante la prueba).
- Batería ligera de ion de litio.
- Índice de seguridad CATIV 600 V (5 kV, 10 kV), CATIV 1000 V (15 kV).
- Memoria avanzada, con indicador de hora/fecha.
- Voltímetro de CC y CA (30 V a 660 V).
- Pantalla LCD grande con luz de fondo.
- Descarga de resultados y registros guardados mediante el cable USB aislado (solo para MIT525, MIT1025 y MIT1525).
- PowerDB Lite software compatible con MIT525, MIT1025 and MIT1525.

3.2. Controles, indicadores y accesorios del instrumento

En la figura N ° 3.1 se muestra el panel frontal del megóhmetro MIT1025, que se usará para hacer las pruebas de aislamiento eléctrico.

Figura N ° 3.1: Panel frontal megóhmetro MIT1025

Fuente: Megger (2021).

1. Terminal positiva (+).
2. Terminal GUARD.
3. Terminal negativa (-).
4. Interfaz del dispositivo USB.
5. Cuatro botones de flecha y un botón OK.
6. Botón TEST con luz de advertencia HV relacionada.
7. Botón para luz de fondo.
8. Interruptor giratorio central.
9. Botón para guardar en MIT525, MIT1025 y MIT1525.
10. Interruptor giratorio para el modo de prueba.
11. LED que indica fuente de energía/red eléctrica.
12. Pantalla.
13. Tomacorriente.
14. Conexión a tierra funcional – sólo MIT1525.

En la figura N ° 3.2, se muestra la pantalla de megóhmetro MIT1025, que es una pantalla electrónica donde muestra todo el panel de control, resultados y parámetros del megóhmetro.

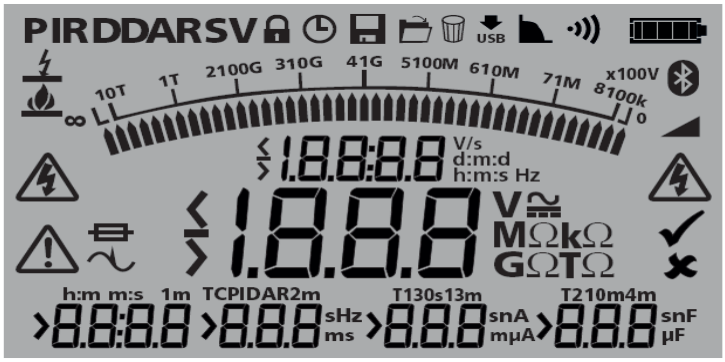


Figura N ° 3.2: Pantalla megóhmetro MIT1025.

Fuente: Megger (2021).

Simbología de la pantalla de megóhmetro MIT1025 muestra toda la información del megóhmetro, donde se puede elegir que prueba hacer, nivel de batería, registro de condiciones, etc. (Ver en la figura N ° 3.2).

V	Voltaje de bloqueo definido por el usuario		Borrar registros
	Temporizador	USB	Descargar vía USB
	Guardar		Filtrar
	Abrir registros		Alarma
	Batería		Modo de falla (Brd)
	Prueba de rampa		Modo de quemado
	Peligro HV		Consulte el manual
	Fusible		Ruido detectado

Figura N ° 3.3: Simbología display megóhmetro MIT1025.

Fuente: Megger (2021).

Los cables de prueba de aislamiento están equipados con un bloqueo para reducir la probabilidad de desconexión fortuita. Evitando posibles descargas eléctricas al usuario en la desconexión fortuita durante la prueba a un cable de media tensión, que puede producir una descarga mortal residual. Se evidencian los cables en las figuras N ° 3.4 y figura N ° 3.5 y el bloqueo en la figura N ° 3.6.

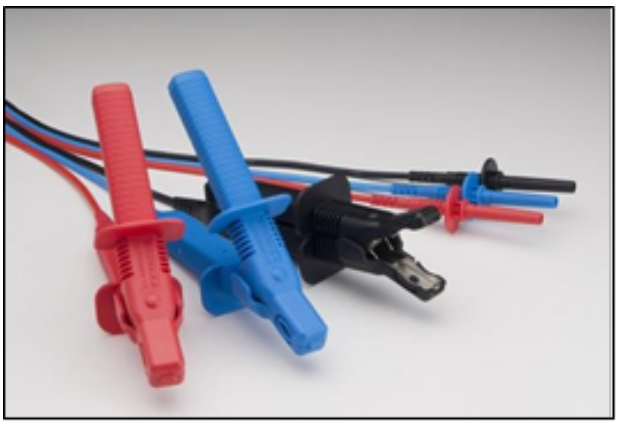


Figura N ° 3.4: Tipo de cable.

Fuente: Megger (2021).

Figura N ° 3.5: Prueba de acuerdo con la norma IEC para determinar la distancia de fuga y holgura.

Fuente: Megger (2021).

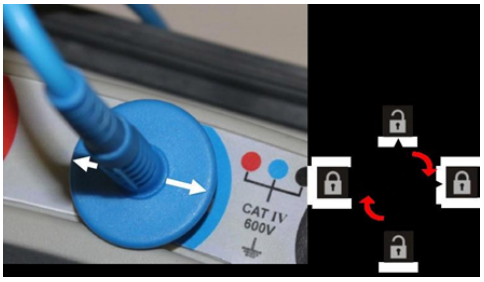


Figura N ° 3.6: Salida desde el equipo Megger.

Fuente: Megger (2021).

3.3. Instrucción de uso del equipo

El comprobador de resistencia de aislamiento (IRT) MIT515, MIT525, MIT1025, MIT1525 controlado principalmente por dos interruptores giratorios y un botón de prueba para iniciar y detener la prueba del dispositivo.

El interruptor giratorio se mueve tanto en el sentido de las agujas del reloj como en el sentido contrario a las agujas del reloj opuesto a esta posición. Tiene una tensión de prueba para comprobar la resistencia de aislamiento hasta 5 kV para MIT515/MIT525, hasta 10 kV MIT1025 y hasta 15 kV para MIT1525, incluido el rango de voltaje disponible para el usuario seleccionable y se puede configurar de 100 V a 5000 V o 10000 V dependiendo del modelo. El rango de tensión de prueba se puede ajustar en la función de configuración.

La función de ajuste está marcada con el icono de llave inglesa que permite ajustar el voltaje de bloqueo, alarma baja resistencia, temperatura y tiempo/día. La parte de color azul en el interruptor giratorio indica funciones de memoria y se abre el registro, que puede ser descargado a través de USB. Los Modelo MIT525, MIT1025 y MIT1525 tienen un botón especial para descargar los archivos y todos los modelos tienen botones para la iluminación de la pantalla.

El segundo interruptor giratorio controla el modo de prueba de aislamiento proporcionando las siguientes pruebas:

- Todos los modelos tienen diferentes tipos de pruebas básicas de resistencia aislamiento IR, resistencia de histéresis IR (t), coeficiente de absorción dieléctrica (DAR) e índice polarización (PI).

- En los modelos MIT525/MIT1025/MIT1525 se agrega la función descarga dieléctrica (DD), tensión de paso (SV), y test de linealidad.

Un grupo de botones de flecha y el botón OK, se utilizan para funciones de configuración y memoria flechas arriba/abajo, también le permiten ajustar el voltaje que se utilizará al realizar la prueba. Antes de iniciar la prueba IR o IR (t), se presiona el botón de iniciar que se indica como la flecha izquierda contra el nivel de voltaje seleccionado en el interruptor central, el interruptor giratorio activa el modo de grabación. Desactivar el modo de grabación al cambiar el rango de voltaje o el modo o al presionar el botón de reinicio flecha derecha/error.

El interruptor giratorio izquierdo selecciona el tipo de prueba de aislamiento (interruptor de modo de prueba). El botón TEST inicia y detiene una prueba. Se muestra en figura N ° 3.7

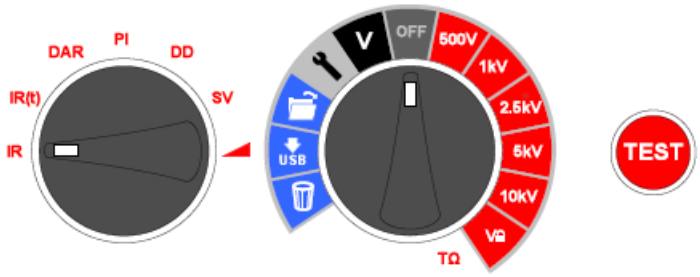


Figura N ° 3.7: Megóhmetro en selección off.

Fuente: Megger (2021)

Cuatro botones de flecha y OK facilitan el ajuste y selección de configuraciones, voltajes y modos, los modos de falla/quemado, se configuran con los botones de flecha izquierda y derecha (figura N ° 3.8), y la función de luz de fondo y guardar son botones especializados ya que no todos los modelos tienen una luz de fondo (modelos con luz de fondo MIT525 y MIT1025).

Figura N ° 3.8: Botonera de comandos.

Fuente: Megger (2021)

3.4. Control del instrumento

Es importante configurar el reloj de tiempo real (RTC en inglés), en los modelos MIT525, MIT1025 y MIT1525, para asegurar de que los registros almacenados en el dispositivo estén en la hora y fecha exacta. El MIT515 no requiere configuración de fecha y hora RTC ya que posee su propia batería para mantenimiento instalado incluso con la batería principal extraída.

Para ajustar la hora y fecha, se debe seleccionar la función de configuración en el interruptor giratorio central y cambie el interruptor giratorio de modo a IR (ver figura N°3.9). Se navega con las flechas izquierda/derecha hasta donde se encuentra la fecha y la hora en la pantalla ajustando la fecha actual.

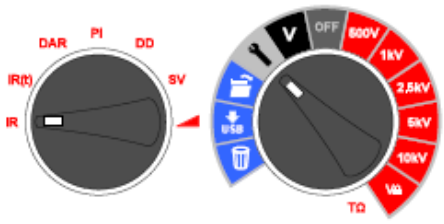


Figura N ° 3.9: Megóhmetro en selección ajustes.

Fuente: Megger (2021)

3.5. Prueba de aislación

Antes de probar cualquier carga reactiva se debe desenergizar el equipo a probar por completo.

Se recomienda siempre extremar las precauciones al conectar los cables con el sistema a realizar la prueba. El aislamiento puede presentar variaciones o tensión inducida y esta prueba debe ser con prácticas de trabajo seguras y apropiadas.

Al conectar los cables de prueba antes de comenzar la prueba, cualquier voltaje de 50 V o más se mostrará en la pantalla con el símbolo ruido detectado, esto es muy probable en ambientes con altos niveles de ruido eléctrico.

La presencia de ruido eléctrico se debe a que la corriente fluye a través de las resistencias dentro del equipo, si el nivel de ruido se vuelve excesivo y excede la clasificación del instrumento, puede dañar el instrumento.

En la figura N ° 3.10 se muestra el botón test, el cual es el botón para el inicio de las pruebas a realizar.

Figura N ° 3.10: Botón TEST de inicio de prueba.

Fuente: Megger (2021).

Como precaución se debe destacar que la corriente se puede almacenar en cargas reactivas que actúan como capacitores o inductores, y esto puede ser mortal.

La pantalla muestra el resultado final de la prueba de resistencia, la capacitancia, la corriente de prueba y la constante de tiempo (TC, por sus siglas en inglés), además de la duración de la prueba.

3.6. Modos de medición

3.6.1. Prueba de IR rápida

Elegir IR, luego pregunta por el voltaje de prueba, rango de voltaje preestablecido en el interruptor giratorio central o rango de voltaje V que el usuario puede configurar/bloquear. Todos los rangos de voltaje establecidos excepto V son posibles ajustar con los botones de flecha hacia arriba y hacia abajo antes de la prueba, compruebe IR e IR(t). Se mantiene presionado el botón de test (5 segundos), para iniciar la medición.

Para ajustar el voltaje bloqueo V, el usuario enciende el interruptor girando el centro hacia configurar y cambie el modo a IR, establecer voltaje 5000 V parpadeará y puede cambiar con los botones arriba/abajo. Cuando fije el voltaje máximo deseado, presione OK para guardar parámetros, esta configuración permanecerá restablecida.

Al finalizar la prueba, se calcula y se muestra la capacitancia de aislamiento (C) y la constante de tiempo (TC), asociadas a ella.

3.6.2. Pruebas de IR temporizada

Prueba IR(t) se configurará el tiempo de prueba, hay un tiempo predeterminado por el temporizador, el tiempo predeterminado es 1 minuto y se puede ajustar este tiempo en la función de ajuste (figura N ° 3.11). Esta función el usuario debe mirar la pantalla durante la duración de la prueba, lo cual después de 1 minuto se puede saltar la lectura.

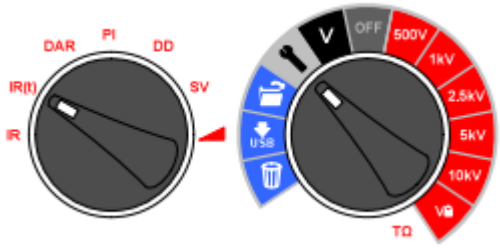


Figura N ° 3.11: Configuración en IR (t).

Fuente: Megger (2021)

En esta prueba se configura el interruptor giratorio central a la posición de configuración se debe seleccionar en IR (t) en el interruptor giratorio para el modo de prueba. El tiempo predeterminado de 1:00 minuto parpadeará indicando al usuario que seleccione un nuevo tiempo con los botones de flecha arriba/abajo. Se pulsa botón ok para establecer la duración de la prueba y se establece el interruptor giratorio central al voltaje de prueba deseado y se mantiene presionado el botón TEST para iniciar la prueba.

3.6.3. Pruebas de aislamiento de DAR Y PI

Las pruebas DAR y PI son mediciones de resistencia a lo largo del tiempo, expresado como la relación de resistencia en el tiempo t2 dividido por la resistencia tiempo t1 lo cual se configura como muestra la figura N ° 3.12. Se dice que la resistencia de aislamiento no varía mucho en el tiempo, por lo que el valor de la prueba para DAR y/o PI si bien es independiente de la temperatura debe hacerse en temperatura igual o inferior 40 ° C, 104 ºF para mantener esta predicción.

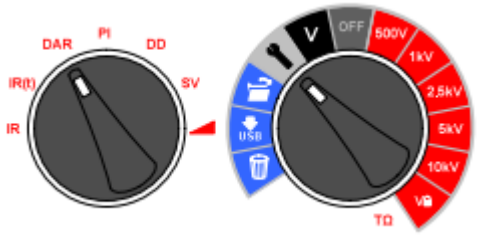


Figura N ° 3.12: Configuración en DAR.

Fuente: Megger (2021).

Los temporizadores t1 y t2 para DAR y PI se configuran seleccionando DAR y PI en modo de prueba, con el interruptor giratorio central primero se configura el tiempo t1, luego el tiempo t2. Los botones de flecha arriba y abajo se utilizan para cambiar el valor t1 y t2 a valores predeterminados y con el botón OK confirma cada configuración.

La tensión de prueba de aislamiento seleccionada para DAR y PI en el interruptor giratorio central, se configura con el interruptor de voltaje y es inverso al voltaje de prueba de aislamiento requerido, la prueba comienza presionando el botón TEST e inicia la prueba de DAR/PI.

DAR se define como la relación entre la resistencia de aislamiento y 1 minutos divididos por la resistencia de aislamiento en 30 segundos, aunque la prueba DAR de 1 minuto y 15 segundos también es popular.

Se muestra en la tabla N ° 3.1. el nivel de la condición del asilamiento DAR.

Tabla N ° 3.1: Condición de aislamiento DAR.

$DAR = IR_{60seg.} / IR_{30\ seg.}$	
Condición del Aislamiento	**Resultado de DAR**
Deficiente	< 1
Aceptable	De 1 a 1.4
Excelente	De 1.4 a 1.6

Fuente: Megger (2021)

Según la Norma IEEE 43-2000, la prueba recomendada de resistencia de aislamiento define PI como factor de resistencia de aislamiento después de 10 minutos dividido por resistencia de aislamiento durante 1 minuto:

$$PI = IR_{10\ min} / IR_{1\ min.}$$

Si IR1 min. > 5 TΩ el PI puede no ser un indicador de la condición del aislamiento y por lo tanto no lo recomienda el estándar IEEE. 43 (ver la tabla N°3.2).

Tabla N ° 3.2: Condición de aislamiento PI.

Condición del Aislamiento	Resultado de PI
Deficiente	< 1
Cuestionable	De 1 a 2
Aceptable	De 2 a 4
Bueno	> 4

Fuente: Megger (2021).

La IEC60085-01:1984 considera como aceptables los resultados de PI > 1.5 para la clasificación de la clase térmica A, y los resultados de PI > 2.0 para la clasificación de las clases térmicas B, F y H.

3.7. Uso del Megóhmetro MIT1025

El uso adecuado del MIT1025 es fundamental para obtener resultados precisos y asegurar la seguridad del usuario:

- **Preparación del equipo**: Antes de realizar una prueba, es crucial verificar que el equipo esté des energizado y correctamente aislado.

- **Conexión de cables de prueba**: Conectar los cables de prueba de manera segura al dispositivo bajo prueba, asegurándose de que estén firmemente fijados para evitar desconexiones accidentales.

- **Selección del modo de prueba:** Seleccionar el modo de prueba adecuado según el objetivo de la medición (por ejemplo, IR, PI, DAR).

- **Realización de la prueba:** Iniciar la prueba y monitorear los resultados en la pantalla del dispositivo. El MIT1025 proporcionará lecturas de resistencia, capacitancia y otros parámetros relevantes.

- **Análisis de resultados**: Una vez completada la prueba, analizar los resultados para determinar el estado del aislamiento. Valores bajos de resistencia pueden indicar problemas que requieren atención inmediata.

3.8. Aplicaciones del Megóhmetro MIT1025

El MIT1025 es utilizado en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo:

- **Mantenimiento de motores** Eléctricos: Evaluar el estado del aislamiento en motores y generadores, asegurando su funcionamiento seguro y eficiente.

- **Pruebas en cables de alta tensión**: Verificar la integridad del aislamiento en cables eléctricos, identificando posibles fallas antes de que se conviertan en problemas críticos.

- **Evaluación de transformadores y equipos de potencia**: Proporcionar datos críticos para el mantenimiento y la operación segura de equipos de potencia en plantas industriales y mineras.

3.9. Ventajas del Megóhmetro MIT1025

El MIT1025 ofrece numerosas ventajas para los profesionales del mantenimiento eléctrico:

- **Precisión y confiabilidad:** Ofrece mediciones precisas y confiables que son fundamentales para la toma de decisiones informadas en el mantenimiento de equipos eléctricos.

- **Facilidad de uso**: Su diseño intuitivo y su interfaz amigable permiten a los técnicos realizar pruebas de manera eficiente, reduciendo el tiempo de entrenamiento necesario.

- **Portabilidad y robustez**: Diseñado para resistir entornos difíciles, el MIT1025 es portátil y robusto, ideal para su uso en campo.

El Capítulo III ha proporcionado una descripción técnica detallada del megóhmetro MIT1025, resaltando su capacidad para realizar mediciones precisas de aislamiento en equipos eléctricos críticos bajo condiciones adversas, como las presentes en la minería subterránea. Este instrumento destaca por su capacidad de operar a tensiones de prueba de hasta 10 kV, su diseño robusto y portátil, y su compatibilidad con pruebas avanzadas como PI, DAR y descargas dieléctricas (DD). Estas características lo posicionan como una herramienta indispensable para evaluar la integridad de los equipos eléctricos y prevenir fallas que podrían comprometer la seguridad operativa.

El capítulo también ha detallado los procedimientos de uso, desde la configuración inicial hasta el análisis de resultados, asegurando que las pruebas se realicen con la máxima eficiencia y precisión. Además, se han discutido las ventajas del MIT1025 en términos de portabilidad, robustez y compatibilidad con normativas internacionales. Esta información técnica será esencial para el diseño e implementación de un protocolo estandarizado de pruebas de aislamiento, tema que se aborda en los siguientes capítulos, con énfasis en mejorar la seguridad, minimizar los tiempos de inactividad y optimizar los costos asociados al mantenimiento eléctrico en Minera Candelaria.

CAPÍTULO IV
PLANTEAMIENTO DE LA PROBLEMÁTICA

4.1. Introducción

En interior de mina Candelaria, existe una gran cantidad de motores, ventiladores, bombas, etc. equipos que son de carácter crítico, ya sea ventilación principal, bombas de control y drenaje de agua de perforación, etc.

A estos se les requiere hacer pruebas eléctricas, como una prueba de aislación antes de ser instalados, o para mantención o descartar posibles fallas, estos equipos llegan para ser instalados son de diversas fuentes, equipos nuevos, tanto como equipos reparados, los cuales sin importan su procedencia es importante hacer una prueba eléctrica de aislación. Ya que se desconoce el proceso de traslado por si tuvo algún golpe o algunas anomalías en el trayecto y no cuenta con documento que acredite que se le aplico alguna prueba de aislación y los equipos nuevos que se ingresan no vienen con su documentación de aislación de motor, por lo tanto, es importante hacer una prueba de aislación a estos equipos.

Según experiencias pasadas han sucedido ocasiones que no se han hecho pruebas de aislación a estos equipos, e instalados estos equipos defectuosamente, y al momento de poner en servicio cualquiera de estos equipos no funciona, perdiendo así tiempo, logística, diferentes perdidas operacionales, interferencias, etc. Afectando a la producción diaria de la mina.

Por lo tanto, es importante hacer un plan para que los equipos críticos, ante una falla sean cambiado con éxito y de manera que afecte en lo menos posible la producción de la mina, dado esto se dará a conocer cuáles son los equipos más críticos y se profundizará en el proceso de trabajo.

La empresa de servicios en interior mina, están a cargo del mantenimiento, instalación y operación, ya sea de agua de perforación, ventilación, y suministro eléctrico de servicios críticos en interior mina.

Las bombas de los mega pozos son equipos críticos en interior mina, ya que estos suministran agua de perforación a toda la mina, si alguno queda fuera de servicio y se necesita el cambio de estas bombas, este trabajo lleva alrededor de 18 horas de trabajo aproximadamente, de este tiempo la mayor parte es para drenaje del mega pozo (aproximadamente 10 horas), para así poder llegar al lugar donde están instaladas las bombas, se le suman 2 horas más para el retiro de la bomba, 2 horas más para la instalación, 3 horas para preparación de la conexión de la bomba y 1 hora para recuperación de agua de perforación en los niveles.

Otro servicio critico de la mina, es la ventilación, tanto principal como auxiliares, las cuales son sumamente importantes, para la ventilación principal, son extractores instalados a piso los que extraen el aire contaminado de la mina, tanto como otros suministran aire no viciado a interior mina, el funcionamiento de ellos son un requisito para hacer ingreso a la mina. Estos ventiladores al ser tan crítico siempre tienen que estar en funcionamiento, por lo tanto, el cambio ante una falla tiene que ser de inmediato y en el menor tiempo posible, un cambio lleva alrededor de 15 horas de trabajo, dividiéndose 5 horas de desconexión y retiro del motor, 5 horas de instalación, 2 horas para preparación y alineamiento, 3 horas de preparación eléctrica como el conexionado, etc.

Otro servicio critico es la ventilación auxiliar, son ventiladores instalados a techo dispuestos para la ventilación o extracción de aire de niveles de trabajos como galerías de exploración, galería de extracción, etc. Los que sirven para ventilación y regular la temperatura de trabajo, estos son críticos su funcionamiento en estos trabajos, sin ellos no se puede realizar el trabajo, en su mayoría estos son instalados por la empresa de desarrollo, y la empresa de servicios eléctricos, que es la que hace el conexionado y lo pone en servicio.

Este proceso de trabajo demora aproximadamente 9 horas, los que se dividen en 1 hora de desconexión, 3 horas de retiro y 3 horas de instalación por parte de personal desarrollo y 2 horas de preparación, conexión y puesta en servicio.

4.2. Principales fallas en equipos en Minera Candelaria

En la operación diaria de la Minera Candelaria, los equipos como motores, bombas y ventiladores son esenciales para mantener la productividad y seguridad. Sin embargo, estos equipos son susceptibles a fallas que pueden interrumpir las operaciones y generar costos adicionales. Las fallas se pueden clasificar en dos categorías principales: mecánicas y eléctricas.

4.2.1. Fallas mecánicas

Las fallas mecánicas son comunes en equipos rotativos y pueden deberse a varios factores:

- **Desgaste de sello mecánico:** El desgaste de los sellos mecánicos puede provocar fugas de fluidos, lo que afecta la eficiencia del equipo y puede causar daños adicionales si no se detecta y corrige a tiempo.

- **Desalineación de motor**: La desalineación entre el motor y la carga puede generar vibraciones excesivas, aumentando el desgaste de los componentes y reduciendo la vida útil del equipo.

- **Cojinetes agripados por falta de engrase**: La falta de lubricación adecuada en los cojinetes puede causar que estos se agripen, lo que lleva a un funcionamiento ineficiente del equipo y puede resultar en un fallo total si no se atiende oportunamente.

4.2.2. Fallas eléctricas

Las fallas eléctricas pueden ser igualmente críticas, impactando la capacidad de los equipos para operar de manera segura y eficiente:

- **Pérdida de Aislación en las bobinas:** La degradación del aislamiento en las bobinas de los motores puede provocar cortocircuitos, descargas eléctricas, y fallos en el funcionamiento del equipo. Esta pérdida de aislamiento puede ser resultado del envejecimiento del material, exposición a altas temperaturas, o contaminación por humedad o productos químicos.

Cabe destacar que un fallo ocasiona perdidas operacionales en la mina, por lo tanto, una descoordinación de este trabajo afecta demasiado a los procesos mineros, por lo cual es importante tomar medidas en el caso.

Otra información importante, es que los equipos de la empresa mandante, en este caso Candelaria, si bien dada una falla ocasiona una perdida operacional, afecta de menor medida, ya que debido a que tienen más niveles los cuales pueden perforar, dado el caso de una falla, se traslada a otro nivel minimizando el tiempo de perdida operacional.

Dada esta información, se puede plasmar una perdida operación o perdida de tarea, que son ocasionadas por falta de ventilación o sin agua de perforación, estas pérdidas operacionales repercuten mediante a costos, ejemplificando los cobros de la empresa a cargo de los desarrollos.

Dicha pérdida se dio el día 21 de noviembre del 2023, esta falla fue de baja aislación de bomba principal de mega pozo nivel 280, esto afecta a la perforación de la empresa a cargo de los desarrollos, por lo tanto, es necesario el cambio de dicha bomba.

Este cambio se realiza durante 18 horas aproximadamente, pero esta vez se realizó en 25 horas, dado que la bomba instalada no fue medida su aislación por un problema de comunicación de traspaso de turnos siendo esta medida una vez instalada y dando baja aislación para su funcionamiento, esto ocasiono que se debió cambiar nuevamente la bomba, dando así una pérdida de 25 horas, lo cual afecto en los desarrollos de frente de extracción.

Como se muestra en la tabla N ° 4.1 una falla operacional, ocasiona para la empresa mandante una cantidad exorbitante de pérdida en dinero, estas pérdidas son importantes solucionarlas y aumentar la confiabilidad de la instalación de un equipo.

Tabla N ° 4.1: Falla operacional.

N ° de disparos logrados	N ° de disparos perdidos	Turnos de preparación	Duración de perdida (horas)	Proceso afectado	Valor de disparo (US$)	Total, de cobro (US$)	Multa por no realizar disparos (US$)	Total, perdida pagada por Candelaria (US$)
0	5	A, B, A	25	Desarrollo	40.280	201.400	31.800	233.200

Fuente: Compañía Minera Candelaria. (2023)

4.3. Resolución de la problemática

Debido a los diferentes acontecimientos y experiencias pasadas se deben generar procesos de pruebas de resistencia de aislación eléctrica de los equipos a instalar, para no generar procesos de trabajo vano y fallidos. Esta solución es hacer un protocolo el que da conocimiento de cómo efectuar una prueba de aislación, este procedimiento establece todos los pasos de trabajo que deben ser efectuados para realizar una prueba de aislación eléctrica, esta dicta pautas básicas para eliminar o minimizar los riesgos causantes de incidentes, accidentes, lesiones graves o fatales, daño a equipos y contaminación

ambiental. Este protocolo aumentará la confiabilidad de instalación del equipo y que el equipo a instalar está en buenas condiciones eléctricas.

Ya en conocimiento de los equipos que se les hará una prueba de aislación en Candelaria proyecto UG, se procederá hacer el protocolo para realizar una prueba de aislación.

4.4. Solución propuesta

Para mitigar estos problemas, es necesario establecer un protocolo detallado para las pruebas de aislamiento que incluya:

- **Estándares de prueba claros**: Definir los estándares de prueba de aislamiento y los procedimientos para garantizar que todos los equipos se prueben adecuadamente antes de su instalación.

- **Capacitación del personal**: Asegurar que todo el personal involucrado en el mantenimiento y operación de los equipos esté adecuadamente capacitado para realizar y evaluar las pruebas de aislamiento.

- **Documentación y seguimiento**: Implementar un sistema de registro que documente todas las pruebas realizadas y sus resultados, facilitando el seguimiento y análisis de la condición de los equipos a lo largo del tiempo.

- **Mejoras en la comunicación**: Establecer procedimientos claros para el traspaso de información durante los cambios de turno para asegurar que el mantenimiento y las pruebas se realicen sin interrupciones.

4.5 Beneficios esperados

La implementación de un protocolo robusto para pruebas de aislamiento resultará en:

- **Mejora de la confiabilidad operativa**: Al identificar y corregir problemas antes de que resulten en fallas, se mejora la continuidad operativa de los equipos.

- **Reducción de costos**: Disminuir el tiempo de inactividad y los costos asociados con reparaciones de emergencia, así como minimizar las pérdidas de producción.

- **Aumento de la seguridad**: Reducir el riesgo de accidentes y mejorar la seguridad del personal al asegurar que los equipos funcionen de manera confiable y segura.

El Capítulo IV ha identificado y analizado de manera exhaustiva los principales desafíos asociados a la ausencia de un protocolo estandarizado para las pruebas de aislamiento eléctrico en equipos críticos utilizados en la operación subterránea de Minera Candelaria. A través de ejemplos concretos, se han evidenciado las consecuencias operacionales y económicas derivadas de la falta de procedimientos claros, tales como fallas inesperadas en equipos recién instalados, pérdidas de tiempo en la producción y el impacto negativo en los costos asociados a las interrupciones prolongadas.

La problemática se profundiza al considerar los riesgos adicionales para la seguridad de los trabajadores, quienes pueden verse expuestos a condiciones peligrosas debido a la falta de pruebas adecuadas. Por otro lado, se ha resaltado la necesidad de coordinar y optimizar los procesos de comunicación entre turnos y áreas involucradas, para evitar errores en la transferencia de información crítica que afecten la confiabilidad de las operaciones.

Este capítulo subraya la importancia de implementar un protocolo estructurado que no solo permita minimizar riesgos y pérdidas, sino que también asegure un estándar uniforme de calidad y seguridad en todas las etapas del mantenimiento eléctrico. Con este marco analítico, se sientan las bases para la propuesta de solución detallada en los capítulos siguientes, enfocada en el diseño e implementación de un protocolo de pruebas de aislamiento que responda de manera efectiva a las necesidades operativas, económicas y de seguridad de la compañía. Esta solución busca no solo mitigar los riesgos identificados,

sino también optimizar los procesos para garantizar un impacto positivo en la sostenibilidad y productividad de las operaciones mineras.

CAPÍTULO V
PROCEDIMIENTO TÉCNICO DE PRUEBA DE AISLACIÓN CON EL MEGÓHMETRO MIT1025

Este capítulo presenta la confección de un manual de procedimientos eléctricos para la "Prueba de Aislación a Equipos Eléctricos" en Minera Candelaria UG. Este protocolo busca establecer un estándar para realizar pruebas de aislamiento, mejorar la seguridad operativa, y minimizar los riesgos asociados con el mantenimiento y operación de equipos eléctricos críticos.

5.1. Introducción

El objetivo principal de este protocolo es estandarizar los procedimientos para realizar pruebas de aislamiento eléctrico en equipos críticos de la mina, como motores, bombas y ventiladores. Este documento está diseñado para guiar a los electricistas y personal relacionado en la ejecución segura y eficiente de estas pruebas, asegurando que los equipos funcionen correctamente y minimizando el riesgo de fallas.

5.2. Objetivo

El procedimiento tiene como objetivo establecer los pasos de trabajo necesarios para realizar pruebas de aislamiento, eliminando o minimizando los riesgos que pueden causar incidentes, accidentes, lesiones graves, daños a los equipos y contaminación ambiental. Además, busca reducir el tiempo necesario para llevar a cabo estas actividades.

5.3. Alcance

Este protocolo se aplica a todos los supervisores, electricistas de Candelaria UG, personal contratista y cualquier otro personal que participe en las pruebas de aislamiento de equipos eléctricos.

5.4. Documentos relacionados

El procedimiento para la "Prueba de Aislación a Equipos Eléctricos" en Minera Candelaria UG, se fundamenta en una serie de documentos y regulaciones que establecen los estándares y prácticas necesarias para asegurar la seguridad y eficacia del proceso. A continuación, se presentan los documentos más relevantes (ver la tabla N ° 5.1).

Tabla N ° 5.1: Documentos relevantes.

CODIFICACIÓN	NOMBRE DEL DOCUMENTO/REGULACIÓN
DP0st014	Requisito para Energización de Equipos o Instalaciones: Establece los procedimientos necesarios para asegurar la energización segura de los equipos, garantizando que se cumplan todos los requisitos técnicos y de seguridad antes de la puesta en marcha.
GAArg001	Reglamento de Tránsito en Faenas del Distrito Candelaria: Regula el movimiento de vehículos y personal dentro del área de la mina, asegurando que se sigan las normas de tránsito y se minimicen los riesgos asociados con el transporte de equipos y materiales.
MCEpr022	Mantención y Reparación de Cubículos MCC: Proporciona directrices para el mantenimiento y reparación de cubículos de control de motores (MCC), asegurando que estos sistemas críticos funcionen correctamente y de manera segura.
MCEpr032	Inspección y Prueba en Motores Eléctricos: Establece los procedimientos para la inspección y prueba de motores eléctricos, asegurando que se identifiquen y corrijan problemas potenciales antes de su operación.
PMArg001	Manejo de Residuos Sólidos: Describe los procedimientos para la correcta gestión de los residuos generados durante las actividades de mantenimiento y pruebas, garantizando su disposición adecuada y minimizando el impacto ambiental.
PMArg002	Manual de Buenas Prácticas Ambientales: Proporciona lineamientos para llevar a cabo las actividades operativas de manera sostenible, minimizando el impacto ambiental y cumpliendo con las normativas ambientales vigentes.

Tabla N ° 5.1: Continuación.

CODIFICACIÓN	NOMBRE DEL DOCUMENTO/REGULACIÓN
PMApr017	Reporte e Investigación de Incidentes Ambientales: Establece el procedimiento para reportar e investigar cualquier incidente ambiental, asegurando que se tomen medidas correctivas oportunas para prevenir recurrencias.
PSAfm015	Análisis de Riesgo Operacional (ARO): Herramienta utilizada para identificar y evaluar los riesgos operacionales asociados con las pruebas de aislamiento, permitiendo implementar medidas de control adecuadas para mitigar dichos riesgos.
PSAfm021	Evaluación y Control de Riesgos (PRE-TAREA): Protocolo para evaluar los riesgos antes de comenzar cualquier tarea, asegurando que todos los participantes estén conscientes de los peligros potenciales y las medidas de prevención necesarias.
PSArg011	Reglamento de Bloqueo, Tarjeteo y Prueba (LOTOTO): Establece los procedimientos para bloquear y etiquetar equipos durante las intervenciones, asegurando que no se energicen involuntariamente y protegiendo así la seguridad del personal.
DS 08	Reglamento de Seguridad de las Instalaciones de Consumo de Energía Eléctrica: Proporciona normas para asegurar que las instalaciones eléctricas cumplan con los estándares de seguridad y operación.
DS 132	Reglamento de Seguridad Minera: Normativa que establece las condiciones de seguridad que deben cumplirse en las operaciones mineras para proteger a los trabajadores y el entorno.
NFPA 70E	Normas para Seguridad Eléctrica en el Lugar de Trabajo: Proporciona pautas para la implementación de prácticas seguras al trabajar con equipos eléctricos, reduciendo el riesgo de accidentes eléctricos.

Fuente: Compañía Minera Candelaria.

5.5. Responsabilidades

Las responsabilidades dentro del distrito incluyen:

- Conocer, respetar y hacer cumplir este manual de procedimientos.
- Directores y gerentes de área.
- Gerencia de Prevención de Riesgos.
- Subgerente Eléctrico.
- Jefe de Área, Supervisores Electricistas CCMC y de Empresas Contratistas.
- Personal Electricista.

5.6. Procedimiento operativo

Este conjunto de instrucciones describe detalladamente cómo llevar a cabo una medición de aislación a un equipo eléctrico en Minera Candelaria UG. Este procedimiento estandariza y optimiza las operaciones, garantizando el cumplimiento de los pasos correctos y estándares de calidad requeridos.

5.7. Recursos

Esta sección detalla los recursos necesarios para llevar a cabo las pruebas de aislamiento en equipos eléctricos críticos de manera eficiente, segura y conforme a las normativas. Se incluye el personal capacitado, elementos de seguridad, herramientas y equipos de apoyo indispensables para ejecutar estas tareas bajo las condiciones exigentes de la operación minera.

5.7.1. Humanos

El éxito en la realización de las pruebas de aislamiento depende del equipo humano especializado, cuya capacitación asegura la ejecución precisa y segura de las tareas:

- Electricista Especialista.
- Electricista de apoyo capacitado en RCP, primeros auxilios, uso de extintores y activación de llamados de emergencia.

5.7.2. Elementos de seguridad

La seguridad del personal es prioritaria en todas las actividades realizadas en el entorno minero. Los elementos de seguridad necesarios incluyen:

- Casco dieléctrico.
- Barbiquejo con puntas plásticas.
- Lentes de seguridad claros o fotocromáticos.
- Protector facial/mascarilla.
- Balaclava, careta.
- Guantes de cabritilla/anticorte.
- Guante dieléctrico con protección mecánica Clase 0
- Protectores auditivos (tapones o tipo fono).
- Arnés de seguridad y retráctil (cuando aplique).
- Ropa anti-flama mínimo 8 cal/cm².
- Protección Arc Flash (según el nivel indicado).
- Calzado bota dieléctrico.
- Chaqueta porta herramientas.
- Respirador con filtro.
- Candado de seguridad, tarjeta de bloqueo.
- Cinturón minero, auto rescatador, lámpara minera.

5.7.3. Herramientas

Las herramientas son esenciales para garantizar mediciones precisas y confiables. Incluyen:

- Pértiga.
- Detector de tensión.
- Equipo de puesta a tierra.
- Set de herramientas.
- Banquillo.
- Taladro.
- Multitester.
- Extensiones eléctricas 220 V.
- Pelacables.
- Alicate cortante.
- Llave ajustable.
- Perillero.
- Cuchillo.
- Destornilladores.
- Megóhmetro Megger MIT 1025
- Amperímetro digital fluke 376FC

5.7.4. Equipos de Apoyo

Los equipos de apoyo facilitan la logística y la ejecución de las pruebas, especialmente en entornos subterráneos. Incluyen:

- Planos eléctricos o libreta de identificación de circuito.
- Camioneta.
- Conos de seguridad y bastones extensibles.
- Andamios.
- Escaleras de tijera.
- Equipo alza hombre.
- Radio de comunicación.

5.8 Actividades previas al inicio del trabajo

Antes de realizar la medición de aislación, el personal eléctrico, predictivo o de mantenimiento preventivo debe seguir los siguientes pasos:

- **Preparación y coordinación:** El supervisor debe preparar y coordinar la actividad, tomando todas las medidas preventivas necesarias para realizar el trabajo sin exponer a los trabajadores a riesgos.

- **Análisis y evaluación de riesgos:** Realizar un Análisis de Riesgo Operacional (ARO) y una Evaluación y Control de Riesgos (PRE-TAREA).

- **Verificación de equipos:** Identificar el equipo a intervenir, corroborando la información suministrada.

- **Comunicación de requerimientos:** Cualquier anomalía debe ser informada de forma oportuna al jefe directo, supervisor o responsable de la actividad.

5.9 Procedimiento detallado de pruebas de aislación

El procedimiento de pruebas de aislación es una etapa fundamental en el mantenimiento y diagnóstico de equipos eléctricos, ya que permite evaluar el estado del aislamiento de sus componentes y prevenir fallas que puedan comprometer su funcionamiento y seguridad. Estas pruebas son esenciales para garantizar la integridad operativa de motores eléctricos, transformadores y otros dispositivos electromecánicos que dependen de un aislamiento eficiente para su correcto desempeño.

- **Paso 1:** Proceso de identificación de bobinas, realizado con tester, este proceso se realiza cuando posee 6 bobinas el equipo, para realizar medición de aislación por bobinas.

Figura N ° 5.1: Pruebas realizadas con tester.

Fuente: Elaboración propia.

- **Paso 2:** Una vez identificada las bobinas se procede a realizar las pruebas de medición de aislación, en este caso se realiza B1 y B2.

Figura N ° 5.2: Pruebas de medición de aislación.

Fuente: Elaboración propia.

- **Paso 3:** Se realiza medición de aislación entre bobinas B1 y B3.

Figura N ° 5.3: Medición de aislación entre bobinas B1 y B3.

Fuente: Elaboración propia.

- **Paso 4:** Se realiza medición de aislación entre bobinas B2 y B3.

Figura N ° 5.4: Medición de aislación entre bobinas B2 y B3.

Fuente: Elaboración propia.

- **Paso 5:** Una vez realizada las mediciones entre bobinas, se realiza mediciones de aislación entre bobinas y tierra, en este caso es B1 y tierra.

Figura N ° 5.5: Medición de aislación entre bobinas y tierra.

Fuente: Elaboración propia.

- **Paso 6:** Se realiza medición de aislación entre bobina B2 a tierra.

Figura N ° 5.6: Medición de aislación entre bobina B2 a tierra.

Fuente: Elaboración propia.

- **Paso 7:** Se realiza medición de aislación entre bobina B3 a tierra.

Un valor de resistencia de aislamiento de al menos 1 MΩ por cada 1.000 V de tensión nominal es comúnmente aceptado (según la norma IEEE 43-2000). Por ejemplo, un motor de 400 V debería tener al menos 0,4 MΩ. Dando los resultados positivos de la medición

de aislación, se procede a identificar con la hoja de procedimiento de aislación como operativa.

Figura N ° 5.7: Medición de aislación entre bobina B3 a tierra.

Fuente: Elaboración propia.

Figura N ° 5.8: Hoja de procedimiento de aislación como operativa.

Fuente: Elaboración propia.

5.9.1. Traslado móvil y peatonal al lugar de trabajo

Realizar traslados en modalidad peatonal o en vehículos autorizados, cumpliendo el Reglamento de Tránsito en Faenas.

5.9.2. Señalización y delimitación del área de trabajo

Utilizar barreras blandas y señales de seguridad para limitar el acceso, según el procedimiento de delimitación y demarcación.

5.9.3. Inspección y pruebas al equipo (desconectado)

La etapa inicial de inspección y pruebas al equipo desconectado es fundamental para garantizar la seguridad y la eficacia en el mantenimiento y operación de equipos eléctricos críticos. Este proceso permite evaluar el estado físico y funcional del equipo antes de realizar cualquier intervención técnica. Los pasos para seguir son:

- Registrar los datos de placa del motor, bomba o ventilador.
- Verificar la condición física y mecánica, y realizar prueba de giro del rotor si aplica.
- Identificar bobinas y realizar medidas de resistencia de bobinados y resistencia de aislamiento.

5.9.4. Desenergización y bloqueo de equipo (si está conectado)

La desenergización y el bloqueo de los equipos conectados son pasos esenciales para garantizar la seguridad del personal y proteger los sistemas eléctricos durante el mantenimiento o pruebas. Este procedimiento sigue estrictamente las normativas de seguridad para minimizar riesgos de accidentes eléctricos. Los pasos para realizar son:

- Solicitar el equipo a operaciones, asegurando que la desenergización no afecte otros equipos.

- Aplicar el Reglamento de Bloqueo, Tarjeteo y Prueba (LOTOTO).

5.9.5. Verificación de ausencia de tensión

La verificación de ausencia de tensión es un procedimiento crítico para garantizar que el equipo eléctrico esté completamente desenergizado antes de realizar cualquier intervención. Este paso protege al personal de riesgos eléctricos y asegura un entorno seguro de trabajo. El procedimiento consta de los siguientes pasos:

- Seleccionar y verificar el equipo de prueba portátil.
- Realizar pruebas en cada conductor de fase y circuito.

5.9.6. Desconexión y desmontaje del motor

Desconectar el motor y proteger los cables expuestos.

5.9.7. Montaje y conexión de motor de repuesto

Montar y conectar el nuevo motor, asegurando el tipo de conexión y el torque necesario.

5.9.8. Energización y prueba de funcionamiento

La energización y prueba de funcionamiento son las etapas finales del proceso de mantenimiento o pruebas en equipos eléctricos. Este procedimiento asegura que el equipo esté correctamente instalado, energizado y operando de manera óptima. Los pasos para seguir son:

- Retirar candados de seguridad y verificar la energización.
- Coordinar con operaciones para verificar el sentido de giro del motor.

5.9.9. Limpieza y orden del lugar de trabajo

Recoger herramientas y materiales, disponiendo los desechos según su clasificación.

5.9.10. Entrega del equipo en funcionamiento

La entrega del equipo en funcionamiento es la etapa final del proceso de mantenimiento o pruebas, asegurando que el equipo está en condiciones óptimas para operar y cumpliendo con todos los estándares de seguridad y funcionalidad. Este paso incluye:

- Informar al usuario y entregar el equipo al supervisor responsable.
- Emitir un informe de la mantención realizada.

5.10. Seguridad, salud ocupacional y medio ambiente

5.10.1. Control de riesgos

El control de riesgos es una práctica esencial para garantizar la seguridad del personal y la protección del entorno durante la realización de pruebas o mantenimiento en equipos eléctricos. Este apartado se enfoca en medidas clave que minimizan la posibilidad de incidentes o accidentes:

- Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.
- Usar equipos de protección personal adecuados.

5.10.2. Acciones en caso de emergencia

Estar preparado para actuar de manera efectiva ante situaciones de emergencia es fundamental para proteger al personal, los equipos y las instalaciones. Este procedimiento establece los pasos clave para responder a incidentes de forma rápida y adecuada:

- Conocer los números de emergencia y las zonas de seguridad.
- Informar al supervisor en caso de incidentes.

5.10.3. Gestión de residuos

La gestión adecuada de residuos generados durante las pruebas de aislamiento y el mantenimiento eléctrico es esencial para minimizar el impacto ambiental y garantizar el cumplimiento de las normativas vigentes. Este proceso incluye:

A. **Segregar los residuos según su clasificación**

- Identificar y separar los residuos en categorías, como peligrosos, reciclables y comunes, siguiendo los procedimientos establecidos.
- Asegurarse de que cada tipo de residuo sea almacenado temporalmente en contenedores adecuados y claramente etiquetados para evitar confusiones o riesgos.

B. **Disponer los residuos correctamente**

- Transportar los residuos segregados a los puntos de acopio o gestión designados dentro de las instalaciones, cumpliendo con las regulaciones internas y externas.
- Documentar el manejo y disposición de los residuos para garantizar trazabilidad y cumplimiento ambiental.

5.10.4. Documentación para realizar trabajo de medición de aislación

La documentación es un componente crítico para asegurar que las pruebas de aislamiento se realicen bajo estándares claros y seguros. Los documentos necesarios incluyen:

A. **Procedimientos y evaluación en terreno**

- Utilizar guías y protocolos específicos para realizar las pruebas, asegurando que todas las etapas estén correctamente documentadas.
- Registrar las condiciones iniciales del equipo y el entorno en el que se realiza la medición.

B. **Análisis de Riesgo Operacional (ARO)**

- Completar un ARO detallado antes de iniciar las actividades para identificar posibles peligros y definir medidas de control efectivas.
- Garantizar que todo el personal involucrado esté informado sobre los riesgos identificados y las acciones preventivas.

C. **Evaluación y Control de Riesgos (PRE-TAREA)**

- Realizar una evaluación específica previa a la ejecución de la tarea para confirmar que se cumplen las condiciones necesarias de seguridad y equipamiento.
- Documentar cualquier ajuste o medida adicional implementada antes de comenzar la actividad.

Este enfoque asegura no solo la calidad técnica de las pruebas, sino también la seguridad y el cumplimiento normativo durante todo el proceso.

5.11. Conclusiones y beneficios del protocolo

La implementación de este protocolo ha transformado significativamente las prácticas de mantenimiento en la mina, logrando un impacto positivo en la confiabilidad y eficiencia operativa de los equipos eléctricos. Gracias al entrenamiento especializado y la estandarización de procedimientos, el personal ahora cuenta con las competencias necesarias para realizar mediciones de aislamiento con altos estándares de seguridad y precisión, reduciendo considerablemente los riesgos asociados a accidentes y fallas durante las pruebas.

Adicionalmente, la disponibilidad de equipos críticos ha experimentado una mejora notable, permitiendo una respuesta más ágil y efectiva ante contingencias operativas. Los tiempos de instalación y puesta en marcha de los equipos se han optimizado, reduciendo significativamente las pérdidas operacionales y asegurando la continuidad de las actividades productivas en la mina. Este protocolo no solo fortalece la seguridad y el desempeño técnico, sino que también contribuye al cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad y rentabilidad de la operación.

CAPÍTULO VI
ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1. Introducción

La operación segura y eficiente de las máquinas eléctricas rotativas en entornos mineros es crucial para el éxito de las operaciones. La creación de un protocolo de aislamiento proporciona una base sólida para abordar los riesgos asociados con la operación y mantenimiento de estos equipos, asegurando que las prácticas sean seguras, eficientes y estén alineadas con las mejores normativas de la industria.

6.2. Objetivos del protocolo de aislación

El protocolo de aislamiento tiene como objetivos principales:

- **Establecer procedimientos estándar**: Definir un conjunto de directrices claras para realizar pruebas de aislamiento que minimicen los riesgos eléctricos.

- **Mejorar la seguridad laboral**: Asegurar que las pruebas de aislamiento se realicen de manera segura, reduciendo el riesgo de accidentes laborales.

- **Educar al personal**: Proporcionar una herramienta educativa para que los trabajadores, profesionales del área eléctrica y electricistas comprendan la importancia de las pruebas de aislamiento y sepan cómo ejecutarlas correctamente.

6.3. Beneficios del protocolo

6.3.1. Reducción de riesgos

El protocolo ayuda a identificar y mitigar riesgos antes de que se conviertan en problemas mayores.

Esto no solo mejora la seguridad del personal, sino que también protege los activos de la empresa, minimizando el tiempo de inactividad debido a fallas eléctricas.

6.3.2. Estandarización de procedimientos

Al unificar las prácticas de prueba de aislamiento, el protocolo asegura que todas las pruebas se realicen bajo los mismos estándares, mejorando la calidad y consistencia de las operaciones de mantenimiento.

6.3.3. Capacitación y conciencia

El protocolo actúa como una guía educativa, aumentando la conciencia entre los trabajadores sobre los peligros potenciales asociados con la electricidad y la importancia de las pruebas de aislamiento. Esto fomenta una cultura de seguridad y responsabilidad en el lugar de trabajo.

6.4. Implementación y resultados

La implementación del protocolo de aislamiento ha demostrado ser eficaz en la mejora de la seguridad y eficiencia operativa. Los resultados incluyen:

- **Reducción de fallas eléctricas**: Al detectar problemas de aislamiento a tiempo, se ha reducido la frecuencia de fallas inesperadas, mejorando la continuidad operativa.

- **Mejora en la productividad**: La disminución de las interrupciones no planificadas ha permitido un incremento en la productividad, beneficiando directamente a las operaciones mineras.

- **Cumplimiento normativo**: El protocolo asegura que todas las prácticas de prueba cumplan con las regulaciones y estándares de la industria, evitando sanciones y mejorando la reputación de la empresa.

6.5. Impacto Económico

La implementación del protocolo de medición de aislamiento no solo ha mejorado la seguridad y confiabilidad operativa, sino que también ha generado beneficios financieros claros, evaluados a través de un análisis económico detallado. A continuación, se describen los principales resultados:

A. **Ahorro en costos de mantenimiento**

- **Cálculo:** La estimación del ahorro del 20 % en los costos de mantenimiento correctivo se basó en un análisis comparativo de los registros históricos de fallas antes y después de la implementación del protocolo. Este análisis incluyó:

  - El número de intervenciones correctivas realizadas en un periodo de 12 meses.
  - Los costos promedio por intervención, incluyendo repuestos, horas hombre y tiempo de inactividad asociado.
  - Los datos post-implementación mostraron una reducción significativa en la frecuencia de fallas, lo que permitió proyectar un ahorro acumulado derivado de la menor necesidad de mantenimientos correctivos.

B. **Aumento de la vida útil de los equipos**

- **Base del cálculo:** La extensión de la vida útil de los equipos se estimó mediante un análisis técnico basado en datos históricos de desgaste y fallas por deterioro en comparación con los resultados obtenidos tras la implementación del mantenimiento preventivo.

  - El mantenimiento proactivo permite detectar problemas en etapas tempranas, evitando daños severos que reducirían la vida útil de los equipos.
  - Los ahorros se calcularon considerando los costos evitados de reemplazo y adquisición de nuevos equipos en un horizonte de planificación de 5 años.

C. **Incremento de la productividad**

- **Medición del 5% de mejora:** Este incremento se determinó comparando la continuidad operativa en términos de horas productivas antes y después del protocolo.

  - Se analizaron las interrupciones relacionadas con fallas eléctricas y los tiempos de respuesta asociados.
  - Con el protocolo, los tiempos de inactividad por fallas inesperadas se redujeron significativamente, lo que permitió un aumento en el tiempo efectivo dedicado a las operaciones.
  - El valor añadido se calculó multiplicando el aumento en horas productivas por el rendimiento promedio de la operación en términos de producción diaria.

La creación e implementación de un protocolo de aislamiento para máquinas eléctricas rotativas es una solución integral que aborda tanto los aspectos técnicos como económicos del mantenimiento y la operación segura de los equipos eléctricos en una mina. Este procedimiento no solo mejora la seguridad y eficiencia operativa, sino que también proporciona un retorno significativo sobre la inversión al optimizar los costos y maximizar la rentabilidad. Además, al educar y capacitar al personal, se fortalece la cultura de seguridad, asegurando que las operaciones se lleven a cabo de manera responsable y sostenible.

6.6. Evaluación económica

La evaluación económica abarca todos los estudios de prefactibilidad anteriores, así como también flujos de cajas evaluados a lo largo de 5 años bajo distintos escenarios como proyecto puro y financiado externamente en distintos niveles de cobertura 25 %, 50 %, 75 % del costo total del proyecto.

Los ingresos y costos son expresados en unidades de fomento (UF), con un monto de $ 37.578,95 correspondiente al día 31 de julio del 2024 y los indicadores económicos que demuestran la confiabilidad de los resultados del proyecto son valor actual neto (VAN), índice valor actual neto (IVAN), tasa interna de retorno (TIR), periodo recuperación de la inversión (PRI).

También es necesario indicar que el tipo de depreciación utilizada para los equipos es acelerado, lo cual es justificado por lo señalado a través de la Ley de Rentas y el Servicio de Impuestos Internos (SII).

Para finalizar es necesario analizar los grados de sensibilidad del proyecto en las variables de ingresos y costos, los que permiten recabar más información de lo evaluado anteriormente.

6.6.1. Consideraciones por utilizar

Para realizar un correcto análisis de factores económicos es necesario considerar los siguientes aspectos.

- **Duración del proyecto:** El horizonte de duración del proyecto es de 5 años, cabe señalar que esto no significa que el proyecto debe tomarse como concluido al cumplimiento del plazo proyectado. Aunque el proyecto contemple una planificación para llevarlo a cabo durante más años, es conveniente realizar el ejercicio por menos tiempo, ya que es una mejor forma de predecir el comportamiento y rentabilidad de este.

- **Tasa de descuento:** La tasa de descuento o también llamada costo de oportunidad del capital, puede ser descrita en dos factores; la tasa libre de riesgo, que representa el valor del dinero en el tiempo, y el premio por riesgo, que es el retorno adicional exigido a la inversión a causa de la variabilidad que tienen sus flujos. Con el fin de

obtener la tasa de descuento correspondiente al proyecto en evaluación deben ser tomados en cuenta los siguientes factores:

- La estimación de la tasa libre de riesgo donde es utilizada la tasa interna de retorno (TIR), a la que se transa un bono proveniente del Banco Central o de la Tesorería General de la República. Para estos casos, además del valor del dinero en el tiempo, dicha tasa también considera e incluye otros factores relevantes como las expectativas y/o proyecciones de inflación y el riesgo que constituye el país en materia económica. Mientras que el premio por riesgo en general es más laborioso de calcular, debido a que no todos los riesgos significan un mayor costo de capital para el proyecto, solo el riesgo sistemático o riesgo de mercado conlleva a una mayor tasa de descuento. La beta es una medida adecuada para conocer la volatilidad de una empresa, contar con una beta desapalancada o no apalancada (es decir, sin deuda), hace perder los beneficios obtenidos mediante la adición de la deuda a la estructura de capital de la empresa. Comparar la beta desapalancada de una empresa permite al inversor conocer de mejor manera el riesgo que se toma mediante la compra de acciones. A continuación, la tabla N°6.1 muestra el cálculo de la tasa de descuento del proyecto.

Tabla N ° 6.1: Cálculo tasa de descuento.

CONCEPTO	VALOR	OBSERVACIONES
Tasa libre de riesgo (Rf)	5,96 %	Basado en tasa de bonos Gobierno de Chile a 5 años (abril 2024)
Tasa rentabilidad observada en el mercado (Rm)	18,65 %	Rendimiento bolsa bursátil Chile.
Beta (B)	0,96	Aswath Demodaran, beta minería desapalancado.

Fuente: Elaboración propia, basado en información entregada por Banco Central de Chile.

Para valorar de manera óptima el proyecto es necesario utilizar modelos específicos para cada uno de los escenarios previstos. Para evaluar el proyecto puro, es decir, sin financiamiento es necesario hacerlo mediante el modelo CAPM, el cual permite estimar la rentabilidad esperada en función del riesgo propio del mercado y por lo tanto no se puede reducir.

El CAPM (Capital Asset Pricing Model) es un modelo utilizado en finanzas para calcular el rendimiento esperado de un activo financiero, como una acción, en función del rendimiento esperado del mercado y el riesgo sistemático del activo. La fórmula básica del CAPM es la siguiente:

$$\text{CAPM} = R_f + \beta * (E(R_m - R_f) \quad \textbf{(Ec. N ° 6.1)}$$

Dónde:

- E(Ri): el rendimiento esperado del activo i.
- Rf*:* la tasa libre de riesgo, es decir, el rendimiento esperado de un activo libre de riesgo, como los bonos del gobierno a corto plazo.
- βi*:* el coeficiente beta del activo i, que mide su sensibilidad frente al mercado. Representa el riesgo sistemático del activo.
- E(Rm)*:* el rendimiento esperado del mercado.
- (E(Rm)−Rf): la prima de riesgo de mercado, que mide el rendimiento adicional que se espera del mercado en comparación con el activo libre de riesgo.

En resumen, el CAPM establece que el rendimiento esperado de un activo está determinado por la tasa libre de riesgo más un premio por asumir riesgo sistemático, que se calcula multiplicando la beta del activo por la prima de riesgo de mercado.

Sustituyendo los valores presentados en la tabla N ° 6.1 en la ecuación N ° 6.1, se obtiene:

$$\text{CAPM} = K_e = 5{,}96\% + 0{,}96 * (\text{E}(18{,}65\% - 5{,}96\%)$$

$$\text{CAPM} = K_e = 18{,}14\%$$

Mientras que para evaluar los proyectos que cuentan con financiamiento es necesario utilizar el modelo de coste promedio ponderado del capital (WACC) (ver la tabla N°6.2), el cual pondera los costos de cada una de las fuentes de capital independientemente de que estas sean propias o de terceros.

Tabla N° 6.2: Cálculo modelo WACC.

Concepto	Valor	Observaciones
Deuda financiera (D)		Financiamiento externo solicitado a entidades bancarias
Capital propia, accionistas (E)		Financiamiento aportado de manera propia o por accionistas
Costo deuda financiera (Kd)		Tasa de interés de la deuda
Impuesto pagado sobre ganancias (T)	27%	Tasa impositiva en Chile
Rentabilidad exigida por accionistas (Ke)	18,14%	Cálculo del CAPM

Fuente: Elaboración propia.

El WACC (Weighted Average Cost of Capital) es una medida financiera que representa el costo promedio ponderado de financiamiento de una empresa. Se calcula como la suma de los costos de financiamiento de todas las fuentes de capital de una empresa, ponderadas por su proporción en la estructura de capital total. La fórmula general para calcular el WACC es la siguiente:

$$\text{WACC} = \text{K}_\text{e} * \left(\frac{\text{E}}{\text{D+E}}\right) + \text{K}_\text{d} * (1 - \text{T}) * \left(\frac{\text{D}}{\text{D+E}}\right) \quad \textbf{(Ec. N ° 6.2)}$$

Dónde:

- Ke: Costo del patrimonio.
- Kd: Costo de la deuda, después de impuestos.
- E: Patrimonio.
- D: Deuda.
- Kd: Costo de la deuda.
- T: tasa de impuestos total (impuesto a la renta más participación de trabajadores en utilidades).

Moneda por utilizar: La moneda utilizada en los ejercicios corresponderá a la Unidad de Fomento (UF), que según el servicio de impuestos internos está valorizada en $37.578,95 correspondiente al día 31 de julio del 2024, como en todos los capítulos anteriores.

Condiciones crediticias: Dependiendo de la necesidad de financiamiento la tasa de interés va cambiando de acuerdo con lo establecido por la entidad crediticia seleccionada, es por ello, que los escenarios del proyecto bajo financiamiento propio más un crédito deben ser evaluadas caso por caso.

Impuestos: De acuerdo con la información proporcionada, el servicio de impuestos internos de Chile indica que tasa de impuesto a las utilidades correspondiente al rubro del proyecto en evaluación es encasillada en la tasa de primera categoría, equivalente a un 27%.

Ingresos: Los ingresos proyectados para el proyecto en evaluación corresponden a la suma de los flujos destinados a ser captados por servicio venta y producción de cobre de la empresa minera. La evolución de éstos tiene causa en la estimación y crecimiento de los niveles de producción en base a la capacidad instalada de su proceso productivo.

Tabla N ° 6.3: Proyección de ingresos del proyecto.

Año	Producción (TON)	Precio (US$)	Ingreso ($)	Ingreso (UF)
2025	430.000	4.065	1.748.149.950	46.519
2026	451.500	4.147	1.872.268.596	49.822
2027	474.075	4.230	2.005.199.667	53.360
2028	497.779	4.314	2.147.568.843	57.148
2029	522.668	4.401	2.300.046.231	61.206

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

- Precio promedio libra de cobre según estimación de COCHILCO, para el año 2025 es de: 4,25 US$/Libra.
- Valor dólar al 31-07-2024 según Banco Central es de: 956,58.-
- Valor UF según SII al 31-07-2024 es de: 37.578,95.-
- La producción aumenta un 5% por año.
- El precio aumenta un 2% por año.

6.6.2. Resumen e interpretación de los ingresos del proyecto

- **Tendencia de crecimiento**: La empresa o entidad proyecta un crecimiento consistente en la cantidad de unidades vendidas, el precio por unidad y, consecuentemente, los ingresos totales tanto en dólares como en UF.

- **Incrementos anuales**: La tabla N ° 6.3 muestra un crecimiento continuo tanto en cantidad como en precio unitario, reflejando una estrategia de aumento de producción y ajuste de precios posiblemente por inflación o aumento del valor percibido del producto.

- **Importancia de la UF**: El uso del ingreso en UF indica una consideración de la inflación en la economía chilena, asegurando que los ingresos proyectados se mantienen ajustados a cambios en el poder adquisitivo.

Esta proyección puede ser útil para la planificación financiera, evaluaciones de crecimiento, y decisiones estratégicas de la empresa en los próximos años.

6.6.3. Costo operacional

Ya que los costos aumentarán a través del tiempo, se realizó una estimación de un aumento del 3 % del costo anual a través de los años.

En donde se podrá seguir manteniendo un precio de venta según estimación de COCHILCO durante los próximos 5 años, sin que sufra variación alguna.

Tabla N ° 6.4: Proyección de costos totales del proyecto.

Año	Producción (TON)	Costo Variable (US$)	Costo Fijo (US$)	Costo Total (US$)	Costo Total ($)	Costo Total (UF)
2025	430.000	723.912	129.000	852.912	815.878.561	21.711
2026	451.500	1.031.008	129.000	1.160.008	1.109.640.070	29.528
2027	474.075	1.367.003	129.000	1.496.003	1.431.046.531	38.081
2028	497.779	1.734.020	129.000	1.863.020	1.782.128.034	47.424
2029	522.668	2.134.322	129.000	2.263.322	2.165.048.569	57.613

Fuente: Elaboración propia.

Nota:

- Precio promedio libra de cobre según estimación de COCHILCO, para el año 2025 es de: 4,25 US$/Libra.
- Valor dólar al 31-07-2024 según Banco Central es de: 956,58.-

- Valor UF según SII al 31-07-2024 es de: 37.578,95.-
- Costo variable corresponde a un 60 % de la producción y a un aumento de un 5 % con respecto al año anterior.
- Costo fijo corresponde al costo promedio de la mano de obra según los niveles de producción indicados para los 3 turnos correspondiente a 129.000 US$.

Tabla N ° 6.5: Costos totales de Inversión del proyecto.

Ítem	Valor (US$)	Valor ($)	Valor (UF)
Activos Fijos	1.166.004	1.115.376.106	29.681
Total, Inversión	**1.166.004**	**1.115.376.106**	**29.681**

Fuente: Elaboración propia.

Según política de la empresa en materia de inversiones es:

- **Activo fijo:** Corresponden a todos los equipos que abarcan el desarrollo del protocolo de procedimiento para la medición de aislamiento en máquinas eléctricas rotativas en minas subterráneas, utilizando el megóhmetro MIT1025 de MEGGER, con el fin de mejorar la seguridad operativa, reducir riesgos laborales, y optimizar la eficiencia en las operaciones de mantenimiento eléctrico en la Compañía Minera Candelaria.

Nota:

- No se considera capital de trabajo como parte de la inversión, ya que la CÍA. Minera Candelaria está en marcha.
- El activo intangible, tampoco se considera, dado que la CÍA. Minera Candelaria existe, y no es una empresa que parta desde cero.

6.6.4. Depreciación

Producto del uso continuado los bienes activos de la empresa sufren pérdida de valor y vida útil. Según lo indicado por el art. 31, N ° 5, de la ley sobre Impuesto a la Renta, lo cual a través de la contabilidad reconoce la pérdida de valor de la inversión, siendo estimados por el servicio de impuestos internos la entidad encargada de fijar la vida útil más adecuada.

Para este proyecto la depreciación de bienes es lineal, la cual puede ser aplicada sobre los bienes físicos del activo fijo o inmovilizado que son adquiridos como nuevos o incorporados, lo que encaja perfectamente a las características de la inversión. La siguiente tabla N ° 6.6 indica la depreciación acorde al flujo de caja concordante al horizonte del proyecto.

Tabla N ° 6.6: Depreciación lineal del proyecto.

Período (Años)	Depreciación (UF)	Valor Activo (UF)
0		29.681
1	4.452	25.229
2	4.452	20.777
3	4.452	16.324
4	4.452	11.872
5	4.452	7.420

Fuente: Elaboración propia.

Según política de la empresa en materia de depreciación de activos fijos tenemos:

- Valor residual 25 % del costo total del activo fijo.
- Depreciación lineal, durante el horizonte de evaluación del proyecto.

6.6.5. Valor residual

Corresponde a la porción del costo total del activo que espera ser recuperado mediante la venta o intercambio de un bien en el fin de su vida útil. Es posible recuperar el 25% del valor comercial de los equipos adquiridos que pueden estar al final del proyecto en buenas condiciones.

Tabla N ° 6.7: Valor residual, activo fijo proyecto.

Valor Activo (UF)	Valor Residual (UF)
29.861	7.420

Fuente: Elaboración propia.

6.8.6. Fuentes de financiamiento

Dentro de este análisis es considerado financiar el proyecto mediante una figura externa con plazos simulados entre 25 %, 50 %, y 75 %, a través de un crédito otorgado por el Banco Santander, debido a una menora tasa de interés en comparación al banco de Chile y Banco Itaú.

En las siguientes tablas N ° 6.8, N ° 6.9 y N ° 6.10 es presentado el detalle que desprende de cada monto y plazo solicitado para el proyecto.

Tabla N ° 6.8: Característica del crédito al 75 %.

Detalle	Valor (US$)	Valor ($)	Valor (UF)
Valor inversión inicial	1.166.004	1.115.376.106	29.681
Crédito (75%)	874.503	836.532.080	22.261
Tasa de interés		17,45%	

Periodos		5	
Interés	152.601	145.974.848	3.884
Valor total crédito	1.027.104	982.506.928	26.145

Fuente: Elaboración propia, basado en Oferta de Créditos de Banco Santander.

Tabla N ° 6.9: Característica del crédito al 50 %.

Detalle	Valor (US$)	Valor ($)	Valor (UF)
Valor inversión inicial	1.166.004	1.115.376.106	29.681
Crédito (50%)	583.002	557.688.053	14.840
Tasa de interés		15,48%	
Periodos		5	
Interés	90.249	86.330.111	2.297
Valor total crédito	673.251	644.018.164	17.138

Fuente: Elaboración propia, basado en Oferta de Créditos de Banco Santander.

Tabla N ° 6.10: Característica del crédito al 25 %.

Detalle	Valor (US$)	Valor ($)	Valor (UF)
Valor inversión inicial	1.166.004	1.115.376.106	29.681
Crédito (25%)	291.501	278.844.027	7.420
Tasa de interés		12,36%	
Periodos		5	
Interés	36.030	34.465.122	917
Valor total crédito	327.531	313.309.148	8.337

Fuente: Elaboración propia, basado en Oferta de Créditos de Banco Santander.

6.8.6.1. Aplicación del Modelo WACC

La aplicación del modelo de Costo Promedio Ponderado de Capital (WACC, por sus siglas en inglés) es fundamental para la evaluación financiera de proyectos en una empresa, ya que proporciona una tasa de descuento que refleja el coste medio de financiar sus activos, considerando tanto la deuda como el capital propio. La correcta aplicación del WACC es crucial para la toma de decisiones de inversión, ya que ayuda a garantizar que los recursos de la empresa se asignen de manera eficiente y que las inversiones contribuyan al crecimiento y la sostenibilidad financiera a largo plazo.

Tabla N ° 6.11: WACC para crédito al 75 %.

WACC - Financiamiento 75%	
Deuda Financiera (D)	782.242.934
Capital propio, accionistas (E)	260.747.645
Costo deuda Financiera (Kd)	17,45%
Impuesto pagado sobre ganancias (T)	27%
Rentabilidad Exigida por accionistas (Ke)	18,14%
WACC	**14,09%**

Fuente: Elaboración propia, basado en información entregada por Corporate Finance Institute.

Tabla N ° 6.12: WACC para crédito al 50 %.

WACC - Financiamiento 50%	
Deuda Financiera (D)	521.495.289
Capital propio, accionistas (E)	521.495.289
Costo deuda Financiera (Kd)	15,48%
Impuesto pagado sobre ganancias (T)	27%
Rentabilidad Exigida por accionistas (Ke)	18,14%
WACC	**14,72%**

Fuente: Elaboración propia, basado en información entregada por Corporate Finance Institute.

Tabla N ° 6.13: WACC para crédito al 25 %.

WACC - Financiamiento 25%	
Deuda Financiera (D)	260.747.645
Capital propio, accionistas (E)	782.242.934
Costo deuda Financiera (Kd)	12,36%
Impuesto pagado sobre ganancias (T)	27%
Rentabilidad Exigida por accionistas (Ke)	18,14%
WACC	**15,86%**

Fuente: Elaboración propia, basado en información entregada por Corporate Finance Institute.

6.8.6.2. Amortización

La amortización en cuotas iguales es un método de pago de una deuda en el que el monto total a pagar se divide en una serie de pagos periódicos de igual valor. Este tipo de amortización es común en préstamos y financiamientos, donde cada cuota incluye una porción de capital y una porción de intereses, manteniendo constante el importe total de cada cuota a lo largo del período del préstamo, lo que culmina con el saldo igual a cero al final del plazo.

En términos más detallados, la cuota fija que se paga periódicamente se calcula de tal manera que cubra tanto los intereses sobre el saldo pendiente del préstamo como una parte del principal. A medida que se realizan los pagos, la porción correspondiente a los intereses disminuye y la porción correspondiente al principal aumenta, pero la suma de ambas partes permanece constante en cada período.

$$\mathrm{PMT} = \mathrm{VP}\left[\frac{(1+\mathrm{i})^{\mathrm{n}}*\mathrm{i}}{(1+\mathrm{i})^{\mathrm{n}}-1}\right] \quad \textbf{(Ec. N ° 6.3)}$$

Dónde:

- PMT: Payment, es el pago periódico (cuota fija) que se debe de realizar.
- VP: es el principal del préstamo (el monto total prestado).
- i: Tasa de interés periódica.
- n: Número total de pagos.

Las siguientes tablas N ° 6.14, N ° 6.15 y N ° 6.16 representan el pago del crédito con financiamiento externo para los escenarios de 25%, 50%, y 75% respectivamente.

Tabla N ° 6.14: Amortización crédito 75 % total del proyecto en UF.

Periodo	Principal	Amortización	Interés	Cuota
0	20.993			
1	18.027	2.966	3663	6.630
2	14.543	3.484	3146	6.630
3	10.451	4.092	2538	6.630
4	5.645	4.806	1824	6.630
5	0	5.645	985	6.630

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N ° 6.15: Amortización crédito 50 % total del proyecto en UF.

Periodo	Principal	Amortización	Interés	Cuota
0	13.995			
1	11.939	2.056	2166	4.223
2	9.565	2.374	1848	4.223
3	6.823	2.742	1481	4.223
4	3.657	3.166	1056	4.223
5	0	3.657	566	4.223

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N ° 6.16: Amortización crédito 25 % total del proyecto en UF.

Periodo	Principal	Amortización	Interés	Cuota
0	6.998			
1	5.904	1094	865	1.959
2	4675	1229	730	1.959
3	3294	1381	578	1.959
4	1743	1551	407	1.959
5	0	1743	215	1.959

Fuente: Elaboración propia.

6.8.7. Flujo de Caja

Para representar la distribución de los ingresos, egresos, beneficios originados durante la vida del proyecto en evaluación es necesario realizar un flujo de caja, que tiene como fin mostrar el estado de resultado a través de la duración del proyecto. Con el fin de conocer a cabalidad las posibilidades del proyecto de título es detallado un flujo de caja para un proyecto puro, y los proyectos financiados por un crédito bancario en un 25 %, 50 %, 75 %, además de los indicadores económicos para evaluar el proyecto como VAN, TIR, PRI, IVAN.

6.8.7.1. Indicadores económicos para evaluar el proyecto

A. **Valor Actual Neto (VAN):** Es la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo futuros del proyecto y la inversión inicial. Un VAN positivo indica que el proyecto genera valor.

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^{n} \frac{FN_j}{(1+r)^j} \quad \textbf{(Ec. N ° 6.4)}$$

Dónde:

- VAN: Valor Actual Neto.

- FN: Flujo de caja neto.
- r: Tasa de descuento.
- n: Vida útil del proyecto.

B. Tasa Interna de Retorno (TIR): Es la tasa de descuento que hace que el VAN del proyecto sea cero. Una TIR mayor que la tasa de descuento requerida indica que el proyecto es rentable.

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^{n} \frac{FN_j}{(1+TIR)^j} = 0 \quad \textbf{(Ec. N ° 6.5)}$$

Dónde:

- TIR: Tasa Interna de Retorno.
- FN: Flujo de caja neto.
- r: TIR
- n: Vida útil del proyecto.

C. Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI): Es el tiempo necesario para que los flujos de efectivo del proyecto recuperen la inversión inicial. Un PRI o PAYBACK más corto indica una recuperación más rápida de la inversión.

$$PAYBACK = [\text{Período último con Flujo Acumulado Negativo}] + \left[\frac{\text{Valor absoluto del último Flujo acumulado negativo}}{\text{Valor del Flujo de Caja en el siguiente período}}\right] \quad \textbf{(Ec. N ° 6.5)}$$

D. Índice de Valor Actual Neto (IVAN): Es el cociente entre el VAN y la inversión inicial del proyecto. Un IVAN mayor que 1 indica que el proyecto es viable en términos de valor presente.

$$IVAN = \frac{VAN}{-I_0} \quad \textbf{(Ec. N ° 6.6)}$$

Dónde:

- VAN: Valor Actual Neto.
- I_0: Inversión inicial.

Estos indicadores proporcionan una visión integral de la viabilidad y rentabilidad del proyecto, permitiendo a los inversionistas tomar decisiones informadas. Es importante considerar tanto los flujos de efectivo como los indicadores económicos al evaluar un proyecto.

6.8.7.2. Proyecto puro

Dentro de las alternativas de financiamiento para la realización del proyecto es percibir el monto necesario para iniciar con el proyecto es a través de inversionistas, o bien, financiamiento propio. Significando no considerar financiamiento externo, que lleva otros ejercicios debido a los intereses, impuestos, propios de la solicitud del crédito. El proyecto puro es presentado en la tabla N ° 6.17:

Tabla N ° 6.17: Flujo de caja proyecto puro, en UF.

	Ítem/Año	0	1	2	3	4	5
+	Ingresos		46.519	49.822	53.360	57.148	61.206
-	Egresos		-21.711	-29.528	-38.081	-47.424	-57.613
=	**Margen**		**24.808**	**20.294**	**15.279**	**9.725**	**3.592**
-	Depreciación		-4.199	-4.199	-4.199	-4.199	-4.199
-	Valor libro						
+	Valor residual						7.420
-	Interés CP						
-	Interés LP						
=	**Utilidad Antes de Impuesto**		**20.609**	**16.095**	**11.080**	**5.526**	**6.814**
-	Impuesto (27%)		-5.565	-4.346	-2.991	-1.492	-1.840
=	**Utilidad después de impuesto**		**15.045**	**11.749**	**8.088**	**4.034**	**4.974**
+	Depreciación		4.199	4.199	4.199	4.199	4.199

+	Valor Libro						
+	Crédito CP						
+	Crédito LP						
-	Amortización CP						
-	Amortización LP						
-	Inversión	-29.681					
(+) / (-)	Capital de Trabajo						
=	**Flujo de Caja**	**-29.681**	**19.244**	**15.948**	**12.287**	**8.233**	**9.173**
=	**Flujo de Caja Actualizado**	**-29.681**	**16.289**	**11.427**	**7.452**	**4.226**	**3.986**
=	**Flujo de Caja Acumulado**	**-29.681**	**-10.437**	**5.511**	**17.798**	**26.031**	**35.204**
Indicadores Económicos							
	r	18,14%					
	VAN (UF)	13.699					
	TIR (%)	41%					
	PRI (Años)	1					
	Ivan (UF)	0,46					

Fuente: Elaboración propia.

6.8.7.3. Proyecto impuro

Los costos provenientes de la inversión necesaria para el proyecto son financiados por una entidad bancaria, Banco Santander. El crédito solicitado a 5 años plazo, por distintos montos y cobertura del monto necesario $ 212.074.751 a 25 %, 50 %, 75 %.

Los flujos de cajas para cada escenario son presentados a continuación (ver las tablas N ° 6.18, N ° 6.19 y N ° 6.20), con todos sus atributos necesarios:

Tabla N ° 6.18: Flujo de caja proyecto financiado al 75 %, en UF.

	Ítem/Año	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
+	Ingresos		46.519	49.822	53.360	57.148	61.206
-	Egresos		-21.711	-29.528	-38.081	-47.424	-57.613
=	**Margen**		**24.808**	**20.294**	**15.279**	**9.725**	**3.592**
-	Depreciación		-4.199	-4.199	-4.199	-4.199	-4.199

-	Valor libro						
+	Valor residual						7.420
-	Interés CP						
-	Interés LP		-3.663	-3.146	-2.538	-1.824	-985
=	**Utilidad Antes de Impuesto**		**16.946**	**12.949**	**8.542**	**3.702**	**5.829**
-	Impuesto (27%)		-4.575	-3.496	-2.306	-1.000	-1.574
=	**Utilidad después de impuesto**		**12.371**	**9.453**	**6.236**	**2.702**	**4.255**
+	Depreciación		4.199	4.199	4.199	4.199	4.199
+	Valor Libro						
+	Crédito CP						
+	Crédito LP	22.261					
-	Amortización CP						
-	Amortización LP		-2.966	-3.484	-4.092	-4.806	-5.645
-	Inversión	-29.681					
(+) / (-)	Capital de Trabajo						
=	**Flujo de Caja**	**-7.420**	**13.603**	**10.168**	**6.343**	**2.095**	**2.809**
=	**Flujo de Caja Actualizado**	**-7.420**	**11.923**	**7.812**	**4.271**	**1.237**	**1.453**
=	**Flujo de Caja Acumulado**	**-7.420**	**6.183**	**16.351**	**22.694**	**24.789**	**27.598**
Indicadores Económicos							
	r	14,09%					
	VAN (UF)	19.276					
	TIR (%)	153%					
	PRI (Años)	1					
	Ivan (UF)	2,60					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N ° 6.19: Flujo de caja proyecto financiado al 50 %, en UF.

	Ítem/Año	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
+	Ingresos		46.519	49.822	53.360	57.148	61.206
-	Egresos		-20.475	-27.847	-35.913	-44.723	-54.333
=	**Margen**		**26.045**	**21.975**	**17.447**	**12.425**	**6.873**
-	Depreciación		-4.199	-4.199	-4.199	-4.199	-4.199
-	Valor libro						
+	Valor residual						7.420

-	Interés CP						
-	Interés LP		-2.166	-1.848	-1.481	-1.056	-566
=	**Utilidad Antes de Impuesto**		**19.679**	**15.928**	**11.767**	**7.170**	**9.528**
-	Impuesto (27%)		-5.313	-4.301	-3.177	-1.936	-2.573
=	**Utilidad después de impuesto**		**14.366**	**11.628**	**8.590**	**5.234**	**6.956**
+	Depreciación		4.199	4.199	4.199	4.199	4.199
+	Valor Libro						
+	Crédito CP						
+	Crédito LP	14.840					
-	Amortización CP						
-	Amortización LP		-2.056	-2.374	-2.742	-3.166	-3.657
-	Inversión	-29.681					
(+) / (-)	Capital de Trabajo						
=	**Flujo de Caja**	**-14.840**	**16.509**	**13.452**	**10.047**	**6.267**	**7.498**
=	**Flujo de Caja Actualizado**	**-14.840**	**14.390**	**10.222**	**6.655**	**3.618**	**3.774**
=	**Flujo de Caja Acumulado**	**-14.840**	**1.668**	**15.121**	**25.168**	**31.434**	**38.932**
Indicadores Económicos							
	r	14,72%					
	VAN (UF)	23.818					
	TIR (%)	89%					
	PRI (Años)	1					
	Ivan (UF)	1,60					

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N ° 6.20: Flujo de caja proyecto financiado al 25 %, en UF.

	Ítem/Año	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
+	Ingresos		46.519	49.822	53.360	57.148	61.206
-	Egresos		-20.475	-27.847	-35.913	-44.723	-54.333
=	**Margen**		**26.045**	**21.975**	**17.447**	**12.425**	**6.873**
-	Depreciación		-4.199	-4.199	-4.199	-4.199	-4.199
-	Valor libro						
+	Valor residual						7.420
-	Interés CP						
-	Interés LP		-865	-730	-578	-407	-215

=	**Utilidad Antes de Impuesto**		**20.981**	**17.047**	**12.670**	**7.819**	**9.879**
-	Impuesto (27%)		-5.665	-4.603	-3.421	-2.111	-2.667
=	**Utilidad después de impuesto**		**15.316**	**12.444**	**9.249**	**5.708**	**7.212**
+	Depreciación		4.199	4.199	4.199	4.199	4.199
+	Valor Libro						
+	Crédito CP						
+	Crédito LP	7.420					
-	Amortización CP						
-	Amortización LP		-1.094	-1.229	-1.381	-1.551	-1.743
-	Inversión	-29.681					
(+) / (-)	Capital de Trabajo						
=	**Flujo de Caja**	**-22.261**	**18.421**	**15.414**	**12.068**	**8.355**	**9.667**
=	**Flujo de Caja Actualizado**	**-22.261**	**15.900**	**11.483**	**7.759**	**4.637**	**4.631**
=	**Flujo de Caja Acumulado**	**-22.261**	**-3.839**	**11.575**	**23.642**	**31.998**	**41.665**
Indicadores Económicos							
	r	15,86%					
	VAN (UF)	22.148					
	TIR (%)	62%					
	PRI (Años)	1,21					
	Ivan (UF)	0,99					

Fuente: Elaboración propia.

6.9. Resumen flujos de caja

En el ámbito de las decisiones financieras y de inversión, la evaluación de los diferentes tipos de financiamiento es crucial para determinar la viabilidad y rentabilidad de un proyecto. La selección del esquema de financiamiento adecuado puede influir significativamente en los resultados económicos y el éxito a largo plazo de una inversión. La tabla N ° 6.21 presenta un resumen comparativo de las principales métricas financieras Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Período de Recuperación de la Inversión (PRI) e Índice de Valor Actual Neto (IVAN) para distintas modalidades de financiamiento: puro y con diversos niveles de financiamiento impuro (75 %, 50 %, y 25 %).

Este análisis tiene como objetivo proporcionar una visión clara de cómo cada opción de financiamiento impacta el rendimiento del proyecto, ayudando a los tomadores de decisiones a seleccionar la alternativa más beneficiosa y alineada con sus objetivos financieros y estratégicos. Se analizarán las diferencias clave en cada tipo de financiamiento, evaluando tanto las ventajas como los posibles riesgos asociados, con el fin de recomendar la estrategia óptima para maximizar el valor y la rentabilidad del proyecto.

Tabla N ° 6.21: Resumen por tipo de financiamiento.

Financiamiento	VAN (UF)	TIR (%)	PRI (Años)	IVAN (UF)
Puro	13.699	41%	1,00	0,46
Impuro	**VAN (UF)**	**TIR (%)**	**PRI (Años)**	**IVAN (UF)**
75%	19.276	153%	1,00	2,60
50%	**23.818**	**89%**	**1,00**	**1,60**
25%	22.148	62%	1,21	0,99

Fuente: Elaboración propia.

La tabla N ° 6.21 presenta un análisis comparativo de diferentes tipos de financiamiento, destacando cómo cada modalidad impacta las métricas financieras clave: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Período de Recuperación de la Inversión (PRI) y el Índice de Valor Actual Neto (IVAN).

El financiamiento impuro con un 50 % ofrece el mayor VAN de 23.818 UF, lo que indica un beneficio neto superior en términos de valor presente. Sin embargo, el financiamiento impuro al 75 % tiene la TIR más alta de 153 % y el mayor IVAN de 2,60, lo que sugiere un proyecto altamente rentable con un uso eficiente de la inversión inicial. Ambas opciones, el 50 % y el 75 % de financiamiento impuro, tienen un PRI de 1,00 año, lo que indica una rápida recuperación de la inversión.

En comparación, el financiamiento puro y el 25 % de financiamiento impuro son menos atractivos, ya que ofrecen menores beneficios netos y rentabilidad. En conclusión, el financiamiento impuro al 75 % se destaca como la opción más favorable al proporcionar un equilibrio óptimo entre rentabilidad y eficiencia en el uso del capital invertido, aunque el financiamiento al 50 % también es una opción sólida si se prioriza el valor actual neto (VAN).

La evaluación económica desarrollada en este proyecto no solo demuestra la viabilidad financiera de implementar un procedimiento estandarizado, sino que también respalda su aplicación técnica en faenas mineras subterráneas. El protocolo propuesto contribuye a reducir fallas eléctricas, mejorar la seguridad de las operaciones y disminuir costos asociados a detenciones no planificadas. En este sentido, los indicadores financieros obtenidos (VAN, TIR, PRI e IVAN) no solo justifican la inversión, sino que ratifican su impacto operativo positivo.

CAPÍTULO VII
CONCLUSIONES

7.1. Recomendaciones

Para asegurar la sostenibilidad y maximizar los beneficios derivados de la implementación del protocolo de aislamiento en la Minera Candelaria, es crucial adoptar un enfoque proactivo y estratégico, orientado hacia la mejora continua. Una de las primeras recomendaciones consiste en establecer un proceso de revisión y actualización continua del protocolo, asegurando que este se mantenga alineado con las normativas más recientes, como las regulaciones nacionales e internacionales, y con las mejores prácticas de la industria. Esta actualización garantizará que las operaciones mineras sean siempre seguras, eficientes y conforme a los estándares vigentes. Asimismo, es fundamental reforzar las capacidades del personal mediante programas de capacitación regular. Estas formaciones deben enfocarse no solo en los procedimientos técnicos del protocolo, sino también en el uso de herramientas avanzadas y la aplicación de medidas de seguridad específicas para el entorno minero.

Además, se sugiere la implementación de un sistema robusto de monitoreo y evaluación periódica, que permita analizar la efectividad del protocolo y su impacto en la operación. Este sistema debe incluir métricas clave, como la reducción de fallas eléctricas, el tiempo de inactividad y la frecuencia de mantenimientos preventivos, con el fin de identificar áreas de mejora y ajustar estrategias de manera ágil y oportuna. Paralelamente, es recomendable considerar la incorporación de tecnologías más avanzadas para las pruebas de aislamiento. Estas tecnologías pueden mejorar la precisión y la rapidez en la detección de problemas, optimizando los recursos operativos y fortaleciendo la confiabilidad de los equipos eléctricos.

Otra acción prioritaria es fomentar la comunicación y colaboración entre los equipos de mantenimiento, operaciones y gestión. La comunicación abierta y efectiva garantizará que cualquier problema identificado durante las pruebas sea abordado rápidamente,

minimizando interrupciones y maximizando la eficiencia operativa. Finalmente, es imprescindible mantener una documentación rigurosa y bien organizada de todas las actividades relacionadas con las pruebas de aislamiento. Esta documentación debe ser accesible y precisa, ya que no solo facilita la toma de decisiones basada en datos, sino que también cumple un rol clave en la trazabilidad, la gestión del conocimiento y el cumplimiento normativo. En conjunto, estas recomendaciones buscan consolidar la seguridad, eficiencia y rentabilidad del protocolo, asegurando su sostenibilidad a largo plazo y su contribución continua al éxito de las operaciones mineras.

7.2. Conclusiones

La implementación del protocolo de aislamiento en la Minera Candelaria ha demostrado ser una medida estratégica y efectiva, cumpliendo con los objetivos planteados en el proyecto y generando un impacto positivo en diversos aspectos operativos y financieros. En términos de seguridad, el protocolo ha establecido un marco claro, estandarizado y replicable para las pruebas de aislamiento, lo que ha permitido reducir significativamente los riesgos eléctricos asociados al mantenimiento y operación de los equipos críticos. Este avance ha contribuido a la creación de un entorno de trabajo más seguro y ha fortalecido la cultura de seguridad dentro de la organización, fomentando prácticas responsables y conscientes entre el personal.

Desde una perspectiva operativa, el protocolo ha mejorado notablemente la eficiencia de los procesos al reducir la frecuencia de fallas eléctricas y optimizar las actividades de mantenimiento preventivo. Estas mejoras han disminuido de manera significativa los tiempos de inactividad no planificados, aumentando la continuidad operativa y la productividad de la mina. La optimización de costos es otro resultado clave, evidenciado por la reducción en los gastos asociados a mantenimientos correctivos y la prolongación de la vida útil de los equipos eléctricos.

Estos ahorros han demostrado que el protocolo no solo es una herramienta técnica efectiva, sino también una inversión rentable con un retorno económico considerable.

Adicionalmente, el cumplimiento de normativas y estándares de la industria ha sido asegurado a través de la aplicación del protocolo, evitando sanciones regulatorias y mejorando la reputación corporativa de la minera. Este cumplimiento refuerza el compromiso de la empresa con la sostenibilidad, la responsabilidad social y el desempeño ambiental. Por último, desde una perspectiva financiera, el análisis de indicadores como el VAN, TIR, PRI e IVAN ha identificado que el financiamiento impuro al 75% es la opción más favorable, proporcionando un equilibrio óptimo entre la rentabilidad y la eficiencia en el uso del capital invertido. En conjunto, estas conclusiones destacan cómo el protocolo no solo satisface las necesidades inmediatas de la operación minera, sino que también establece una base sólida para el crecimiento sostenible, la innovación y la competitividad a largo plazo.

BIBLIOGRAFÍA

González, R. (2019). *Nuevas técnicas de prueba en motores eléctricos*. En *Congreso Internacional de Electrónica*, Buenos Aires, Argentina.

Instituto de Normas Técnicas. (2020). *Normas para seguridad eléctrica en minería* (INT-2020). Instituto Nacional de Normas Técnicas.

Martínez, L. (2018). *Impacto del aislamiento eléctrico en la minería* (Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Chile). Recuperado de http://repositorio.universidadsantiago.cl/tesis/martinez2018

Megger Inc. (2021). *Manual de usuario del megóhmetro MIT1025*. Recuperado de https://www.megger.com/manuales/MIT1025

Pérez, A., & López, M. (2021). Avances en tecnología de aislamiento eléctrico. *Revista de Ingeniería Eléctrica*, 35(2), 123–145. https://doi.org/xx.xxxx/rie.2021.35.2.123 *(reemplazar por DOI real si está disponible)*

Rodríguez, S. (2022). *Innovaciones en tecnología eléctrica*. Editorial Electrotec.

Smith, J. (2020). *Principios de electricidad aplicada*. Editorial Científica.

GLOSARIO

- **Aisladores:** son piezas construidas con materiales que presentan alta resistividad al paso de electricidad y al movimiento de cargas. Son capaces de presentar una propiedad dieléctrica.

- **Área de Trabajo:** contempla toda el área que se verá afectada en 360 grados, ya sea directa o indirectamente durante los trabajos.

- **ARO:** Análisis de Riesgo Operacional.

- **Barrera blandas:** se define como barreras blandas, aquellos elementos de demarcación y de advertencia que pueden ser fácilmente sobrepasadas y no "evitan el ingreso no autorizado a un área ni la caída de personas de distinto nivel". Por ejemplo: conos con bastones de seguridad.

- **Candado para Control de Energía:** Es un candado de seguridad que va acompañado con una tarjeta de bloqueo CE y es utilizado por el coordinador de energía, para bloquear el aparato aislador de energía del o los equipos y/o instalaciones a intervenir.

- **Circuito Eléctrico:** es el conjunto de elementos eléctricos conectados entre sí que permiten generar, transportar y utilizar la energía eléctrica con la finalidad de transformarla en otro tipo de energía como, por ejemplo, energía calorífica (estufa), energía lumínica (bombilla) o energía mecánica (motor).

- **Conductor Eléctrico:** es un material que ofrece poca resistencia al movimiento de la carga eléctrica. Sus átomos se caracterizan por tener pocos electrones en su capa de valencia, por lo que no se necesita mucha energía para que estos salten de un átomo a otro.

- **CCMC:** Compañía Contractual Minera Candelaria.

- **Desenergizar:** Dejar sin energía totalmente uno o más conductores de corriente eléctrica o equipos, para realizar reparaciones, adiciones o extensiones de estos de manera segura.

- **Diagrama Unifilar:** es una representación gráfica simplificada de flujos y/o relaciones entre elementos de un sistema eléctrico.

- **Equipo eléctrico:** Término aplicable a aparatos de maniobra, regulación, seguridad o control y a los artefactos y accesorios que forman parte de una instalación eléctrica. Dependiendo de su forma constructiva y características de resistencia a la acción del medio ambiente.

- **EPP:** Elementos de Protección Personal.

- **Electrodo de Tierra:** Barra de cobre conectada eléctricamente a tierra que permite la descarga de corrientes de fuga a través de esta.

- **Fusibles:** Dispositivo de protección contra sobrecorriente, con una parte fundible para apertura de un circuito, que se calienta y rompe por el paso de una sobrecorriente a través de ella.

- **Interruptor o Breaker:** Dispositivo diseñado para que abra y cierre un circuito de manera no automática, y para que abra el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada, sin daños para sí mismo cuando esté aplicado correctamente dentro de su rango nominal.

- **IPTC:** Identificación de Peligro de Tareas Críticas.

- **LOTOTO:** Proceso de Seguridad Obligatorio, orientado a proteger al empleado afectado antes de intervenir un equipo y/o instalación, ya sea por mantención,

reparación o inspección, con el fin de asegurar que las fuentes de energías relacionadas con dicho trabajo están efectivamente aisladas y controladas, logrando que el o los equipos y/o instalaciones a intervenir, NO puedan ser puestos en marcha o se liberen energías en forma involuntaria.

- **Malla de Puesta a Tierra:** Sistema de electrodos de tierra interconectados, compuesto de un número de conductores desnudos enterrados, que proporciona una base de potencial común de conexión a tierra para los dispositivos eléctricos o estructuras metálicas, para obtener una medida de protección adicional, minimizando el peligro a la exposición a altos voltajes de paso o de contacto.

- **MCC:** Centro de control de motores, cubículo en donde se encuentran dispuesto el sistema de partida, control y protecciones eléctricas hacia los motores y equipos.

- **Motor eléctrico:** dispositivo encargado de transformar energía eléctrica en energía mecánica.

- **NFPA 70E:** Normas para seguridad eléctrica en lugar de trabajo.

- **Planos Eléctricos:** es la representación de los diferentes circuitos que componen y definen las características de una instalación eléctrica y donde se detallan las particularidades de los materiales y dispositivos existentes.

- **PCC:** Pautas Controles Críticas.

- **Pretarea:** Procedimiento de Evaluación y Control de Riesgos.

- **Protecciones Eléctricas:** Elemento o conjunto de elementos que directa o indirectamente protegen a un equipo o instalación eléctrica ante la ocurrencia de condiciones anormales de servicio.

- **Puesta a tierra:** Toma o conexión que permite el establecimiento de un circuito de retorno a tierra y el mantenimiento de su potencial de tierra.

- **Puesta a tierra temporal:** Puesta a tierra provisional de las líneas de transmisión y de distribución sin electricidad, que se utiliza con la finalidad de proteger a los linieros u operarios, mientras duran los trabajos de construcción o de mantención de estas instalaciones.

- **Sala eléctrica (WD):** Lugar en donde es distribuida la energía eléctrica a diferentes equipos periféricos para la utilización en algún proceso.

- **SAP:** El nombre es la sigla del nombre alemán original de la empresa: Systemanalyse Programmentwicklung, que se traduce como "desarrollo de programas de sistemas de análisis". SAP es uno de los principales productores mundiales de software para gestión de procesos de negocio, y desarrolla soluciones que facilitan el procesamiento eficaz de datos y el flujo de información entre las organizaciones.

- **Sistema de gestión integridad instalaciones eléctricas (SGIIE):** Es el conjunto de actividades sistemáticas, debidamente formalizadas y documentadas, destinadas a controlar los riesgos de accidentes y daños a las personas o las cosas, que una organización se propone cumplir en un período determinado. En las etapas de diseño, construcción, inspección de construcción, puesta en marcha, operación, mantención, inspección posterior a la puesta en marcha y abandono, en conformidad a las normas y a las disposiciones establecidas por la SEC.

- **SEC:** Superintendencia de Electricidad y Combustibles.
- **Subestaciones:** Conjunto de instalaciones de una red de suministro eléctrico, que se encarga de la transformación y distribución de la energía eléctrica.

- **Switchgear (SG):** Alimentador eléctrico a los MCC.

- **Tarjeta:** identifica a la persona responsable que deja fuera de servicio el equipo o Instalación e identifica el motivo por que se toma esta decisión. Sus características se mencionan en estándar anexo al Reglamento.

- **Tablero o Gabinete:** Envolvente diseñado para montaje superficial o empotrado y consta de un marco o contramarco, del cual se sostiene(n) o puede(n) sostener una(s) puerta(s) de bisagra.

- **Tierra de Servicio:** Se entenderá por tierra de servicio la puesta a tierra de un punto de la alimentación, en particular el neutro del empalme en caso de instalaciones conectadas en BT o el neutro del transformador que alimente la instalación en caso de empalmes en media o alta tensión, alimentados con transformadores monofásicos o trifásicos con su secundario conectado en estrella.

- **Tierra de Protección:** Se entenderá por tierra de protección a la puesta a tierra de toda pieza conductora que no forma parte del circuito activo, pero que en condiciones de falla puede quedar energizada. Su finalidad es proteger a las personas contra tensiones de contacto peligrosas.

- **Transformador (XF):** Dispositivo que transforma un voltaje y/o corriente desde un valor primario a un secundario, el cual puede ser conectado como elevador o reductor.

- **Transformador de corriente TC:** Los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.

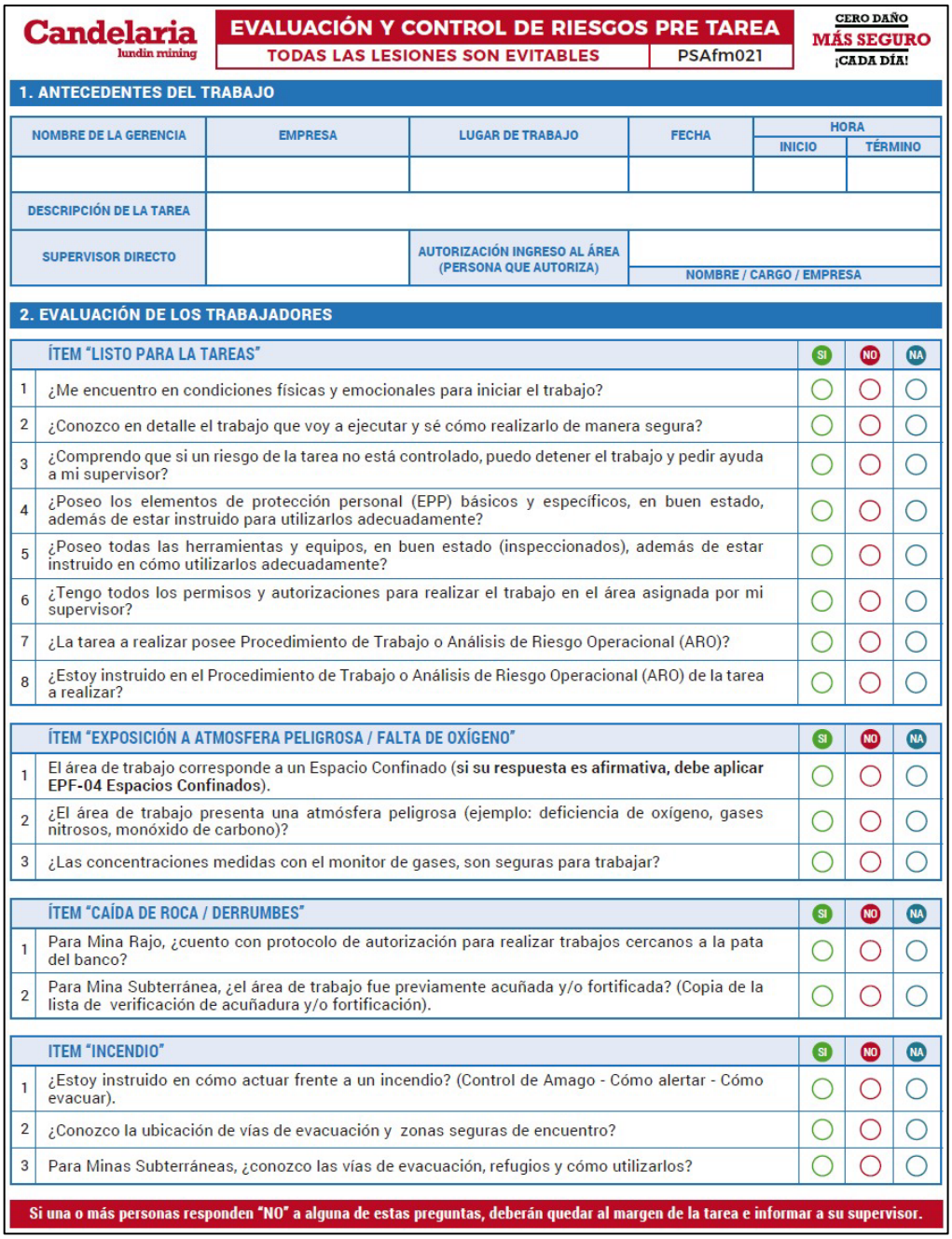
- **Transformador de potencial TP:** Los transformadores de potencial se utilizan para tomar muestras de voltaje de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible,

para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida, u otros dispositivos de medida y control.

ANEXO A

FORMATOS

A.1. Formato pretarea impartida por Minera Candelaria primera hoja



Candelaria
lundin mining

EVALUACIÓN Y CONTROL DE RIESGOS PRE TAREA

TODAS LAS LESIONES SON EVITABLES | PSAfm021

CERO DAÑO
MÁS SEGURO
¡CADA DÍA!

1. ANTECEDENTES DEL TRABAJO

NOMBRE DE LA GERENCIA	EMPRESA	LUGAR DE TRABAJO	FECHA	HORA	
				INICIO	TÉRMINO
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA					
SUPERVISOR DIRECTO		AUTORIZACIÓN INGRESO AL ÁREA (PERSONA QUE AUTORIZA)	NOMBRE / CARGO / EMPRESA		

2. EVALUACIÓN DE LOS TRABAJADORES

	ÍTEM "LISTO PARA LA TAREAS"	SI	NO	NA
1	¿Me encuentro en condiciones físicas y emocionales para iniciar el trabajo?	○	○	○
2	¿Conozco en detalle el trabajo que voy a ejecutar y sé cómo realizarlo de manera segura?	○	○	○
3	¿Comprendo que si un riesgo de la tarea no está controlado, puedo detener el trabajo y pedir ayuda a mi supervisor?	○	○	○
4	¿Poseo los elementos de protección personal (EPP) básicos y específicos, en buen estado, además de estar instruido para utilizarlos adecuadamente?	○	○	○
5	¿Poseo todas las herramientas y equipos, en buen estado (inspeccionados), además de estar instruido en cómo utilizarlos adecuadamente?	○	○	○
6	¿Tengo todos los permisos y autorizaciones para realizar el trabajo en el área asignada por mi supervisor?	○	○	○
7	¿La tarea a realizar posee Procedimiento de Trabajo o Análisis de Riesgo Operacional (ARO)?	○	○	○
8	¿Estoy instruido en el Procedimiento de Trabajo o Análisis de Riesgo Operacional (ARO) de la tarea a realizar?	○	○	○

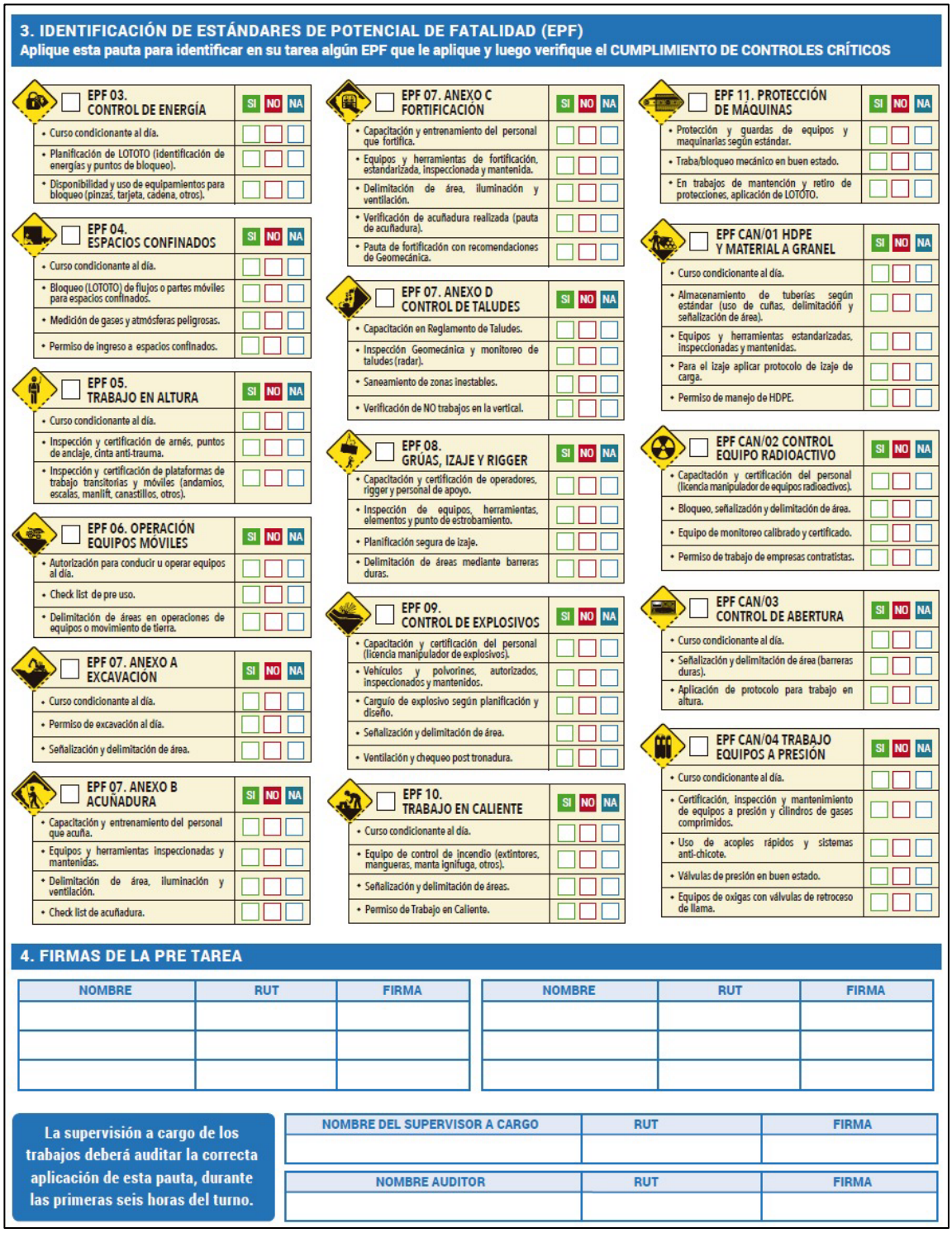
	ÍTEM "EXPOSICIÓN A ATMOSFERA PELIGROSA / FALTA DE OXÍGENO"	SI	NO	NA
1	El área de trabajo corresponde a un Espacio Confinado (**si su respuesta es afirmativa, debe aplicar EPF-04 Espacios Confinados**).	○	○	○
2	¿El área de trabajo presenta una atmósfera peligrosa (ejemplo: deficiencia de oxígeno, gases nitrosos, monóxido de carbono)?	○	○	○
3	¿Las concentraciones medidas con el monitor de gases, son seguras para trabajar?	○	○	○

	ÍTEM "CAÍDA DE ROCA / DERRUMBES"	SI	NO	NA
1	Para Mina Rajo, ¿cuento con protocolo de autorización para realizar trabajos cercanos a la pata del banco?	○	○	○
2	Para Mina Subterránea, ¿el área de trabajo fue previamente acuñada y/o fortificada? (Copia de la lista de verificación de acuñadura y/o fortificación).	○	○	○

	ITEM "INCENDIO"	SI	NO	NA
1	¿Estoy instruido en cómo actuar frente a un incendio? (Control de Amago - Cómo alertar - Cómo evacuar).	○	○	○
2	¿Conozco la ubicación de vías de evacuación y zonas seguras de encuentro?	○	○	○
3	Para Minas Subterráneas, ¿conozco las vías de evacuación, refugios y cómo utilizarlos?	○	○	○

Si una o más personas responden "NO" a alguna de estas preguntas, deberán quedar al margen de la tarea e informar a su supervisor.

A.2. Formato pretarea impartida por Minera Candelaria segunda hoja



3. IDENTIFICACIÓN DE ESTÁNDARES DE POTENCIAL DE FATALIDAD (EPF)

Aplique esta pauta para identificar en su tarea algún EPF que le aplique y luego verifique el CUMPLIMIENTO DE CONTROLES CRÍTICOS

EPF 03. CONTROL DE ENERGÍA	SI	NO	NA
• Curso condicionante al día.			
• Planificación de LOTOTO (identificación de energías y puntos de bloqueo).			
• Disponibilidad y uso de equipamientos para bloqueo (pinzas, tarjeta, cadena, otros).			

EPF 04. ESPACIOS CONFINADOS	SI	NO	NA
• Curso condicionante al día.			
• Bloqueo (LOTOTO) de flujos o partes móviles para espacios confinados.			
• Medición de gases y atmósferas peligrosas.			
• Permiso de ingreso a espacios confinados.			

EPF 05. TRABAJO EN ALTURA	SI	NO	NA
• Curso condicionante al día.			
• Inspección y certificación de arnés, puntos de anclaje, cinta anti-trauma.			
• Inspección y certificación de plataformas de trabajo transitorias y móviles (andamios, escalas, manlift, canastillos, otros).			

EPF 06. OPERACIÓN EQUIPOS MÓVILES	SI	NO	NA
• Autorización para conducir u operar equipos al día.			
• Check list de pre uso.			
• Delimitación de áreas en operaciones de equipos o movimiento de tierra.			

EPF 07. ANEXO A EXCAVACIÓN	SI	NO	NA
• Curso condicionante al día.			
• Permiso de excavación al día.			
• Señalización y delimitación de área.			

EPF 07. ANEXO B ACUÑADURA	SI	NO	NA
• Capacitación y entrenamiento del personal que acuña.			
• Equipos y herramientas inspeccionadas y mantenidas.			
• Delimitación de área, iluminación y ventilación.			
• Check list de acuñadura.			

EPF 07. ANEXO C FORTIFICACIÓN	SI	NO	NA
• Capacitación y entrenamiento del personal que fortifica.			
• Equipos y herramientas de fortificación, estandarizada, inspeccionada y mantenida.			
• Delimitación de área, iluminación y ventilación.			
• Verificación de acuñadura realizada (pauta de acuñadura).			
• Pauta de fortificación con recomendaciones de Geomecánica.			

EPF 07. ANEXO D CONTROL DE TALUDES	SI	NO	NA
• Capacitación en Reglamento de Taludes.			
• Inspección Geomecánica y monitoreo de taludes (radar).			
• Saneamiento de zonas inestables.			
• Verificación de NO trabajos en la vertical.			

EPF 08. GRÚAS, IZAJE Y RIGGER	SI	NO	NA
• Capacitación y certificación de operadores, rigger y personal de apoyo.			
• Inspección de equipos, herramientas, elementos y punto de estrobamiento.			
• Planificación segura de izaje.			
• Delimitación de áreas mediante barreras duras.			

EPF 09. CONTROL DE EXPLOSIVOS	SI	NO	NA
• Capacitación y certificación del personal (licencia manipulador de explosivos).			
• Vehículos y polvorines, autorizados, inspeccionados y mantenidos.			
• Carguío de explosivo según planificación y diseño.			
• Señalización y delimitación de área.			
• Ventilación y chequeo post tronadura.			

EPF 10. TRABAJO EN CALIENTE	SI	NO	NA
• Curso condicionante al día.			
• Equipo de control de incendio (extintores, mangueras, manta ignífuga, otros).			
• Señalización y delimitación de áreas.			
• Permiso de Trabajo en Caliente.			

EPF 11. PROTECCIÓN DE MÁQUINAS	SI	NO	NA
• Protección y guardas de equipos y maquinarias según estándar.			
• Traba/bloqueo mecánico en buen estado.			
• En trabajos de mantención y retiro de protecciones, aplicación de LOTOTO.			

EPF CAN/01 HDPE Y MATERIAL A GRANEL	SI	NO	NA
• Curso condicionante al día.			
• Almacenamiento de tuberías según estándar (uso de cuñas, delimitación y señalización de área).			
• Equipos y herramientas estandarizadas, inspeccionadas y mantenidas.			
• Para el izaje aplicar protocolo de izaje de carga.			
• Permiso de manejo de HDPE.			

EPF CAN/02 CONTROL EQUIPO RADIOACTIVO	SI	NO	NA
• Capacitación y certificación del personal (licencia manipulador de equipos radioactivos).			
• Bloqueo, señalización y delimitación de área.			
• Equipo de monitoreo calibrado y certificado.			
• Permiso de trabajo de empresas contratistas.			

EPF CAN/03 CONTROL DE ABERTURA	SI	NO	NA
• Curso condicionante al día.			
• Señalización y delimitación de área (barreras duras).			
• Aplicación de protocolo para trabajo en altura.			

EPF CAN/04 TRABAJO EQUIPOS A PRESIÓN	SI	NO	NA
• Curso condicionante al día.			
• Certificación, inspección y mantenimiento de equipos a presión y cilindros de gases comprimidos.			
• Uso de acoples rápidos y sistemas anti-chicote.			
• Válvulas de presión en buen estado.			
• Equipos de oxigas con válvulas de retroceso de llama.			

4. FIRMAS DE LA PRE TAREA

NOMBRE	RUT	FIRMA

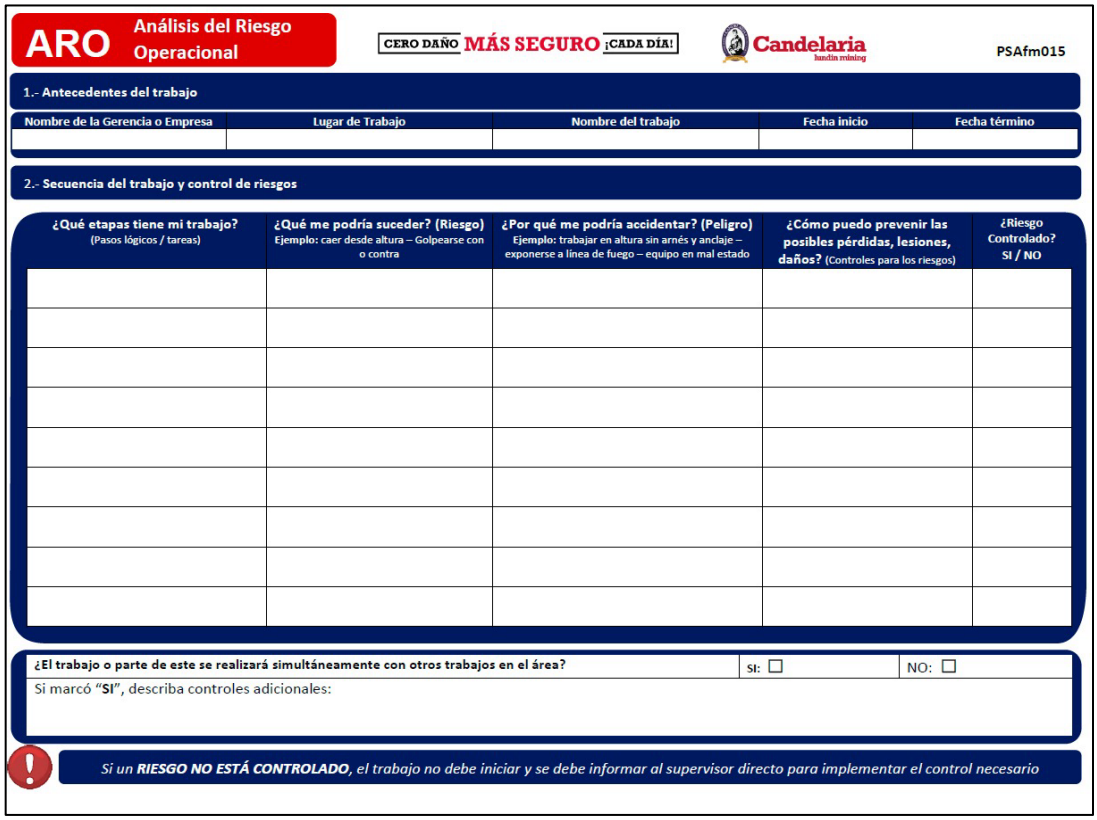
NOMBRE	RUT	FIRMA

La supervisión a cargo de los trabajos deberá auditar la correcta aplicación de esta pauta, durante las primeras seis horas del turno.

NOMBRE DEL SUPERVISOR A CARGO	RUT	FIRMA

NOMBRE AUDITOR	RUT	FIRMA

A.3. Formato ARO impartido por Minera Candelaria primera hoja.



ARO Análisis del Riesgo Operacional

CERO DAÑO MÁS SEGURO ¡CADA DÍA!

Candelaria hundin mining

PSAfm015

1.- Antecedentes del trabajo

Nombre de la Gerencia o Empresa	Lugar de Trabajo	Nombre del trabajo	Fecha inicio	Fecha término

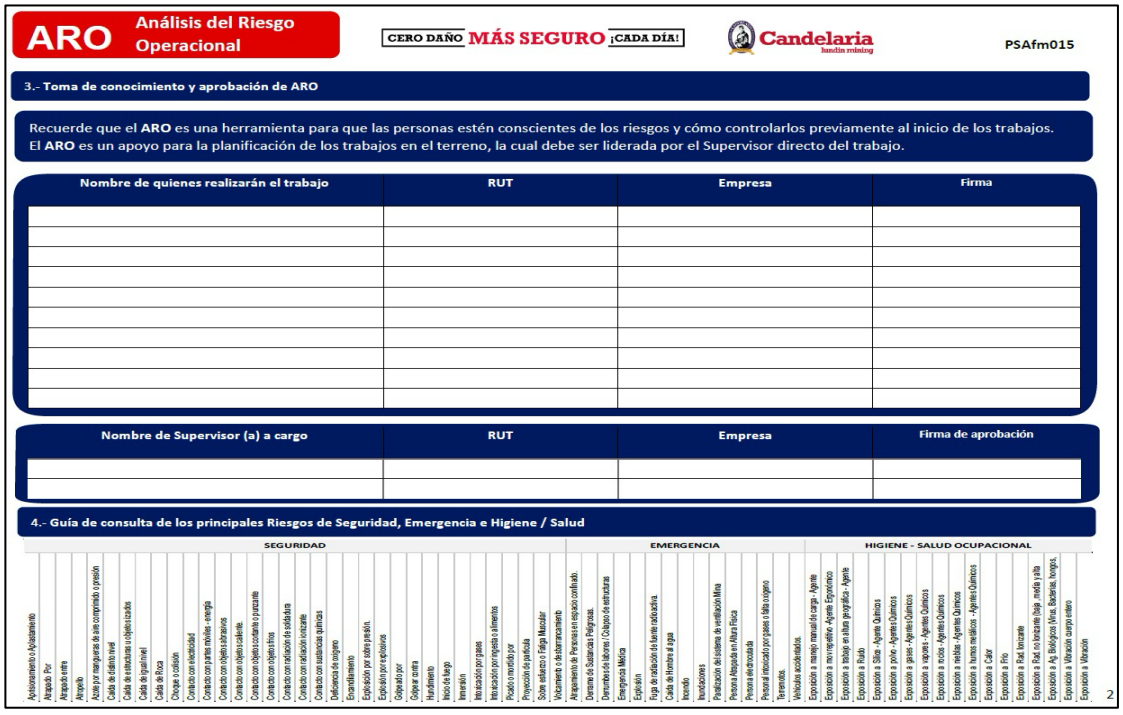
2.- Secuencia del trabajo y control de riesgos

¿Qué etapas tiene mi trabajo? (Pasos lógicos / tareas)	¿Qué me podría suceder? (Riesgo) Ejemplo: caer desde altura – Golpearse con o contra	¿Por qué me podría accidentar? (Peligro) Ejemplo: trabajar en altura sin arnés y anclaje – exponerse a línea de fuego – equipo en mal estado	¿Cómo puedo prevenir las posibles pérdidas, lesiones, daños? (Controles para los riesgos)	¿Riesgo Controlado? SI / NO

¿El trabajo o parte de este se realizará simultáneamente con otros trabajos en el área?	SI: ☐	NO: ☐
Si marcó "**SI**", describa controles adicionales:		

*Si un **RIESGO NO ESTÁ CONTROLADO**, el trabajo no debe iniciar y se debe informar al supervisor directo para implementar el control necesario*

A.4. Formato ARO impartido por Minera Candelaria segunda hoja



ARO Análisis del Riesgo Operacional

CERO DAÑO MÁS SEGURO ¡CADA DÍA!

Candelaria lundin mining

PSAfm015

3.- Toma de conocimiento y aprobación de ARO

Recuerde que el **ARO** es una herramienta para que las personas estén conscientes de los riesgos y cómo controlarlos previamente al inicio de los trabajos.
El **ARO** es un apoyo para la planificación de los trabajos en el terreno, la cual debe ser liderada por el Supervisor directo del trabajo.

Nombre de quienes realizarán el trabajo	RUT	Empresa	Firma

Nombre de Supervisor (a) a cargo	RUT	Empresa	Firma de aprobación

4.- Guía de consulta de los principales Riesgos de Seguridad, Emergencia e Higiene / Salud

SEGURIDAD

Aplastamiento o Atrapamiento
Atrapado Por
Atrapado entre
Atropello
Azote por manguera de alta comprimido o presión
Caída de distinto nivel
Caída de estructuras o objetos izcados
Caída de igual nivel
Caída de Roca
Choque o colisión
Contacto con electricidad
Contacto con partes moviles - energia
Contacto con objetos cortantes
Contacto con objetos calientes.
Contacto con objetos contante o punzante
Contacto con objetos fijos
Contacto con oxidación de estructura
Contacto con oxidación industrial
Contacto con sustancias quimicas
Deficiencia de oxigeno
Encandilamiento
Explosión por sobre presión.
Explosión por explosivos
Golpeado por
Golpear contra
Hundimiento
Inicio de fuego
Inmersión
Intoxicación por gases
Intoxicación por ingesta o alimentos
Picadura o mordida por
Proyección de particula
Sobre esfuerzo / Fatiga Muscular
Volcamiento o descarrilamiento

EMERGENCIA

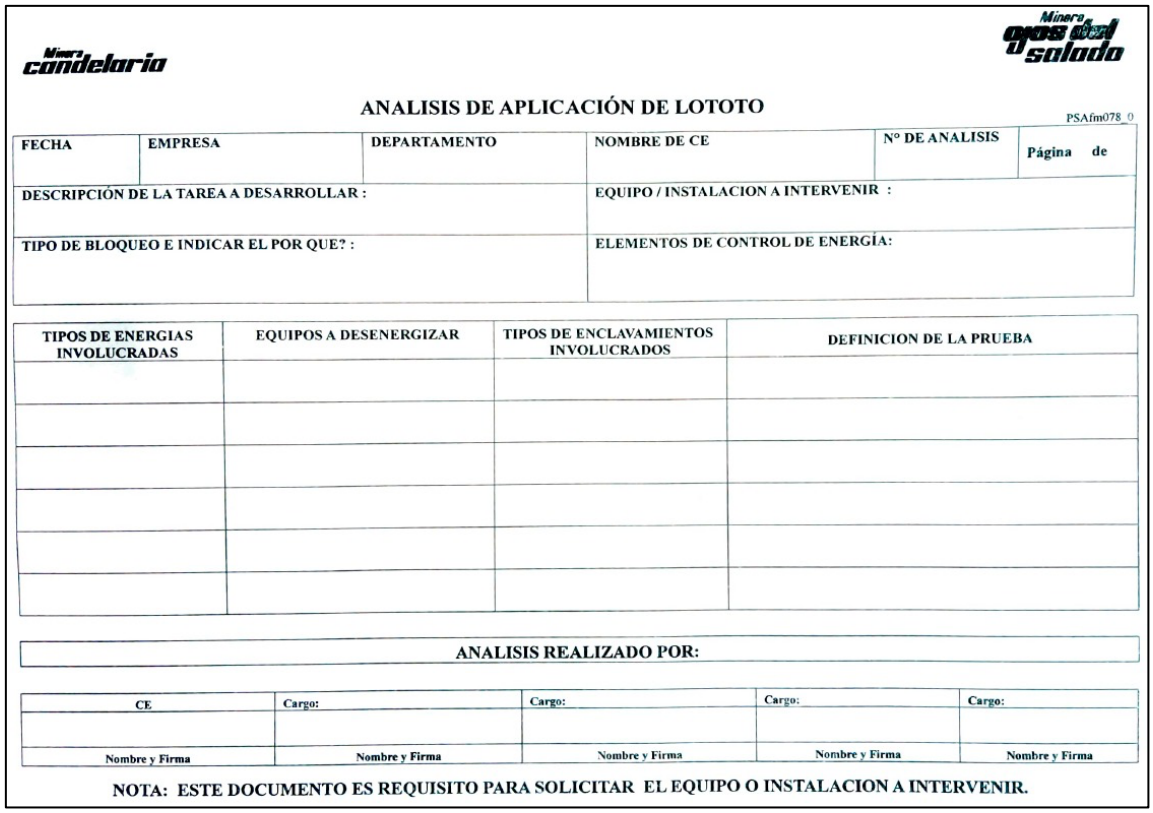
Atrapamiento de Personas en espacio confinado.
Derrame de Sustancias Peligrosas.
Derrumbes de labores / Colapso de estructuras
Emergencia Medica
Explosión
Fuga de relación de barrio radioactiva.
Caída de Hombre al agua
Incendio
Inundaciones
Paralización de sistema de ventilación Mina
Persona Atrapada en Altura Física
Persona electrocutada
Personal intoxicado por gases o falta oxigeno
Terremotos.
Vehículos accidentados.

HIGIENE - SALUD OCUPACIONAL

Exposición a manejo manual de carga - Agente
Exposición a movimientos - Agente Ergonómico
Exposición a trabajo en altas geográfica - Agente
Exposición a Ruido
Exposición a Silice - Agente Químicos
Exposición a polvo - Agentes Químicos
Exposición a gases - Agentes Químicos
Exposición a vapores - Agentes Químicos
Exposición a acidos - Agentes Químicos
Exposición a neblas - Agentes Químicos
Exposición a humos metálicos - Agentes Químicos
Exposición a Calor
Exposición a Frio
Exposición a Rad. Ionizante
Exposición a Rad. no Ionizante(fuga , media y alta
Exposición a Ag. Biológicos (Virus, Bacterias, hongos.
Exposición a Vibración cuerpo entero
Exposición a Vibración

2

A.5. Formato LOTOTO impartido por Minera Candelaria



Minera candelaria

Minera Operadora Candelaria Salvador

ANALISIS DE APLICACIÓN DE LOTOTO

PSAfm078_0

FECHA	EMPRESA	DEPARTAMENTO	NOMBRE DE CE	N° DE ANALISIS	Página de
DESCRIPCIÓN DE LA TAREA A DESARROLLAR :			EQUIPO / INSTALACION A INTERVENIR :		
TIPO DE BLOQUEO E INDICAR EL POR QUE? :			ELEMENTOS DE CONTROL DE ENERGÍA:		

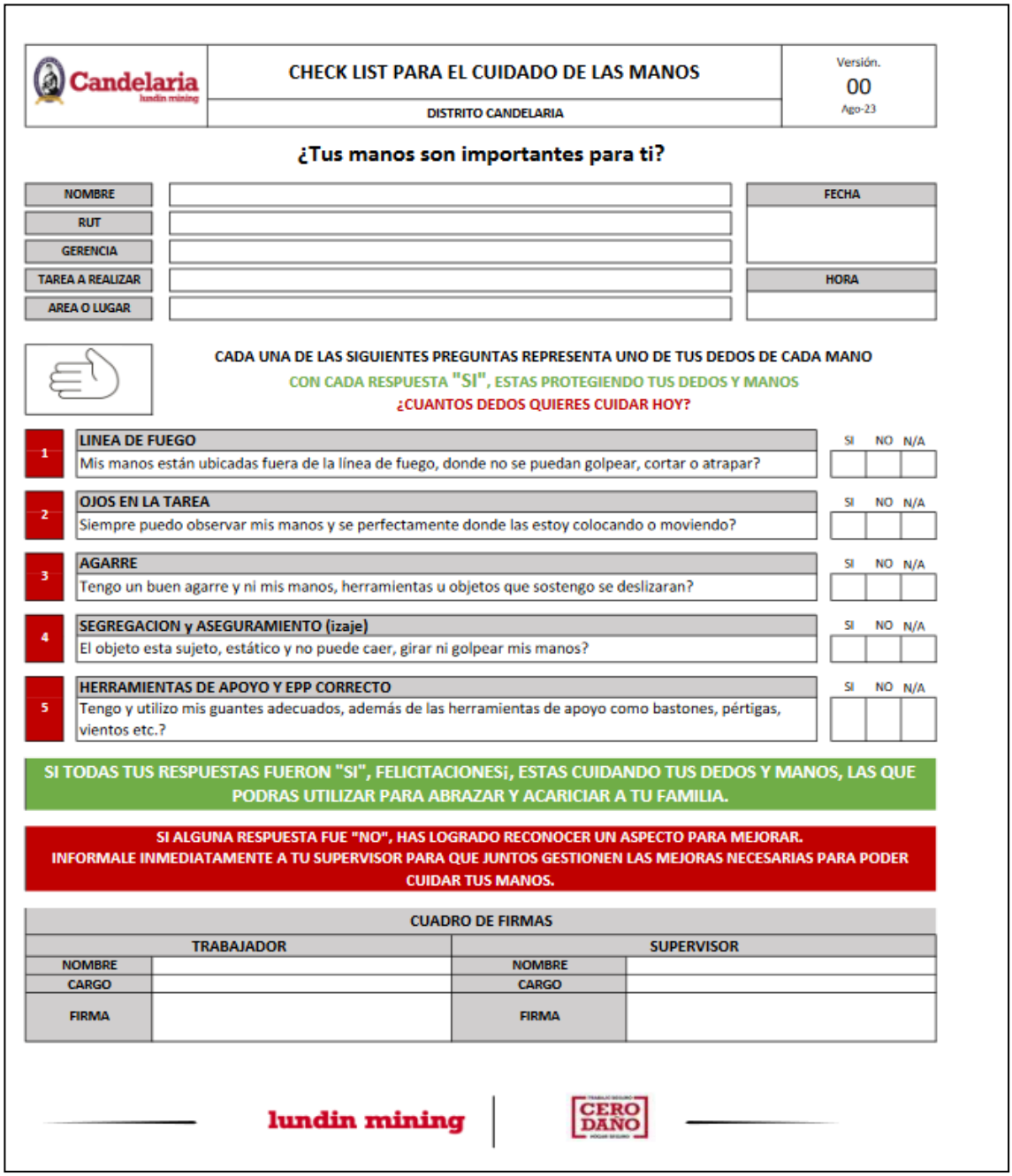
TIPOS DE ENERGIAS INVOLUCRADAS	EQUIPOS A DESENERGIZAR	TIPOS DE ENCLAVAMIENTOS INVOLUCRADOS	DEFINICION DE LA PRUEBA

ANALISIS REALIZADO POR:

CE	Cargo:	Cargo:	Cargo:	Cargo:
Nombre y Firma	Nombre y Firma	Nombre y Firma	Nombre y Firma	Nombre y Firma

NOTA: ESTE DOCUMENTO ES REQUISITO PARA SOLICITAR EL EQUIPO O INSTALACION A INTERVENIR.

A.6. Check list para el cuidado de las manos impartido por Minera Candelaria



Candelaria lundin mining	CHECK LIST PARA EL CUIDADO DE LAS MANOS DISTRITO CANDELARIA	Versión. 00 Ago-23

¿Tus manos son importantes para ti?

NOMBRE		FECHA	
RUT			
GERENCIA			
TAREA A REALIZAR		HORA	
AREA O LUGAR			

CADA UNA DE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS REPRESENTA UNO DE TUS DEDOS DE CADA MANO

CON CADA RESPUESTA "SI", ESTAS PROTEGIENDO TUS DEDOS Y MANOS

¿CUANTOS DEDOS QUIERES CUIDAR HOY?

		SI	NO	N/A
1	**LINEA DE FUEGO** Mis manos están ubicadas fuera de la línea de fuego, donde no se puedan golpear, cortar o atrapar?			
2	**OJOS EN LA TAREA** Siempre puedo observar mis manos y se perfectamente donde las estoy colocando o moviendo?			
3	**AGARRE** Tengo un buen agarre y ni mis manos, herramientas u objetos que sostengo se deslizaran?			
4	**SEGREGACION y ASEGURAMIENTO (izaje)** El objeto esta sujeto, estático y no puede caer, girar ni golpear mis manos?			
5	**HERRAMIENTAS DE APOYO Y EPP CORRECTO** Tengo y utilizo mis guantes adecuados, además de las herramientas de apoyo como bastones, pértigas, vientos etc.?			

SI TODAS TUS RESPUESTAS FUERON "SI", FELICITACIONES¡, ESTAS CUIDANDO TUS DEDOS Y MANOS, LAS QUE PODRAS UTILIZAR PARA ABRAZAR Y ACARICIAR A TU FAMILIA.

SI ALGUNA RESPUESTA FUE "NO", HAS LOGRADO RECONOCER UN ASPECTO PARA MEJORAR.
INFORMALE INMEDIATAMENTE A TU SUPERVISOR PARA QUE JUNTOS GESTIONEN LAS MEJORAS NECESARIAS PARA PODER CUIDAR TUS MANOS.

CUADRO DE FIRMAS			
TRABAJADOR		SUPERVISOR	
NOMBRE		NOMBRE	
CARGO		CARGO	
FIRMA		FIRMA	

lundin mining | CERO DAÑO

A.7. Plantilla de inspección de estado de motor

DEPARTAMENTO MANTENIMIENTO ELECTRICO					
FAENA		PROGRAMA DE INSPECCION			
LUGAR		PLANILLA INSPECCION DE ESTADO MOTOR			
TURNO		JMT-MAN	FECHA		

DATOS DE EQUIPO MEDIDA							
Información general:							
EQUIPO		MARCA		MODELO		TENSION (V)	

DATOS DE MOTOR			
DATOS DE PLACA		Registro	
N° Serie		Potencia:	
Marca/Modelo		Tensión YΔ	
UBICACIÓN		Corriente:	

INSPECCIONES				
ITEM	Grave	Leve	Sin Novedad	RESULTADOS MEDICION
Medición de resistividad bobina				
MEDICION DE BOBINA 1 A 4				
MEDICION DE BOBINAS 2 A 5				
MEDICION DE BOBINAS 3 A 6				
Medición de aislación				
MEDICION ENTRE FASE L1 A MASA				
MEDICION ENTRE FASE L2 A MASA				
MEDICION ENTRE FASE L3 A MASA				
MEDICION ENTRE FASE L4 A MASA				
MEDICION ENTRE FASE L5 A MASA				
MEDICION ENTRE FASE L6 A MASA				

DESCRIPCION DE LA FALLA
-Conclusión :

Protocolo de recepción:					
Supervisor JMT		Fecha		Firma	
Planificador JMT		Fecha		Firma	
Realizado Por		Fecha/Hora			