

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Análisis de los parámetros de perforación y
voladura en el TJ 029C-OB2 para el control del
rendimiento operacional en la UM Cerro Lindo -
2024**

Leonid Francisco Tufino Baldeon

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2025

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A : Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Ing. Javier Carlos Córdova Blancas
Asesor de trabajo de investigación

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación

FECHA : 3 de Julio de 2025

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

Título:

"ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS DE PERFORACIÓN Y VOLADURA EN EL TJ 029C – OB2, PARA EL CONTROL DEL RENDIMIENTO OPERACIONAL EN LA UM CERRO LINDO – 2024"

Autor:

1. LEONID FRANCISCO TUFINO BALDEON – EAP. Ingeniería de Minas

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 19 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI ☒ NO ☐
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores
Nº de palabras excluidas (en caso de elegir "SI"): 10 SI ☒ NO ☐
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI ☒ NO ☐

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 DE CONTENIDO

ASESOR-----	iv
DEDICATORIA-----	v
AGRADECIMIENTO-----	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO-----	vii
ÍNDICE DE TABLAS-----	ix
ÍNDICE DE FIGURAS -----	x
RESUMEN-----	xi
ABSTRACT-----	xii
INTRODUCCIÓN -----	xiii
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO-----	15
1.1. Planteamiento y formulación del problema -----	15
1.1.1. Planteamiento del problema -----	15
1.1.2. Formulación del problema -----	16
1.2. Objetivos-----	16
1.2.1. Objetivo general -----	16
1.2.2. Objetivos específicos -----	16
1.3. Justificación e importancia-----	17
1.3.1. Justificación social - práctica -----	17
1.3.2. Justificación académica-----	17
1.4. Hipótesis de la investigación -----	17
1.4.1. Hipótesis general -----	17
1.4.2. Hipótesis específicas -----	18
1.5. identificación de las variables -----	18
1.5.1. Variable independiente -----	18
1.5.2. Variable dependiente-----	18
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables-----	18
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO-----	20
2.1 Antecedentes del problema -----	20
2.1.1 Antecedentes internacionales -----	20
2.1.2 Antecedentes nacionales-----	21
2.2 Generalidades de la unidad minera -----	22
2.2.1 Ubicación de la unidad minera -----	22
2.2.2 Acceso a la unidad minera -----	22
2.3 Geología local y estratigrafía del área de estudio -----	23
2.3.1 Tipo de depósito -----	27

2.3.2 Consideraciones geomecánicas del área de estudio -----	27
2.4 Método de explotación - SLS-----	28
2.5 Bases teóricas del estudio -----	29
2.5.1 Diseño de malla de perforación y voladura-----	29
2.5.2 Parámetros de perforación y voladura-----	31
2.5.3 Rendimiento de equipos de carguío -----	32
2.5.4 Rendimiento de equipos de acarreo-----	34
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN -----	35
3.1. Método y alcances de la investigación-----	35
3.1.1. Método de la investigación-----	35
3.1.2. Alcances de la investigación -----	36
3.2. Diseño de la investigación -----	36
3.3. Población y muestra -----	36
3.3.1. Población-----	36
3.3.2. Muestra -----	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	36
3.4.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	36
3.4.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos -----	36
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN -----	37
4.1 Consideraciones de diseño de malla de perforación y voladura: Tj 029C – OB2 -----	37
4.2 Análisis de los parámetros de perforación y voladura, secciones SE y NW -----	42
4.3 Análisis del grado de fragmentación post voladura Tj 029C – OB2.-----	46
4.4 Análisis de la capacidad efectiva de scoops de 7 yd ³ -----	52
4.5 Validación de la hipótesis -----	53
CONCLUSIONES -----	57
RECOMENDACIONES -----	60
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	61
ANEXOS -----	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables	18
Tabla 2. Acceso a la unidad minera	23
Tabla 3. Parámetros geomecánicos de los cuerpos mineralizado (OB)	28
Tabla 4. Parámetros de perforación y voladura – tajos y chimeneas slot	31
Tabla 5. Resumen de parámetros de perforación y voladura – Tj 029C	42
Tabla 6. Parámetros de perforación y voladura: Sección SE - octubre.....	43
Tabla 7. Parámetros de perforación y voladura: Sección SE - noviembre.....	43
Tabla 8. Parámetros de perforación y voladura: Sección NW - diciembre	44
Tabla 9. Parámetros de perforación y voladura: Sección NW - enero	45
Tabla 10. Resumen parámetros de perforación y voladura: Sección SE y NW	45
Tabla 11. Granulometría post voladura Sección SE – Tj 029C – OB2.....	48
Tabla 12. Granulometría posvoladura Sección NW – Tj 029C – OB2.....	50
Tabla 13. Granulometría post voladura Sección NW – Tj 029C – OB2.....	51
Tabla 14. Capacidad efectiva: scoop 7.0 yd ³	52
Tabla 15. Tonelaje acarreado: Camión 42 t.....	53
Tabla 16. Validación hipótesis: parámetros de perforación y voladura	54
Tabla 17. Validación hipótesis: análisis granulométrico	55
Tabla 18. Validación hipótesis: rendimiento equipos.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano ubicación del área estudio	22
Figura 2. Geología local.....	24
Figura 3. Perfil geológico.....	25
Figura 4. Estratigrafía de Cerro Lindo	26
Figura 5. Sección esquemática del sulfuro masivo, Cerro Lindo	27
Figura 6. Método de explotación sublevel stoping	28
Figura 7. Área de estudio Tj 760A, sublevel stoping	29
Figura 8. Malla de perforación T760A, fila NE1	30
Figura 9. Malla de perforación T760A, fila NE2	30
Figura 10. Relación longitud de perforación y kilogramos de explosivos	31
Figura 11. Relación tonelaje, factor de potencia y factor de carga	32
Figura 12. Material post voladura, Sección SE - TJ 029, periodo inicial	33
Figura 13. Material post voladura, Sección NW - TJ 029, periodo optimizado.....	33
Figura 14. Área de estudio Tj 029C – OB2.....	37
Figura 15. Parámetros de mallas de producción, sección SE1 del Tj 029C – OB2	38
Figura 16. Parámetros de mallas de producción, sección SE2 del Tj 029C – OB2	39
Figura 17. Parámetros de mallas de producción, sección NW1 del Tj 029C – OB2.....	40
Figura 18. Parámetros de mallas de producción, sección NW2 del Tj 029C – OB2.....	41
Figura 19. Resumen parámetros de perforación y voladura Tj 029C – OB2	42
Figura 20. Resumen de parámetros de perforación y voladura, sección SE y NW, Tj 029C – OB2.....	46
Figura 21. Material post voladura, sección SE del Tj 029C – OB2.....	46
Figura 22. Análisis granulométrico post voladura, sección SE del Tj 029C – OB2	47
Figura 23. Perfil granulométrico post voladura, sección SE del Tj 029C – OB2	47
Figura 24. Material posvoladura, sección NW del Tj 029C – OB2.....	49
Figura 25. Análisis granulométrico posvoladura, sección NW del Tj 029C – OB2	49
Figura 26. Perfil granulométrico posvoladura, sección NW del Tj 029C – OB2.....	50
Figura 27. Granulometría posvoladura del Tj 029C – OB2.....	51
Figura 28. Capacidad efectiva scoop 7.0 yd ³ : Tj 029C – OB2	52
Figura 29. Tonelaje acarreado camión 42 t: Tj 029C – OB2.....	53
Figura 30. Validación hipótesis: parámetros de perforación y voladura.....	54
Figura 31. Validación hipótesis: granulometría post voladura Tj 029C	55
Figura 32. Validación hipótesis: rendimiento de equipos Tj 029C-OB2.....	56

RESUMEN

El estudio considera determinar el control del rendimiento operacional de la unidad minera, mediante el análisis de los parámetros de perforación y voladura en el Tj 029C – OB2, durante dos periodos de análisis inicial (octubre y noviembre) y optimizado (diciembre y enero). El método aplicado es el inductivo y deductivo, donde el objetivo es el control del rendimiento operacional. El estudio considera el análisis de los parámetros de perforación y voladura en el Tj 029C-OB2 para la mejora del rendimiento operacional en la unidad minera. Para lo cual, se analizó los parámetros de perforación y voladura en la sección SE (periodo inicial) y sección NW (periodo optimizado), analizando el grado de fragmentación posvoladura, determinado su influencia en la capacidad efectiva de los equipos de carguío (scoops 7.0 yd³) y tonelaje acarreado en equipos de acarreo (camiones de 42 t), determinando la mejora operacional y económica analizada en el Tj 029C-OB2. El análisis de los parámetros de perforación y voladura durante los periodos analizados: inicial (sección SE) y optimizado (sección NW), considera una disminución de metros perforados de 35 a 34 m/tal-día, con una reducción de consumo de explosivo 2,631 a 2,166 kg/día de Anfo y con un incremento de tonelaje de 9,619 a 10,438 t/día, mejorando en 819 t. La reducción de la granulometría durante el periodo optimizado (sección NW) de 75.83 a 51.76 cm, disminuyendo en 24.07 cm, generando la mejora del porcentaje pasante de 43.55 a 61.29 %, incrementando en un mayor tonelaje procesado en 17.74 %. Así mismo, la reducción de la granulometría incidió directamente en el incremento del factor de llenado en los scoops de 7.0 yd³ de 70 a 80 %, lo que influye en el incremento de la capacidad efectiva de los scoops. El incremento de la capacidad efectiva durante el periodo optimizado (sección NW) considera un mayor tonelaje acarreado por ciclo de 35.68 a 42.82 t/ciclo, generando mayores ingresos de 1,043,583.1 \$ a 1,350,492.75 \$, con un incremento de 306,909.04 \$. Finalmente, el análisis de los parámetros de perforación y voladura ayudan a controlar los resultados post voladura como la granulometría y estos incidirán en un mejor factor de llenado en los scoops de 7.0 yd³. La mejora del factor de llenado ayuda a una mejor capacidad efectiva de los scoops, con un mayor tonelaje cargado y acarreado, generando mayores ingresos en el periodo de estudio.

Palabras clave: perforación y voladura, granulometría, factor de llenado, capacidad efectiva, tonelaje acarreado, porcentaje pasante, ingresos, etc.

ABSTRACT

The study aims to determine the mining unit's operational performance control by analyzing the drilling and blasting parameters at Tj 029C-OB2 during two initial analysis periods (October and November) and optimized periods (December and January). The method applied is inductive and deductive, with the objective of controlling operational performance. The study considers the analysis of drilling and blasting parameters at Tj 029C-OB2 to improve operational performance at the Mining Unit. To this end, the drilling and blasting parameters were analyzed in the SE section (initial period) and NW section (optimized period), analyzing the degree of post-blast fragmentation, determining its influence on the effective capacity of the loading equipment (7.0 yd³ scoops) and tonnage hauled by hauling equipment (42-ton trucks), and determining the operational and economic improvement analyzed at Tj 029C-OB2. The analysis of the drilling and blasting parameters during the Initial (SE section) and Optimized (NW section) periods show a decrease in drilled meters from 35 to 34 m/m²/day, with a reduction in explosive consumption from 2,631 to 2,166 kg/day of ANFO, and an increase in tonnage from 9,619 to 10,438 tons/day, an improvement of 819 t. The reduction in grain size during the optimized period (NW section) from 75.83 to 51.76 cm, decreasing by 24.07 cm, resulting in an improvement in the throughput percentage from 43.55 to 61.29%, resulting in a 17.74% increase in the processed tonnage. Likewise, the reduction in particle size distribution directly impacted the fill factor in the 7.0 yd³ scoops from 70% to 80%, which contributes to an increase in the effective capacity of the scoops. The increase in effective capacity during the optimized period (NW section) reflects a higher tonnage hauled per cycle, from 35.68 to 42.82 tons/cycle, generating higher revenues from US\$1,043,583.1 to US\$1,350,492.75, an increase of US\$306,909.04. Finally, the analysis of drilling and blasting parameters helps control post-blast results such as particle size distribution, which will contribute to a better fill factor in the 7.0 yd³ scoops. Improving the fill factor contributes to greater effective scoop capacity, with greater loaded and hauled tonnage, generating higher revenues during the study period.

Keywords: drilling and blasting, grain size, fill factor, effective capacity, hauled tonnage, throughput percentage, revenues, etc.