

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v5i6.3054>

Optimización de predicciones a corto plazo en minería subterránea mediante la reconciliación de modelos de bloques y datos de procesamiento en planta

Optimizing short-term predictions in underground mining through reconciliation of block models and plant processing data

Mizrain Jonatan Sumoza Giron

mizrain86@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0004-6772-4422>

Universidad Juárez del estado de Durango
México

Artículo recibido: 12 de noviembre de 2024. Aceptado para publicación: 25 de noviembre de 2024.
Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen


Este estudio presenta una comparación detallada entre las estimaciones de tonelaje y ley de oro y plata generadas a partir del modelo de bloques y los resultados de producción reales reportados por la planta de una mina, durante un mes de operación. Las áreas minadas se identificaron como zonas 1 a 9, y se evaluaron las discrepancias entre los valores teóricos del modelo y los valores de producción real de oro y plata, observándose un impacto significativo de factores como la dilución. Estudios previos subrayan la importancia de integrar una metodología de reconciliación en la planificación minera para reducir las variaciones en las estimaciones. Por ejemplo, Wang et al. (2011) destacan cómo la dilución puede afectar la precisión de los modelos, mientras que Chieragati et al. (2019) discuten un marco de reconciliación que permita una evaluación precisa a corto plazo. Los resultados de este estudio muestran que los factores de dilución reducen la ley promedio del mineral extraído en comparación con las estimaciones originales. Con base en estos hallazgos, se propone un enfoque de reconciliación optimizado que mejore la precisión en la planificación operativa y la gestión de recursos, contribuyendo a una mayor sostenibilidad y eficiencia en las operaciones mineras.

Palabras clave: reconciliación, modelos, estimación, recursos, minería, corto plazo, dilución

Abstract

This study presents a detailed comparison between the tonnage and grade estimates for gold and silver generated by the block model and the actual production results reported by the processing plant of a mine, over one month. The mined areas, identified as zones 1 to 9, were analyzed for discrepancies between the model's theoretical values and the actual gold and silver production values, revealing a significant impact of factors such as dilution. Previous studies underscore the importance of integrating a reconciliation methodology into mining planning to reduce estimation discrepancies. For example, Wang et al. (2011) emphasize how dilution can affect model accuracy, while Chieragati et al. (2019) discuss a reconciliation framework enabling accurate short-term evaluations. The findings of this study indicate that dilution factors reduce the average grade of extracted ore compared to original estimates. Based on these findings, an optimized reconciliation approach is proposed to improve accuracy in operational planning and resource management, contributing to greater sustainability and efficiency in mining operations.

Keywords: reconciliation, models, estimation, resources, mining, short term, dilution

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicado en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons. 

Cómo citar: Sumoza Giron, M. J. (2024). Optimización de predicciones a corto plazo en minería subterránea mediante la reconciliación de modelos de bloques y datos de procesamiento en planta. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 5 (6), 886 – 895.
<https://doi.org/10.56712/latam.v5i6.3054>

INTRODUCCIÓN

La reconciliación de modelos de bloques con datos reales de planta es crítica en la minería, especialmente en el contexto de la mina estudiada, ya que permite verificar la precisión de las estimaciones de recursos a corto plazo. Con desafíos geológicos únicos en esta mina, incluyendo alta variabilidad en la ley y presencia de zonas de con alta dilución, la reconciliación de datos se convierte en una herramienta indispensable para asegurar la consistencia entre el modelo de bloques y los resultados de producción.

Diversos estudios sobre reconciliación de modelos han enfatizado su relevancia en la gestión de recursos mineros. La reconciliación adecuada asegura una mejor precisión en la estimación de recursos y mejora el monitoreo de factores de dilución y recuperación, permitiendo una gestión más efectiva de los materiales procesados. Además, se ha demostrado que una reconciliación eficiente ayuda a reducir los márgenes de error en las estimaciones y minimiza los costos asociados con la subestimación o sobreestimación de recursos.

La falta de precisión en el modelo de bloques impacta directamente en la predicción de corto plazo y, por ende, en la capacidad de respuesta operativa en la mina. Es crucial implementar una reconciliación efectiva para detectar errores, mejorar la precisión del modelo y optimizar la eficiencia y productividad de la extracción (Chierigati et al., 2019).

Este estudio busca mejorar la precisión en la estimación de recursos a corto plazo mediante la reconciliación del modelo de bloques con los datos reales de planta. Se analiza como la dilución afecta la exactitud de las leyes proyectadas, proponiendo un marco para una gestión más eficiente de recursos en la operación minera.

METODOLOGÍA

La metodología del estudio está diseñada para analizar y comparar la precisión de las estimaciones del modelo de bloques frente a los datos de producción reales de la planta, considerando las siguientes etapas:

Definición de las áreas de estudio

Las áreas de trabajo se identificaron como zona 1 a zona 9, con un análisis más detallado en la zona 1.

Estas áreas se seleccionaron con base en su relevancia operativa y la disponibilidad de datos históricos.

Recolección de datos

Se recopilaron datos del modelo de bloques, como estimaciones de leyes de oro y plata, tonelajes.

Se incluyeron los valores reportados por la planta, como toneladas procesadas, recuperaciones y leyes obtenidas en cada zona.

Los levantamientos topográficos (CMS) se emplearon para medir con precisión los efectos de la dilución y validar las toneladas extraídas.

Cálculo de factores de reconciliación

Se calcularon factores como el Factor R3, el cual relaciona las toneladas procesadas y la ley de planta con las estimaciones del modelo.

Este cálculo permitió evaluar la efectividad del modelo de bloques en la predicción de corto plazo.

Análisis comparativo

Se llevaron a cabo comparaciones estadísticas entre los datos estimados y los reales, utilizando gráficos y análisis descriptivos.

Las discrepancias se evaluaron para identificar patrones y posibles áreas de mejora.

Control de calidad y confidencialidad

Los datos analizados se trataron con estrictos protocolos de confidencialidad, asegurando el cumplimiento de regulaciones de privacidad y anonimato.

Presentación de resultados

Los resultados obtenidos se documentaron en un formato claro, destacando las diferencias clave entre el modelo y los valores de planta, así como las recomendaciones para mejorar la precisión de las estimaciones futuras.

DESARROLLO

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, centrado en el análisis comparativo entre los datos de producción de planta y el modelo de bloques en la mina. La metodología utiliza técnicas de reconciliación para evaluar la precisión de las estimaciones de leyes y tonelaje, así como los factores de ajuste que se aplican para mitigar los efectos de dilución.

Se recopiló y analizó información de las áreas de trabajo identificadas como zona 1 a zona 9, incluyendo un análisis detallado de la zona1, empleando levantamientos topográficos (CMS) para incluir los efectos de la dilución.

Se emplearon datos históricos del modelo de bloques y los valores reportados por la planta, utilizando el CMS para medir la dilución. Los datos incluyen toneladas extraídas, ley de oro y plata de la mina.

El análisis se realizó mediante comparaciones estadísticas entre las estimaciones y los valores reales de planta. Se calcularon factores de reconciliación como el Factor R3, para evaluar la precisión del modelo de bloques en la predicción de corto plazo.

Los análisis se realizaron manteniendo la confidencialidad de los datos de planta y siguiendo principios de anonimato de los resultados, asegurando el cumplimiento de regulaciones de privacidad.

RESULTADOS

Estimaciones en Zonas Minadas

Se generan estimaciones de tonelaje y ley para las zonas minadas en el mes de producción. A continuación, se muestra un ejemplo correspondiente a la zona1, la Figura 1 muestra una comparación entre el minado histórico y la zona minada durante el mes de producción. La Figura 2 muestra el modelo predictivo con las concentraciones de plata equivalente más las zonas minadas.

Figura 1

Evolución de la actividad minera en la Zona 1, comparación entre datos históricos y producción mensual

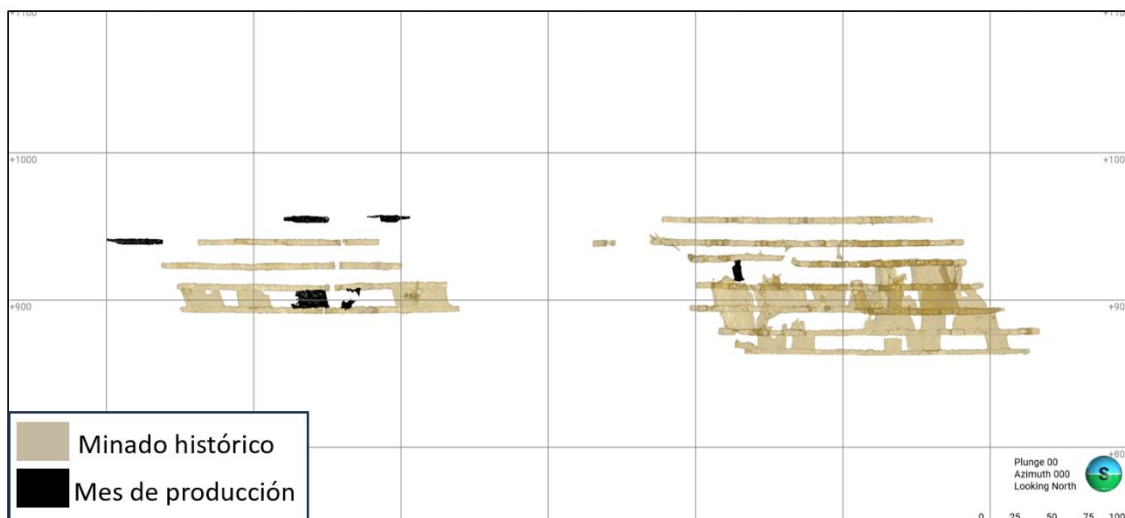
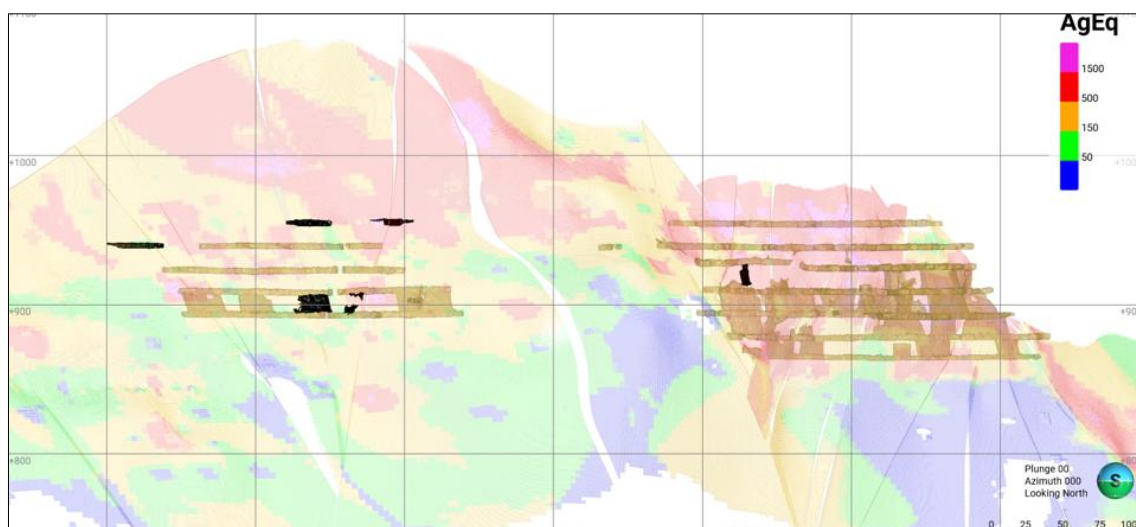


Figura 2

Comparación del modelo de bloques zona1 con datos minados durante el mes producción



A continuación, se muestra en la Tabla 1, un informe de los recursos minados en la zona1 para el mes de producción:

Tabla 1

Recursos minados zona1 mes de producción

Zona1: Reconciliación mes de producción			Valor promedio						Material Contenido		
Reconciliación	Volumen	Densidad	Masa	AgEq	Ag	Au	Inclinación	Ancho	AgEq	Ag	Au
	m ³	g/cm ³	t	g/t	g/t	g/t		m	t. oz	t. oz	t. oz
Mineral Total	1,971	2.6	5,122	471	282	2.28	64	2.13	77,563	46,465	376
Esteril	1,889	2.6	4,911	0	0	0			7	4	0
Total	3,860	2.6	10,034	240	144	1.16	64	2.13	77,570	46,469	376

Según la estimación del modelo en el mes de producción, se extrajeron 5,122 toneladas de mineral de la zona1 (solo considerando el mineral), con una ley de oro estimada de 2.28 gramos por tonelada y una ley de plata estimada de 282 gramos por tonelada, lo que resultó en una ley de plata equivalente de 471 gramos por tonelada, según lo medido por el levantamiento topográfico (CMS). Además, se extrajeron 4.911 toneladas de material de estéril, lo que elevó la extracción total a 10.034 toneladas. Esto resultó en una ley de oro promedio estimada de 1,16 gramos por tonelada y una ley de plata de 144 gramos por tonelada, con una ley de plata equivalente de 240 gramos por tonelada.

Reporte de Recursos para todas las zonas minadas durante el mes de producción

Estudio para la Plata

Para el resto de las zonas minadas en el mes de producción, se aplicó la misma metodología utilizada para la zona1. Este enfoque produjo los resultados de la estimación de la ley de plata que se muestran en la Tabla 2 y gráfico 1.

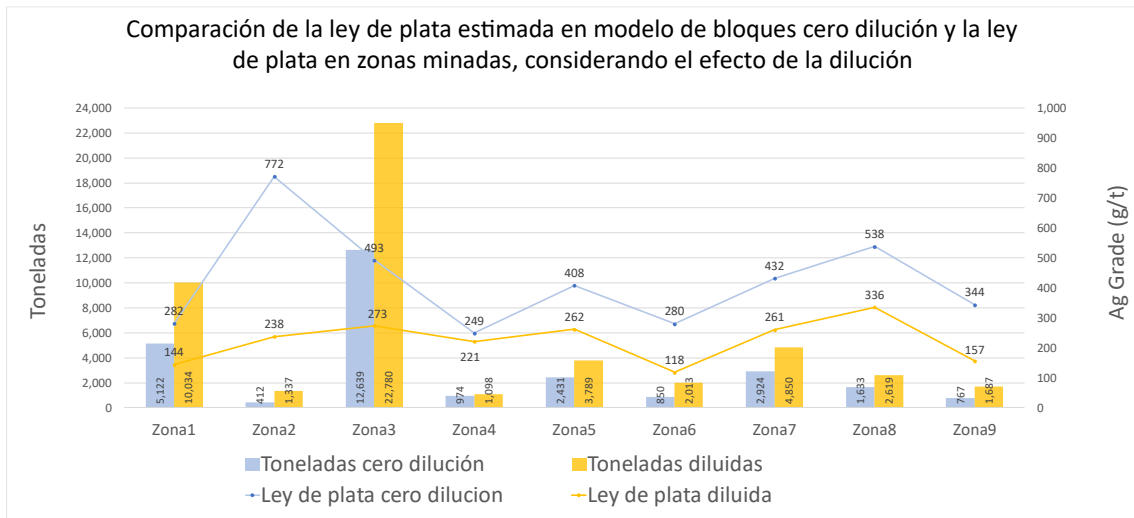
Tabla 2

Leyes de plata de los recursos extraídos de todas las zonas

Zona	Grade Ag Resource	Model tons Resource	Oz Ag Resource	Grade Ag diluted CMS	Tons diluted CMS	Oz Ag diluted CMS
Zona1	282	5,122	46,465	144	10,034	46,469
Zona2	772	412	10,217	238	1,337	10,217
Zona3	493	12,639	200,182	273	22,780	200,216
Zona4	249	974	7,801	221	1,098	7,801
Zona5	408	2,431	31,887	262	3,789	31,898
Zona6	280	850	7,651	118	2,013	7,660
Zona7	432	2,924	40,625	261	4,850	40,625
Zona8	538	1,633	28,270	336	2,619	28,278
Zona9	344	767	8,485	157	1,687	8,491
Total	428	27,752	381,582	236	50,208	381,655

Gráfico 1

Estimación de ley de plata por el modelo de bloques en zonas minadas



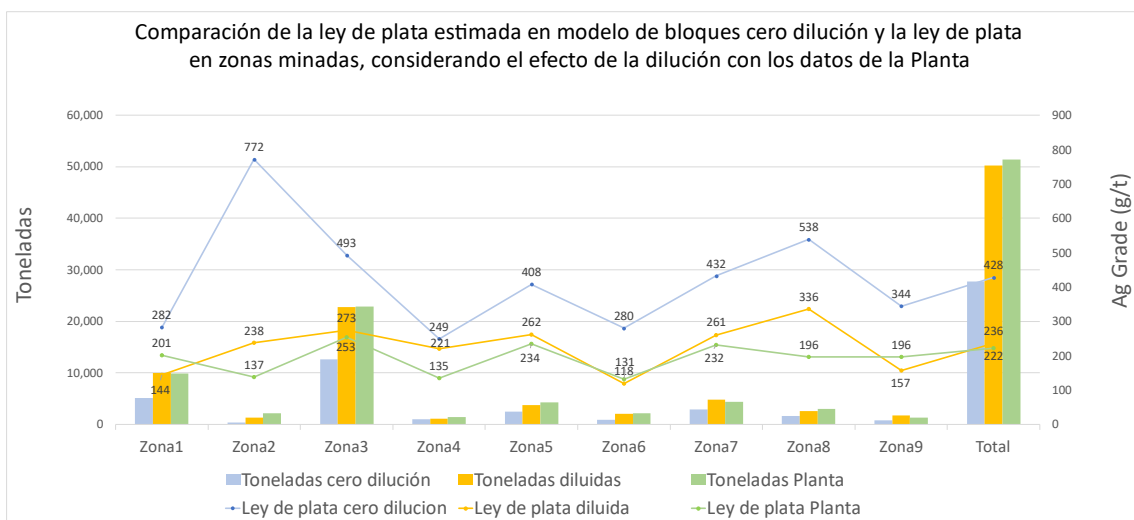
La tabla 2 y el gráfico 3 proporcionan una comparación de la ley y el tonelaje de los recursos en todas las zonas, teniendo en cuenta los factores de dilución en el CMS. Al analizar la ley del recurso, se observa que el contenido promedio de plata es de 428 gramos por tonelada. Sin embargo, al considerar la dilución, este grado disminuye a 236 gramos por tonelada de plata. En cuanto al tonelaje del recurso, se registra un total de 27.752 toneladas; Sin embargo, cuando se incluye la dilución, el tonelaje total aumenta a 50.208 toneladas.

Reconciliación con la planta

El gráfico 2 presenta una comparación del tonelaje de recursos y la ley de plata, la ley de plata diluida basada en CMS y el tonelaje y ley de plata reportado en la planta. Al comparar los datos el modelo refleja una sobrestimación de un 6% en la ley de plata.

Gráfico 2

Comparación de ley de plata estimada por el modelo y la ley reportada en la planta



Estudio para el oro

Se siguió el mismo procedimiento empleado en el estudio de la plata. La Tabla 3 y el gráfico 3 proporcionan una comparación de la ley y el tonelaje de los recursos en todas las zonas, teniendo en cuenta los factores de dilución en el CMS. Al analizar la ley del recurso, se observa que el contenido promedio de oro es de 4,53 gramos por tonelada. Sin embargo, al considerar la dilución, este grado disminuye a 2,5 gramos por tonelada de oro. En cuanto al tonelaje del recurso, se registra un total de 27.752 toneladas; Sin embargo, cuando se incluye la dilución, el tonelaje total aumenta a 50.208 toneladas.

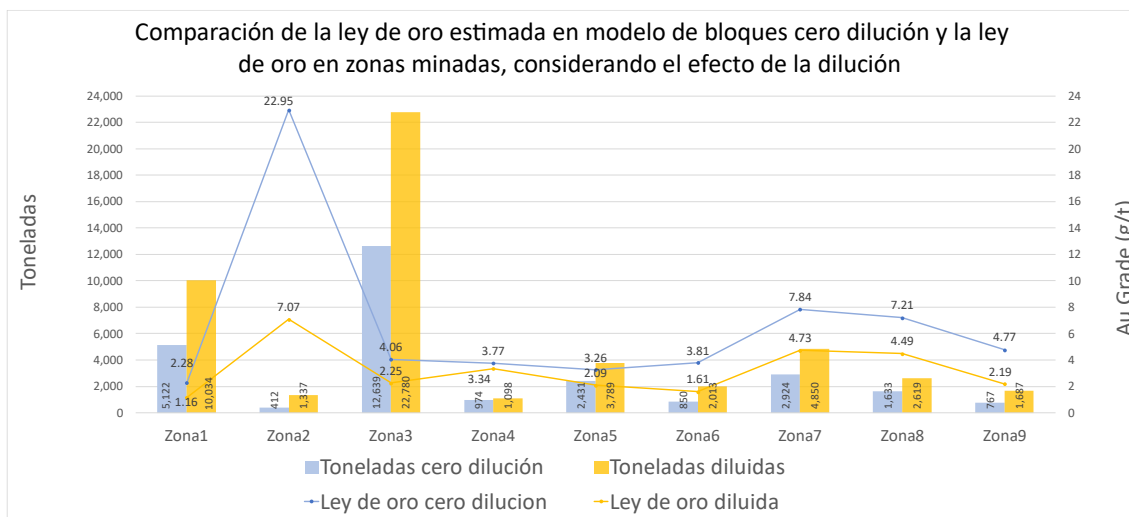
Tabla 3

Ley de Oro – Recursos Mineros para Todas las zonas

Zona	Grade Au Resource	Model tons Resource	Oz Au Resource	Grade Au diluted CMS	Tons diluted CMS	Oz Au diluted CMS
Zona1	2.28	5,122	376	1.16	10,034	376
Zona2	22.95	412	304	7.07	1,337	304
Zona3	4.06	12,639	1,650	2.25	22,780	1,650
Zona4	3.77	974	118	3.34	1,098	118
Zona5	3.26	2,431	255	2.09	3,789	255
Zona6	3.81	850	104	1.61	2,013	104
Zona7	7.84	2,924	737	4.73	4,850	737
Zona8	7.21	1,633	378	4.49	2,619	378
Zona9	4.77	767	118	2.19	1,687	119
Total	4.53	27,752	4,040	2.50	50,208	4,042

Gráfico 3

Estimación de ley de oro por el modelo de bloques en zonas minadas

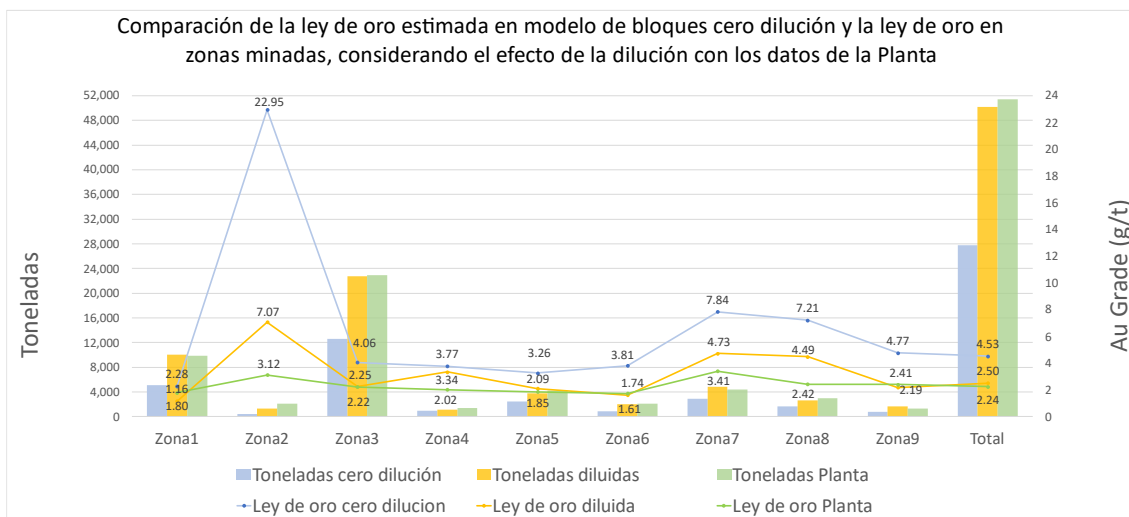


Reconciliación con la planta

El gráfico 4 presenta una comparación del tonelaje de recursos y la ley de oro, la ley de oro diluida basada en CMS y el tonelaje y ley de oro reportado en la planta. Al comparar los datos el modelo refleja una sobrestimación de un 10% en la ley de oro.

Gráfico 4

Comparación de ley de oro estimada por el modelo y la ley reportada en la planta



DISCUSIÓN

La dilución reduce significativamente la ley de los recursos estimados. La reconciliación permitió identificar estas discrepancias, proporcionando una base para ajustar proyecciones futuras.

El estudio revela que mejorar la precisión del modelo de bloques a corto plazo puede optimizar recursos, reducir pérdidas y asegurar una gestión operativa efectiva. La reconciliación adaptativa permite ajustes en tiempo real, beneficiando la productividad y rentabilidad de proyectos mineros.

Este análisis se basa en datos de una sola planta y un periodo específico. Futuras investigaciones deberían considerar periodos más amplios y diversas minas para validar estos hallazgos en distintos contextos mineros.

Se recomienda implementar sistemas de monitoreo y reconciliación en tiempo real, mitigando efectos negativos de la dilución, optimizando el control de leyes y tonelaje en operaciones de corto plazo.

CONCLUSIÓN

Este estudio resalta la importancia de la reconciliación en estimaciones de recursos a corto plazo en la mina. La implementación de prácticas continuas de reconciliación puede mejorar la precisión del modelo de bloques, optimizar la eficiencia operativa y garantizar una gestión de recursos sostenible.

REFERENCIAS

Araújo, C. da P., Costa, J. F. C. L., & Koppe, V. C. (2018). Improving short-term grade block models: alternative for correcting soft data. *REM - International Engineering Journal*, 71(1), 117–122. <https://doi.org/10.1590/0370-44672016710007>

Artículo Reconciliación

Chierigati, A. C., Pignatari, L. E. C., Pitard, F. F., & Delboni, H., Jr. (2019). Proactive reconciliation as a tool for integrating mining and milling operations. *International Journal of Mining Science and Technology*, 29(2), 239–244. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2019.01.001>


CIM Estimation of Mineral Resources and Mineral Reserves Best Practice Guidelines. (2019). *Cim.org*. https://mrrmr.cim.org/media/1129/cim-mrrmr-bp-guidelines_2019.pdf

Coombes, J. (2010). Art and science of resource estimation: Russian translation. *Coombes Capability*.

Herrera Valdez, J., & Mayorga Rojas, J. C. (2020). Acciones para reducir diferencias de reconciliación entre el mineral recibido y el enviado a molienda. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de geología, minas, metalurgia y ciencias geográficas de la Universidad nacional mayor de San Marcos (Impresa)*, 23(45), 29–35. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v23i45.18059>

Rossi, M. E., & Deutsch, C. V. (2017). *Mineral Resource Estimation*. Springer.

Wang, W., Huang, S., Wu, X., & Ma, Q. (2011). Calculation and management for mining loss and dilution under 3D visualization technical condition. *Journal of software engineering and applications*, 04(05), 329–334. <https://doi.org/10.4236/jsea.2011.45037>

Todo el contenido de **LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades**, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia [Creative Commons](#) .