Universidad Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

Análisis de las variables operacionales para el incremento de recursos Minerales en proyectos infill en la galería 690N, Nv. 1515, sector Tambo – 2024

Anthony Caballero Leon
Harbert Nestor Erquinio Hoppen

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	**:**	14 de Abril 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 las Variables Operacionales para el Incremento de Recursos Minerales en Proyectos Infill en la Galería 690N, Nv. 1515, Sector Tambo – 2024"
Autores:
1. Harbert Nestor Erquinio Hoppen – EAP. Ingeniería de Minas
2. Anthony Caballero Leon – 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 14 % de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

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

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,

_____

Ing. Javier Carlos Córdova Blancas

Asesor de trabajo de investigación

ÍNDICE DE CONTENIDO

ASESOR---------- iv
DEDICATORIA---------- v
AGRADECIMIENTO---------- vi
ÍNDICE DE CONTENIDO----------vii
ÍNDICE DE TABLAS---------- ix
ÍNDICE DE FIGURAS---------- xi
RESUMEN----------xii
ABSTRACT----------xiii
INTRODUCCIÓN ----------xiv
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO----------16
1.1. Planteamiento y formulación del problema ----------16
1.1.1. Planteamiento del problema ----------16
1.1.2. Formulación del problema ----------17
1.2. Objetivos----------17
1.2.1. Objetivo general ----------17
1.2.2. Objetivos específicos ----------17
1.3. Justificación e importancia----------18
1.3.1. Justificación social - práctica ----------18
1.3.2. Justificación académica----------18
1.4. Hipótesis de la investigación ----------18
1.4.1. Hipótesis general ----------18
1.4.2. Hipótesis específicas----------18
1.5. identificación de las variables ----------19
1.5.1. Variable independiente ----------19
1.5.2. Variable dependiente----------19
1.5.3. Matriz de operacionalización de variables----------19
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO----------21
2.1Antecedentes del problema ----------21
2.1.1 Antecedentes internacionales ----------21
2.1.2 Antecedentes nacionales----------22
2.2Generalidades de la unidad minera ----------23
2.2.1 Ubicación de la mina----------23
2.2.2 Accesibilidad al área de estudio----------23
2.3Geología regional----------24

2.3.1 Génesis del yacimiento ----- 26
2.4 Propiedades geomecánicas y método de minado ----- 26
2.5 Bases teóricas del estudio ----- 29
2.5.1 Definición de los recursos minerales - modelo de bloques ----- 29
2.5.2 Leyes de corte asociado a los recursos minerales ----- 31
2.5.3 Selección del método de minado, mediante el *trade off* ----- 32
2.5.4 *Cash cost* asociado al *trade off* ----- 33
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ----- 36
2.1 Método y alcances de la investigación ----- 36
2.1.1 Método de la investigación ----- 36
2.1.2 Alcances de la investigación ----- 37
2.2 Diseño de la investigación ----- 37
2.3 Población y muestra ----- 37
2.3.1 Población ----- 37
2.3.2 Muestra ----- 37
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos ----- 37
2.4.1 Técnicas utilizadas en la recolección de datos ----- 37
2.4.2 Instrumentos utilizados en la recolección de datos ----- 38
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN ----- 39
4.1 Análisis de los recursos minerales: Galería 690N, Nv 15151 (proyecto infill) ----- 40
4.2 Análisis de los recursos minerales en proyectos infill, Galería 690N, Nv 1515 ----- 51
4.3 Análisis de la ley de corte relacionado a los recursos minerales ----- 60
4.4 Análisis del método de minado mediante el *trade off* ----- 66
4.5 Validación de la hipótesis ----- 72
CONCLUSIONES ----- 75
RECOMENDACIONES ----- 77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ----- 78
ANEXOS ----- 79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de matriz de operacionalización de variables 19
Tabla 2. Acceso a la unidad minera 24
Tabla 3. Condiciones geomecánicas de los diferentes sectores del yacimiento 27
Tabla 4. Cash cost operativo- proyecto Infill, galería 690N, Nv 1515 34
Tabla 5. Reporte de perforación proyecto infill, galería 690N, Nv 1515, 08 de agosto..... 43
Tabla 6. Reporte de perforación proyecto Infill, galería 690N, Nv 1515, 26 de agosto 45
Tabla 7. Reporte de perforación proyecto Infill, galería 690N, Nv 1515, 5 de setiembre 47
Tabla 8. Reporte de perforación proyecto Infill, galería 690N, Nv 1515, 30 de setiembre 48
Tabla 9. Reporte de perforación proyecto infill, galería 690N, Nv 1515, 5 de octubre 49
Tabla 10. Reporte de perforación proyecto infill, galería 690N, Nv 1515, 31 de octubre 50
Tabla 11. Hoja de logueo geológico, cámara 2555 de galería 690N, Nv 1515, desde los 0 m hasta los 30 m 52
Tabla 12. Hoja de logueo geológico, cámara 2555 de galería 690N, Nv 1515, desde los 30 m hasta los 45 m 53
Tabla 13.Hoja de logueo geológico, cámara 2555 de galería 690N, Nv 1515, desde los 45 m hasta los 60 m 54
Tabla 14. Hoja de logueo geológico, cámara 2555 de galería 690N, Nv 1515, desde los 60 m hasta los 75 m 55
Tabla 15. Hoja de logueo geológico, cámara 2555 de galería 690N, Nv 1515, desde los 75 m hasta los 90 m 56
Tabla 16. Hoja de logueo geológico, cámara 2555 de galería 690N, Nv 1515, desde los 90 m hasta los 105 m 57
Tabla 17. Estadística del modelo de bloques del proyecto Infill 58
Tabla 18. Recursos minerales totales del proyecto infill..... 59
Tabla 19. Recursos minerales por categoría del proyecto infill..... 60
Tabla 20. Ley de corte Zn@ 5%, relacionado a los recursos minerales..... 61
Tabla 21. Ley de corte Zn@ 5%, relacionado con los finos de Zn (TMF)..... 61
Tabla 22. Ley de corte Zn@ 6%, relacionado a los recursos minerales..... 62
Tabla 23. Ley de corte Zn@ 6%, relacionado con los finos de Zn (TMF)..... 63
Tabla 24. Ley de corte Zn@ 7%, relacionado a los recursos minerales..... 64
Tabla 25. Ley de corte Zn@ 7%, relacionado con los finos de Zn (TMF)..... 65
Tabla 26. Resumen ley de corte Zn@ 5, 6 y 7% con los finos y reservas minerales 65
Tabla 27. Parámetros operacionales y económicos en los métodos de minado..... 67
Tabla 28. Parámetros operacionales y económicos de los recursos minerales con Lc Zn@5% 67

Tabla 29. Parámetros operacionales y económicos de las reservas con Lc Zn@5% 68
Tabla 30. Parámetros operacionales y económicos de los recursos minerales con Lc Zn@ 6%..... 69
Tabla 31. Parámetros operacionales y económicos de las reservas con Lc Zn@ 6% 69
Tabla 32. Parámetros operacionales y económicos de los recursos minerales con Lc Zn@ 7% 70
Tabla 33. Parámetros operacionales y económicos de las reservas con Lc Zn@ 7% 70
Tabla 34. Parámetros operacionales y económicos, recursos minerales con Lc Zn@ 5.53% 71
Tabla 35. Parámetros operacionales y económicos de las reservas con Lc Zn@ 5.53% 71
Tabla 36. Validación ley de corte 72
Tabla 37. Validación del trade off 73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de ubicación 23
Figura 2. Geología regional de la unidad minera 25
Figura 3. Mineralización tipo MVT 26
Figura 4. Diseño del método de minado room and pillar 28
Figura 5. Secuencia del método de minado room and pillar 28
Figura 6. Sondaje infill de la galería 690N, Nv1515 29
Figura 7. Ubicación del proyecto infill de la galería 690N, Nv1515 30
Figura 8. Perfil de sondajes infill, en la galería 690N, Nv1515 31
Figura 9. Curva tonelaje – ley, en el proyecto infill, galería 690N, Nv1515 31
Figura 10. Curva finos – ley, en el proyecto infill, galería 690N, Nv1515 32
Figura 11. Sector del proyecto infill: galería 690N, Nv1515 41
Figura 12. Plano de perforación proyecto infill, galería 690N, Nv151, 8 agosto 42
Figura 13. Sección del proyecto infill, galería 690N, Nv151, agosto 42
Figura 14. Plano de perforación proyecto infill, galería 690N, Nv151, 26 agosto 44
Figura 15. Modelo de bloques del proyecto infill, galería 690N, Nv151 59
Figura 16. Curva tonelaje – ley con leyes de corte de Zn@ 5% 61
Figura 17. Finos Zn con ley de corte de Zn@ 5% 62
Figura 18. Curva tonelaje – ley con una ley de corte Zn@ 6% 63
Figura 19. Finos Zn con ley de corte de Zn@ 6% 63
Figura 20. Curva tonelaje – ley con una ley de corte de Zn@ 7% 64
Figura 21. Finos Zn con ley de corte de Zn@ 7% 65
Figura 22. Resumen de ley corte con finos Zn y reservas, proyecto infill 66
Figura 23. Validación hipótesis: ley corte en la galería 690N, Nv 1515 73
Figura 24. Validación hipótesis: trade off en la galería 690N, Nv 1515 74

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo considera como objetivo principal el incremento de recursos minerales mediante el desarrollo de proyectos Infill desarrollado en la galería 690N, nivel 1515 del sector Tambo, analizando las variables operacionales, durante los periodos octubre 2023 a octubre 2024.

Las variables analizadas tienen presente la evaluación de diferentes leyes de corte (5%, 6%, 7% y optimizado) relacionados a los recursos minerales definidos mediante el modelo de bloques, determinando sus reservas, leyes medias y valor de mineral (NSR) en cada escenario, los cuales evalúan económicamente los métodos de minado propuesto por la compañía (room and pillar, cut and fill y sublevel stoping) evaluados mediante el trade off.

Se utilizó el método inductivo – deductivo, ya que se relaciona la teoría como el *trade off* y ley de corte (método deductivo) y la observación considerando los parámetros operacionales del proyecto infill (metros perforados DDH, leyes, VPT, potencia estructura y densidad de mineral).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo definen los recursos minerales totales (medido, indicado e inferido) en 17,455,520.00 toneladas, con una densidad promedio de 2.75 kg/m^3, leyes promedios de Zn@ 1.79% y Pb@ 0.03%, una potencia promedio de 5.55 m, y un valor de mineral de 29.05 US $/t.

La ley de corte en el escenario optimizado define el incremento de los recursos y reservas minerales, definido en la mezcla de mineral de los escenarios anteriores (ley corte 5, 6 y 7%) considerando una ley de corte Zn@ 5.53% definiendo reservas totales de 1’373,486.25 toneladas, con un total de finos de 9’240,490.45 TMF y una ley media de Zn@ 6.73%.

El análisis de los métodos de minado mediante el *trade off* considera el incremento de recursos minerales, definido en el escenario optimizado (método de minado room and pillar) con un total de recursos minerales de 1,468,969.25 t, un total de reservas de 1,373,486.25, una ley media de Zn@ 6.73% y una utilidad de 21,013 $MM, considerando una ley de corte de Zn@ 5.53%.

Palabras clave: proyecto infill, ley corte, recursos minerales, densidad, trade off, valor de mineral, ley equivalente, etc.

ABSTRACT

The development of this work considers as its main objective the increase of mineral resources through the development of Infill projects developed in gallery 690N, level 1515 of the Tambo sector, analyzing the operational variables, during the periods from October 2023 to October 2024.

The variables analyzed consider the evaluation of different cut-off grades (5%, 6%, 7% and optimized) related to the mineral resources defined by the block model, determining their reserves, average grades and mineral value (NSR) in each scenario, which economically evaluate the mining methods proposed by the company (room and pillar, cut and fill and sublevel stoping) evaluated through the trade off.

The application of the inductive-deductive method is considered, for which the theory is related as the trade off and cut-off grade (deductive method) and the observation considering the operational parameters of the infill project (drilled meters DDH, grades, VPT, power structure and mineral density).

The results obtained in this work define the total mineral resources (measured, indicated and inferred) in 17,455,520.00 tons, with an average density of 2.75 kg/m3, average grades of Zn@ 1.79% and Pb@ 0.03%, an average thickness of 5.55 m, and an ore value of 29.05 US $/ton.

The cut-off grade in the optimized scenario defines the increase in mineral resources and reserves, defined in the mineral mix of the previous scenarios (cut-off grade 5, 6 and 7%) considering a cut-off grade of Zn@ 5.53% defining total reserves of 1'373,486.25 tons, with a total of fines of 9'240,490.45 TMF and an average grade of Zn@ 6.73%.

The analysis of the mining methods using trade off, considers the increase in mineral resources, defined in the optimized scenario (Room and Pillar mining method) with a total mineral resource of 1,468,969.25 tons, a total reserve of 1,373,486.25, an average Zn@ grade of 6.73% and a profit of 21,013 US $MM, considering a Zn@ cut-off grade of 5.53%.

Keywords: infill project, cut-off grade, mineral resources, density, trade off, mineral value, equivalent grade, etc.