

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Validación de las principales variables operacionales
en el planeamiento de largo y corto plazo para la
recuperación de estaño en el proyecto B2 de la
Unidad Minera San Rafael, año 2021**

Gonzalo Ruben Enriquez Tacona

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero de Minas

Arequipa, 2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO.....	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XII
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.....	18
1.3 Justificación	18
1.3.1 Justificación social – práctica.....	18
1.3.2 Justificación metodológica	18
1.3.3 Justificación económica.....	18
1.4 Hipótesis de la investigación y variables	19
1.4.1 Hipótesis general de investigación	19
1.4.2 Hipótesis específicas.....	19
1.5 Identificación de variables.....	19
1.5.1 Variable independiente	19
1.5.2 Variable dependiente	19

1.5.3 Matriz de operacionalización de variables	20
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	21
2.1 Antecedentes del problema.....	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales.	21
2.2. Generalidades del proyecto B2 de la unidad minera San Rafael	22
2.2.1. Historia	22
2.2.2. Ubicación accesibilidad y generalidades	23
2.3. Geología general	25
2.3.1. Geología regional	25
2.3.2. Geología estructural	27
2.3.3. Geología local.....	28
2.3.4. Estratigrafía	29
2.4 Características del área de estudio	29
2.4.1. Licuefacción de terreno.....	29
2.4.2 Sistema Dewatering y riego por aspersión	30
2.4.3 Blending de material.....	32
2.4.4 Geotecnia	32
2.4.4 Seguridad en la relavera B2	37
2.5 Bases teóricas.....	38
2.5.1. Producción actual e histórica de la unidad minera San Rafael.....	39
2.5.2 Muestreo geológico del proyecto B2.....	41
2.5.3 Ley presentes en el proyecto B2	41
2.5.4 Planeamiento de minado a corto y largo plazo	42
2.5.5. Características técnicas de los equipos de carguío.....	44
2.5.6 Programa de mantenimiento de equipos proyecto B2.....	47
2.6 Método de explotación del proyecto B2	49
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	51
3.1 Método y alcance de la investigación	51
3.1.1 Método de la investigación	51

3.1.2	Diseño de la investigación	51
3.2	Población y muestra	51
3.2.1	Población	51
3.2.2	Muestra.....	51
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	52
3.4.1.	Técnicas utilizadas en la recolección de datos	52
3.4.2.	Instrumentos utilizados en la recolección de datos.....	52
	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	53
4.1	Resultados del tratamiento y análisis de la información	53
4.1.1	Plan de minado 2020 - 2021	53
4.1.2	Análisis del tonelaje de plan de minado a largo plazo 2020 – 2021	55
4.1.3	Análisis de leyes de plan de minado a largo plazo 2020 – 2021	59
4.1.4	Análisis de costos.....	67
	CONCLUSIONES.....	73
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA	77
	ANEXOS	78

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Accesibilidad	24
Tabla 2. Resumen de longitudes perforadas en campañas 2004 y 2013.....	39
Tabla 3. Resumen histórico de relavera B2	39
Tabla 4. Características técnicas de los equipos de carguío en el proyecto B2.....	45
Tabla 5. Características técnicas del equipo de carguío morooka del proyecto B2	47
Tabla 6. Tabla de mantenimiento de maquinaria pesada del proyecto B2.....	48
Tabla 7. Plan de minado 2020.....	54
Tabla 8. Plan de minado 2021.....	54
Tabla 9. Tonelaje extraído de mina 2020 – 2021 vs proyectado 2020-2021.....	55
Tabla 10. Tonelaje vs ley extraída 2020.....	56
Tabla 11. Tonelaje vs ley extraída 2021.....	57
Tabla 15. Leyes muestreadas vs leyes proyectadas 2021.....	61
Tabla 16. Indicadores claves de desempeño 2021	62
Tabla 17. Leyes y tonelaje v. proyectado 2020	63
Tabla 18. Leyes y tonelaje vs proyectado 2021	63
Tabla 19. Proyectado de alimentación a planta y leyes por año	64
Tabla 21. Tonelaje por banco 2020.....	65
Tabla 22. Tonelaje por banco 2021.....	66
Tabla 23. Precios de metales según el área de recursos y reservas.	67
Tabla 24. Formula % de cut off	67
Tabla 25. Cut- off enero 2020.....	68
Tabla 26. Resumen de presupuesto opex 2020.....	68
Tabla 27. Flujo de caja operativo proyectado 2028.....	70
Tabla 28. Flujo de caja operativo 2020	71
Tabla 29. Flujo de caja operativo 2021	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la unidad minera San Rafael	24
Figura 2. Vista en Google Maps de unidad minera San Rafael y el proyecto B2	24
Figura 3. Plano geológico regional	27
Figura 4. Geología local mina San Rafael	28
Figura 5. Sección longitudinal A-B de la mina San Rafael	28
Figura 6. Licuefacción en la relavera B2	30
Figura 7. Ubicación de pozos	31
Figura 8. Ubicación de sistema de riego por aspersión.....	32
Figura 9. Talud zona Norte relavera B2	37
Figura 10. Ruta de evacuación de la relavera B2.....	38
Figura 11. Producción histórica de producción.....	40
Figura 12. Proyecto de calicatas semanal.....	41
Figura 13. Generación de modelo de bloques – método Nearest Neighbour.....	42
Figura 14. Vista de la extracción de mineral en el mes de enero del 2020 – diciembre 2020	44
Figura 15. Dimensiones del cargador CAT 336D	45
Figura 17. Morooka MST 3000 VSD	46
Figura 18. Traslado de relave de polígonos hacia stock temporales y stock principal.....	49
Figura 19. Traslado de relave de stocks temporales hacia stock principal.....	49
Figura 20. Stock principal de la relavera B2.....	50

RESUMEN

La presente tesis tiene por objetivo analizar la validación de las principales variables operacionales en el planeamiento a corto plazo y largo plazo para la mejora de la productividad en el proyecto B2 de la unidad minera San Rafael.

Durante el proceso de la tesis se utilizó el método descriptivo correlacional, siendo de carácter descriptivo y explicativo. El trabajo de tesis es pre experimental, donde se observa los resultados en los dos primeros años de vida del proyecto 2020 y 2021 y la validación de las variables operacionales como el tonelaje y la ley para su posterior evaluación de los resultados dentro de los primeros años de producción del proyecto B2. La forma de recolección de datos es la revisión documentaria del planeamiento a corto largo plazo y datos personales del proyecto B2 de la unidad minera San Rafael.

Se concluye con el análisis de las variables operacionales y se evalúa el planeamiento a largo plazo tipo LOM realizado antes de iniciar el proyecto para corroborar el trabajo realizado durante los años 2020 y 2021.

El presente estudio realiza un análisis durante el periodo enero 2020 a diciembre 2021, considerando las restricciones durante la etapa de pandemia generada a nivel mundial en el que el proyecto detuvo la producción en los meses marzo, abril y mayo.

Durante el periodo de enero a diciembre 2020 se produjeron 682,524.84 toneladas y 2275 t/día en promedio con ley promedio anual de $\text{Sn}@0.74\%$ y recuperaciones metalúrgicas de 57.17 %. Durante el periodo enero a diciembre 2021 se produjeron 940,661.49 toneladas y 2612 t/día en promedio con una ley promedio anual de cabeza de $\text{Sn}@0.76\%$ y recuperaciones metalúrgicas de 57.27 %.

En el año 2020 con 682,524.84 toneladas se llegó en un 74 % a lo planeado que fue 921,613.00 toneladas y el 2021 con 940,661.49 toneladas se llega al 110 % de lo

planeado que es de 857,406.00 toneladas y la ley del 2020 que fue de 0.74 % no llegando a la ley programada de 0.77 % mientras el 2021 con una ley de 0.76 % se cumple lo planeado de 0.75 %.

Palabras claves: planificación a largo plazo, LOM, planificación a corto plazo, producción, ley de mineral, número de pases, optimización, costos de transporte.

ABSTRACT

This thesis aims to analyze the validation of the main operational variables in short-term and long-term planning to improve productivity in the B2 Project of the San Rafael Mining Unit.

During the process of the thesis, the correlational descriptive method was used, being descriptive and explanatory. The thesis work is pre-experimental, where the results are observed in the first two years of the project's life, 2020 and 2021. The validation of operational variables such as tonnage and grade for subsequent evaluation of the results within the first years of production of Project B2. The form of data collection is the documentary review of the short-term planning and personal data of the B2 Project of the San Rafael Mining Unit.

It concludes with the analysis of the operational variables and the LOM-type long-term planning carried out before starting the project is evaluated to corroborate the work carried out during the years 2020 and 2021.

This study carries out an analysis during the period January 2020 to December 2021, considering the restrictions during the pandemic stage generated worldwide in which the project stopped production in the months of March, April and May.

During the period from January to December 2020, 682,524.84 tons and an average of 2,275 tons/day were produced with an average annual head grade of Sn@0.74% and metallurgical recoveries of 57.17%. During the period from January to December 2021, 940,661.49 tons and 2612 Ton/day on average were produced with an average annual head grade of Sn@0.76% and metallurgical recoveries of 57.27%.

In 2020, with 682,524.84 tons, 74% of what was planned was reached, which was 921,613.00 tons, and in 2021, with 940,661.49 tons, 110% of what was planned was

reached, which is 857,406.00 tons, and the 2020 grade, which was 0.74%, did not reaching the programmed grade of 0.77% while in 2021 with a grade of 0.76%, the planned 0.75% is fulfilled.

Keywords: long-term planning, LOM, Short-term planning, production, ore grade, number of passes, optimization, transportation costs