

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Eléctrica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Evaluación de rele diferencial ELR-3C para el equipo  
electrohidraulico jumbo Atlas Copco en la unidad  
minera El Brocal, 2024**

Hector John Condori Paucar

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electricista

Huancayo, 2024

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

**A** : Decano de la Facultad de Ingeniería  
**DE** : Ing. Percy Javier Juan De Dios Ortiz  
Asesor de trabajo de investigación  
**ASUNTO** : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación  
**FECHA** : 9 de abril de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

**Título:**

**EVALUACION DE RELE DIFERENCIAL ELR-3C PARA EL EQUIPO ELECTROHIDRAULICO JUMBO ATLAS COPCO EN LA UNIDAD MINERA EL BROCAL, 2024**

**Autor:**

**HECTOR JOHN CONDORI PAUCAR** – EAP. Ingeniería Eléctrica

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- |   |  |  |
|---|--|--|
| ) Filtro de exclusión de bibliografía   | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/>            |
| ) Filtro de exclusión de grupos de palabras menores<br>Nº de palabras excluidas (40): | SI <input checked="" type="checkbox"/> | NO <input type="checkbox"/>            |
| ) Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante                       | SI <input type="checkbox"/>            | NO <input checked="" type="checkbox"/> |

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,

**La firma del asesor obra en el archivo original**  
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

## ÍNDICE

<b>Agradecimiento</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>x</b>
<b>Resumen</b> .....	<b>xii</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Capítulo I</b> .....	<b>15</b>
<b>Aspectos generales</b> .....	<b>15</b>
1.1. Datos generales .....	15
1.2. Actividades principales .....	15
1.3. Reseña histórica de la empresa sociedad minera El Brocal S. A. A. ....	16
1.4. Organigrama de la empresa sociedad minera El Brocal S. A. A.....	17
1.5. Visión y misión de la empresa sociedad minera El Brocal S. A. A. ....	18
1.5.1. Visión.....	18
1.5.2. Misión .....	18
1.6. Valores .....	18
1.7. Bases legales .....	19
1.7.1. Constitución de la empresa sociedad minera El Brocal S. A. A. ....	19
1.7.2. Bases legales y administrativas de maniobras .....	19
1.8. Descripción del área donde realizó sus actividades profesionales .....	20
1.9. Descripción del cargo y de las responsabilidades del bachiller en la empresa unidad minera El Brocal .....	20
1.9.1. Cargo desempeñado .....	20
1.9.2. Descripción de las actividades desarrolladas en campo.....	20
<b>Capítulo II</b> .....	<b>22</b>
<b>Aspectos generales</b> .....	<b>22</b>
2.1. Diagnóstico situacional del proyecto .....	22
2.2. Identificación de oportunidad o necesidad en el área de actividad profesional .....	27
2.3. Objetivos de la actividad profesional .....	28
2.3.1. Objetivo general.....	28
2.3.2. Objetivos específicos .....	29
2.4. Justificación de la actividad profesional .....	29
2.4.1. Técnica.....	29

2.4.2. Económica .....	29
2.5. Resultados esperados .....	30
<b>Capítulo III.....</b>	<b>31</b>
<b>Marco teórico .....</b>	<b>31</b>
3.1. Actividades realizadas en el proyecto .....	31
3.2. Bases teóricas de las actividades realizadas .....	31
3.2.1. Parámetros eléctricos .....	31
3.2.2. Definiciones de términos básicos de los relés de protección .....	33
3.2.3. Definiciones de términos básicos de los equipos hidráulicos .....	38
3.2.4. Definiciones de términos básicos del sistema eléctrico asociado .....	46
3.2.5. Normativa legal.....	49
3.2.6. Antecedentes nacionales .....	50
3.2.7. Antecedentes internacionales .....	52
3.3. Resolución de consejo directivo del Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería N.º 227-2013-OS-CD .....	52
3.3.1. Base Legal.....	52
3.3.2. Glosario de términos .....	53
3.4. Alimentación eléctrica y características de la maquinaria pesada Jumbo Atlas Copco ...	54
3.4.1. Componentes principales .....	54
3.4.2. Generalidades de funcionamiento.....	55
3.4.3. Datos técnicos .....	56
3.4.4. Dimensiones.....	59
3.5. Procedimiento para la protección de maquinaria pesada y lineamientos .....	61
<b>Capítulo IV .....</b>	<b>62</b>
<b>Descripción de las actividades profesionales .....</b>	<b>62</b>
4.1. Descripción de actividades profesionales .....	62
4.1.1. Actividad 1: Evaluación del suministro eléctrico de la maquinaria Jumbo Atlas – Boomer 282.....	62
4.1.2. Actividad 2: Pruebas preliminares del sistema eléctrico y relé diferencial.....	63
4.1.3. Actividad 3: Pruebas de funcionamiento del relé diferencial bajo condiciones de carga hidráulica.....	63
4.1.4. Actividad 4: Ajustes y configuraciones del relé diferencial en entorno minero ....	64
4.1.5. Actividad 5: Pruebas de cortocircuito y evaluación de respuesta eléctrica.....	64
4.1.6. Actividad 6: Pruebas de cortocircuito y evaluación de respuesta eléctrica.....	65
4.1.7. Actividad 7: Plan de acción y mejora continua en el contexto minero.....	65
4.2. Enfoque de las actividades profesionales.....	66
4.2.1. Alcance de las actividades profesionales .....	66

4.3. Aspectos técnicos de la actividad profesional.....	66
4.3.1. Metodologías, técnicas e instrumentos .....	66
<b>Capítulo V.....</b>	<b>69</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>69</b>
5.1. Resultados finales de las actividades realizadas.....	69
5.1.1. Entrega documentaria respectiva afines al procedimiento de evaluación de protecciones y criterios .....	69
5.1.2. Procedimiento de evaluación del relé de protecciones previa.....	81
5.1.3. En el ámbito profesional .....	94
5.1.4. En el ámbito personal.....	95
5.2. Dificultades encontradas .....	95
5.3. Planteamiento de mejoras .....	96
5.3.1. Aporte de metodologías (propuestas) .....	97
5.3.2. Aportes del bachiller en la empresa .....	98
<b>Conclusiones .....</b>	<b>100</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>101</b>
<b>Lista de referencias .....</b>	<b>102</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>104</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Evolución histórica de la sociedad minera El Brocal S. A. A. ....	16
Tabla 2. Diagrama organizacional de la compañía Buenaventura .....	18
Tabla 3. Descripción del proyecto Tajo Norte .....	23
Tabla 4. Descripción del proyecto Marcapunta Norte .....	26
Tabla 5. Etapas de la planta concentradora de la sociedad minera El Brocal .....	28
Tabla 6. Componentes principales – maquinaria Jumbo Atlas .....	55
Tabla 7. Descripción general de funcionamiento.....	56
Tabla 8. Datos técnicos de la perforadora – Jumbo Atlas.....	57
Tabla 9. Datos técnicos de la alimentación – Jumbo Atlas.....	57
Tabla 10. Auge y sistemas – Jumbo Atlas .....	57
Tabla 11. Datos técnicos del transportador – Jumbo Atlas.....	58
Tabla 12. Procedimiento general de relés y equipos de protección para maquinaria pesada... 61	
Tabla 13. Verificación inicial del sistema eléctrico de la perforadora.....	69
Tabla 14. Leyenda Relé ELR – 3C Control .....	83
Tabla 15. Características eléctricas relé ELR - 3C .....	83
Tabla 16. Función principal Relé Vigirex RH99M.....	86
Tabla 17. Protocolo de códigos del sistema SAE J1939 para fallas eléctricas .....	89
Tabla 18. Diagnóstico de eventos y fallas del sistema del relé RH99M.....	90

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distrito minero de Colquijirca.....	22
Figura 2. Productividad de la mina Tajo Norte.....	24
Figura 3. Ley de cabeza de la mina Tajo Norte .....	24
Figura 4. Reservas y recursos de la mina Tajo Norte .....	25
Figura 5. Producción de la mina Marcapunta .....	26
Figura 6. Ley de cabeza de producción de cobre – mina Marcapunta.....	27
Figura 7. Reservas y recursos – mina Marcapunta .....	27
Figura 8. Relé diferencial 0.03-2A 230-400VAC/DC 1NA 1NC.....	34
Figura 9. Transformador de corriente para MP – EM45L .....	35
Figura 10. Sistema hidráulico típico (5).....	38
Figura 11. Cilindro hidráulico Finning (5).....	39
Figura 12. Bomba hidráulica RT-5621KH8 .....	40
Figura 13. Sistema de dirección valvular hidráulico.....	41
Figura 14. Excavadora hidráulica .....	42
Figura 15. Cargadora frontal.....	43
Figura 16. Perforadora Jumbo CYTJ45D .....	45
Figura 17. Tren de rodaje.....	46
Figura 18. Tablero de control de retroexcavadora .....	49
Figura 19. Jumbo Atlas Copco.....	55
Figura 20. Funcionamiento general de la maquina Jumbo Atlas Copco.....	56
Figura 21. Vista lateral.....	59
Figura 22. Área de cobertura .....	60
Figura 23. Radio de giro .....	60
Figura 24. Simbología eléctrica .....	71
Figura 25. Esquema de cableado general de motores Cummins QSK 19.....	72
Figura 26. Esquema de salidas y señales eléctricas de motores Cummins QSK 19 .....	73
Figura 27. Esquema de cableado de protecciones perforadora Cummins QSK 19.....	74
Figura 28. Esquema de cableado de refrigeración y diagnóstico Cummins QSK 19 .....	75
Figura 29. Esquema del conjunto de encabezado de motores Cummins QSK 19 .....	76
Figura 30. Esquema de localización de fallas por encendido de circuitos.....	76
Figura 31. Esquema del circuito de fuerza de perforación Motor CAT.....	77
Figura 32. Esquema de rotación y conmutación Motor CAT .....	78
Figura 33. Interfaz del sistema Powerview.....	79
Figura 34. Esquema de procesamiento de información protocolo CAN SAE J1939 .....	81

Figura 35. Relé ELR – 3C Control.....	83
Figura 36. Diagrama de cableado Relé ELR – 3C Control.....	84
Figura 37. Dimensiones Relé ELR – 3C Control.....	84
Figura 38. Vista en campo Relé ELR – 3C Control.....	85
Figura 39. Conexión Relé RH99M.....	87
Figura 40. Detalle de campo relé RH99M Vigirex.....	88
Figura 41. Ratio de perforación y ratio de rotación de los motores CAT y QSK 19 respectivamente .....	94
Figura 42. Circulación del circuito refrigerante por accionamiento de interruptor .....	94



## RESUMEN

Actualmente, las labores extractivas desempeñan un papel primal en el sector de la energía y la minería por la relevancia que tiene en la productividad energética del país, de la mano con la electricidad, dando cabida a toda la cadena de valor que genera, desde las actividades finales de refinamiento y exportación minera hasta el inicio, que es la obtención de la materia prima para su desarrollo y, como parte ello, se resalta la anticipación de la maquinaria pesada que es fundamental para su extracción, transporte y refinamiento. La maquinaria pesada desempeña un papel fundamental tanto en la industria minera como en el sector eléctrico, siendo un componente esencial para el desarrollo y la sostenibilidad de ambas áreas. En la minería, equipos como excavadoras, camiones de carga y perforadoras desempeñan un papel crucial en la extracción eficiente de minerales, garantizando la rentabilidad y la productividad de las operaciones. Por otro lado, en el ámbito de la electricidad, la maquinaria pesada está involucrada en la construcción y mantenimiento de infraestructuras clave, como plantas generadoras, líneas de transmisión y subestaciones. Su relevancia en la instalación y mantenimiento de la infraestructura eléctrica es vital para asegurar un suministro confiable y continuo de energía. La interconexión entre la maquinaria pesada, la minería y el sector eléctrico destaca la importancia estratégica de estas máquinas en la creación y el mantenimiento de las bases para el desarrollo industrial y económico.

En la actualidad, la ingeniería de detalle aplicada detrás de las maniobras operativas de extracción es lo que da soporte a las labores de extracción minera y conocerlas empíricamente supone un reto de innovación y minuciosidad por su complejidad. En virtud de lo anterior, es importante la detección de corrientes desequilibradas, lo que puede indicar un mal funcionamiento o un cortocircuito en los sistemas de alimentación de los equipos y maquinarias con el fin de garantizar la producción del equipo, así como, la protección ante contingencias, dando sustento a la investigación presente aplicada en la sociedad minera El Brocal S. A. A.