

Accidente en Mina El Teniente • Análisis

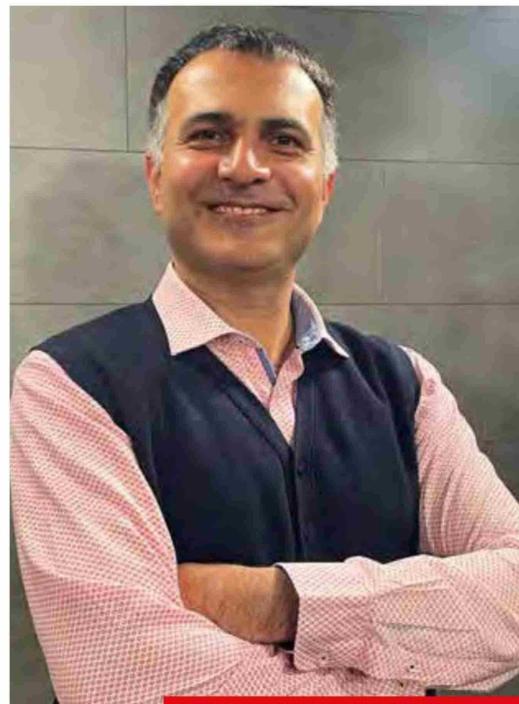
Posibles

mecanismos geomecánicos, operacionales y sísmicos tras el accidente en la mina El Teniente

Por Amin Hekmatnejad, PhD
 Ingeniería en Minas y Profesor
 asociado Departamento de
 Minería UC Chile

El 31 de julio de 2025, un sismo de magnitud 4,2 provocó el colapso de una galería en el Proyecto Andesita de El Teniente, causando seis muertes. Este suceso resalta la importancia de comprender los procesos geomecánicos, sísmicos y operacionales que afectan la seguridad y continuidad de la minería subterránea. El presente análisis académico, basado en información pública y principios de geomecánica, revisa posibles mecanismos vinculados al caso y plantea hipótesis ante la ausencia de datos internos del Teniente. La historia minera internacional ofrece casos ilustrativos. En Western Deep Levels (Sudáfrica), a más de 3,5 km de profundidad en cuarcitas duras y frágiles, predominan estallidos asociados a fallas activadas, con energías de varios megajulios y magnitudes sísmicas sobre ML 3,0. En Creighton y Kidd Creek (Canadá), explotaciones profundas en rocas resistentes y frágiles han registrado eventos combi-

nando deformación local y deslizamiento de fallas, alcanzando magnitudes cercanas a ML 2,5–3,0. En contraste, minas como Kolar Gold Fields (India), Mount Isa (Australia) o Brunswick (Canadá) han experimentado estallidos de energía menor pero igualmente peligrosos, asociados a altas tasas de avance o a macizos frágiles en alto estado tensional. Un patrón común emerge: cuando fallas preexistentes o zonas de cizalla se encuentran a gran profundidad bajo alto esfuerzo diferencial, los estallidos pueden superar los 3,0 MJ, situándose entre los eventos más extremos. En El Teniente, el Complejo Mina Norte —sectores Dacita, Recursos Norte y Reservas Norte— ha mostrado en la última década una recurrencia notable de inestabilidades: eventos en 2012 (2,2 Mw y 1,0 Mw), 2015 (1,8 Mw), 2016 (1,7 Mw) y 2021 (1,9 Mw). El evento más grave previo ocurrió en julio de 2023 en Andes Norte, con magnitud 3,9 Ml y un hipocentro a 3,3 km, cuya cercanía a El Teniente y al sector An-



Amin Hekmatnejad, PhD
 Ingeniería en Minas y Profesor
 asociado Departamento de
 Minería UC Chile.

desita hace clave analizar sus causas. El contexto geológico y estructural no es menor: 14 fallas principales, varias con persistencias superiores a 250–370 m, sistemas de diques y una marcada heterogeneidad geomecánica. Esfuerzos principales mayores (σ_1) sobre 60 MPa y zonas localizadas con bajo confinamiento ($\sigma_3 < 5$ MPa), condiciones que favorecen la acumulación de energía y el estallido

Análisis • Accidente en Mina El Teniente

violento. A ello se suma la interacción entre cavernas y un historial de avances acelerados —como en 2015, 2021 y 2023— coincidiendo con alza de inestabilidad. En este marco, pueden plantearse dos escenarios plausibles:

1. Evento inducido mixto. En el Complejo Mina Norte del Proyecto Nuevo Nivel Mina (NNM) de El Teniente coexisten factores geológicos, estructurales y operacionales que pueden haber favorecido un evento de gran magnitud. El macizo presenta fallas maestras de gran persistencia y sistemas secundarios interconectados, con zonas de alta rigidez y esfuerzos principales mayores ($\sigma_1 > 60$ MPa) junto a áreas de bajo confinamiento ($\sigma_3 < 5$ MPa), lo que genera acumulación crítica de energía elástica. Operacionalmente, avances acelerados de cavernas y aumentos abruptos de producción, lo que redistribuye bruscamente los esfuerzos. En este contexto, la aplicación de fracturamiento hidráulico para alivio tensional, sin un control exhaustivo de la conectividad estructural, puede permitir que el fluido alcance fallas preexistentes y zonas de cizalla activas, alterando la presión de poros y transmitiendo inestabilidad a estructuras mayores. La combinación de estos factores —interacción entre cavernas, migración de energía hacia niveles inferio-



res desde el Complejo Norte y hacia niveles superiores desde Andes Norte, alta velocidad de avance, acumulación de deformación local y reactivación mecánica y/o hidráulica de fallas— podría haber desencadenado un estallido de roca de Clase 2 por mecanismo de fault-slip, liberando más de 4,2 MJ de energía y generando un sismo de magnitud superior a ML 4,2.

2. Evento mixto no inducido. La fuente de energía remota proviene exclusivamente del deslizamiento de fallas naturales, sin influencia minera directa. Sin embargo, la

energía sísmica se combinó con un macizo en condiciones críticas de esfuerzo y rigidez, amplificando el impacto hasta generar un estallido de magnitud y severidad excepcionales.

Precisar el hipocentro del sismo del 31 de julio y acceder a datos internos de El Teniente sería clave para validar hipótesis.

Este evento recuerda que, en minería profunda, la frontera entre lo controlado y lo catastrófico es estrecha y que la gestión integral del riesgo geomecánico, operacional y sísmico no admite vacíos. **mch**

Equipo de Minería Chilena de visita en El Teniente, año 2023.

Evento inducido mixto. En el Complejo Mina Norte del Proyecto Nuevo Nivel Mina (NNM) de **El Teniente coexisten factores geológicos, estructurales y operacionales que pueden haber favorecido un evento** de gran magnitud.