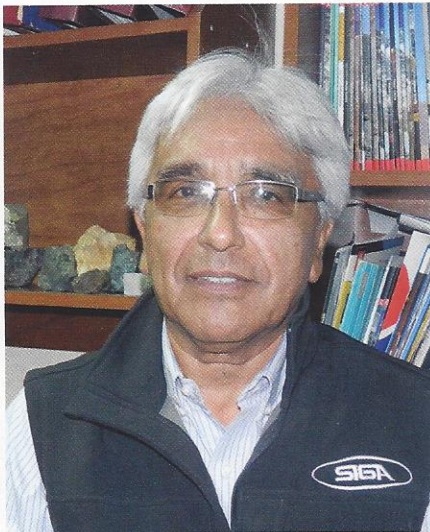


Siga Ingeniería Aplicada

Metodología para Diseño de Protección en Estabilidad de Taludes Mineros y Civiles



Víctor Recabarren
Gerente de Proyectos SIGA Ingeniería
y Consultoría S.A.

Este artículo describe la solución entregada a Codelco División El Teniente por la Consultora SIGA Minería y Geotecnia S. A. a la problemática de inestabilidad y caída de rocas del Talud 25,5 lo que provocó el accidente de caída de rocas en la Carretera El Cobre el 20 de Agosto de 2011, SIGA además preparó el análisis causal de este evento.

Para conseguir el objetivo, SIGA Minería y Geotecnia S. A. realiza el levantamiento topográfico digital de la zona de interés mediante el sistema fotográfico digital 3D de alta resolución ShapeMetrix3D, además del mapeo estructural realizado por el geotécnico, tanto con el software como en terreno, los análisis de estabilidad, la constructibilidad e interferencias. Además, se entregaron los criterios de diseño, las cubicaciones de cantidad de obra y de los suministros junto con las especificaciones técnicas hasta determinar los costos de inversión (CA-PEX) y los de operación (OPEX).

Para plantear la solución al problema de inestabilidad y caída de roca, se realizan los siguientes análisis:

- Análisis de estabilidad general.
- Análisis de estabilidad específica.
- Análisis de caída de roca (Rock Fall).
- Solución geotécnica a la problemática.
- Definición de criterios de diseño y de aceptabilidad, además de las especificaciones técnicas.
- Desarrollo de constructibilidad e interferencia para la implementación de la solución.
- Cálculo costos de inversión y de operación

Desarrollo del Estudio

Topografía tridimensional digital

Esta Consultora realiza un levantamiento tridimensional digital topográfico del talud, Topografía 3D del talud.

Levantamiento geotécnico

Se realiza la evaluación del talud, mapeando estructuras representativas del sector, además del mapeo digital mediante el sistema Shapemetrix3D, a fin de definir el rumbo y el mapeo por familia de fallas (Dip y DipDir) y el modo de falla presente. Se agrega agua y la grieta de tracción detectada al modelo geotécnico.

Definidos los parámetros geotécnicos (GSI, ángulo de fricción, cohesión y otros) y adoptando los criterios de aceptabilidad en función del factor de seguridad, se realizan los

análisis de estabilidad estáticos y sísmicos con el software Slide de Rocscience, basado en los principios de Mohr Coulomb.

Posteriormente se realiza el análisis de caída de roca (Rock fall) en todo el talud en estudio, simulando un bloque (entre 20-50 kg) en caída libre desde el extremo más alto del talud y también a media altura. Esto dio como resultado que existe el fenómeno de caída de roca

Se plantea un análisis estático, uno sísmico y otro con el sostenimiento propuesto, en todos los casos se ingresó al modelo la presencia de agua en la grieta.

Ingeniería de Detalles

La solución del talud fue sectorizada en zona superior e inferior, el límite fue el contrafoso.

Sostenimiento sector superior o alto:

Para esta zona se realiza un análisis de estabilidad que presenta resultados aceptables (Factores de seguridad mayores a los de los criterios de aceptabilidad), sin embargo, se evidencian problemas de caída de roca sobre el contrafoso y dependiendo del tamaño estas podrían caer a la calzada, por lo que se recomienda malla pasiva.

Solución sector inferior o bajo

En cuanto al sostenimiento para este sector, se discretiza la solución a la zona identificada como más inestable, según figura siguiente:

En el sector inferior se realiza un análisis de estabilidad que entregó factores de seguridad menores a uno (1), por lo que se propuso un sostenimiento mediante el sistema malla activa-ternos, la malla que se recomienda deberá ser tejida y estar compuestas por un torón de tres (3) alambres de acero de alto límite elástico de 4mm de diámetro cada una con una resistencia a la tracción de la malla de al menos 22 toneladas por metro lineal en su dirección principal y resistencia a la tracción del alambre mínima de 1770 N/mm² (tipo Spider).

Dada la condición ambiental la malla deberá contar con una protección especial a la corrosión. El sostenimiento debe ser por medio de una malla de perforación (pattern) de 2.5x2.5m. trabada (tres bolillos) y pernos de 4m de largo.

Para el soporte de la grieta detectada en el contrafoso existente, se diseña una solución de pernos de 6 m. de largo.

Costos de la Solución

Se estiman los costos de inversión (CAPEX) de la solución, los que tiene una incidencia de 28,6% en suministros y de 71,4% en su instalación.