

---

**VARIABILIDAD DE LA ESTABILIDAD ESTÁTICA EN TALUD DE RAJO  
CONSIDERANDO LA PROPAGACIÓN DE DAÑO POR TRONADURAS  
DE PRODUCCIÓN**

**MARIO ANDRÉS MOSCOSO ABARZÚA  
INGENIERO CIVIL EN MINAS**

**RESUMEN**

Tanto en la minería como en cualquier obra civil es imprescindible asegurar los más altos estándares de seguridad en todas las infraestructuras diseñadas, ya que no solo está en juego los bienes materiales, si no que en muchas ocasiones está en juego la vida de los trabajadores. El presente proyecto busca ampliar las consideraciones actuales asociadas al concepto de factor de seguridad determinando que tan sensibles son los taludes en rajo frente a las tronaduras operacionales cercanas considerando paralelamente las variaciones que estas provocan en los parámetros geomecánicos de los materiales que componen el talud, esto se lleva a cabo mediante el análisis de los distintos parámetros que gobiernan las tronaduras en la minería a cielo abierto, para el caso específico de la voladura de taludes en la minería las propiedades geomecánicas son las que se ven más afectadas bajo los efectos que produce la onda de choque y la expansión de los gases generados por los explosivos. Bajo este contexto, este proyecto propone una metodología complementaria y posible de incorporar en los análisis de equilibrio límite clásicos sobre cortes en la roca, que permita identificar el efecto adverso que tienen las tronaduras de producción sobre los parámetros de resistencia de la roca. Este efecto se incluirá en el análisis de equilibrio límite por medio de la disminución del parámetro GSI de Hoek, lo cual afecta directamente a la resistencia de la roca. Esta disminución de resistencia de la roca se utilizará como alternativa al factor de alteración D propio del criterio de rotura de Hoek-Brown y que es utilizado habitualmente. Los resultados tanto de la metodología propuesta como la de factor D serán comparadas. Los resultados de simulación indican que las propuestas de disminución de este proyecto son considerablemente más conservadoras que el método habitualmente usado considerando el Factor D, obteniéndose factores de seguridad muy por debajo de

---

lo que indica el método clásico. Para una roca intacta de granito el método de Hoek-Brown estimó un Factor de seguridad de 11,99, al evaluar este mismo modelo por medio de las propuestas de disminución de resistencia con función Exponencial, función Lineal y función Logaritmo se obtuvieron resultados de factor de seguridad de 2,697, 3,114 y 4,843 respectivamente, esto se traduce en un decaimiento del valor del factor de seguridad de entre un 59,6% a un 77,5%. Esta gran diferencia entre los resultados se debe principalmente a que los modelos de propuesta de disminución de resistencia contienen de manera implícita el efecto adverso que posee la tronadura en los sectores cercanos a la tronadura. En consecuencia, se recomienda la utilización de otros métodos de estimación de factor de seguridad como los propuestos en esta investigación, ya que estos abarcan un área que no considera el método clásico de Hoek-Brown.

## ABSTRACT

In mining as in any other civil works, it is essential to ensure the highest safety standards in all designed infrastructures, since not only material assets are at stake, but also in many occasions the lives of workers are at stake. This project seeks to expand the current considerations associated with the concept of safety factor by determining how sensitive are the slopes in a pit to nearby operational blasting, considering in parallel the variations that these cause in the geomechanical parameters of the materials that make up the slope, This is carried out through the analysis of the different parameters that govern blasting in open pit mining, for the specific case of blasting slopes in mining, the geomechanical properties are the most affected under the effects produced by the shock wave and the expansion of gases generated by the explosives. In this context, this project proposes a complementary and possible methodology to be incorporated in the classical limit equilibrium analysis on rock cuts, which allows identifying the adverse effect of production blasting on rock strength parameters. This effect will be included in the limit equilibrium analysis through the decrease of Hoek's GSI parameter, which directly affects the rock strength. This decrease in rock strength will be used as an alternative to the commonly used alteration factor D of the Hoek-Brown fracture criterion. The results of both the proposed methodology and the D-factor methodology will be compared. Simulation results indicate that the decline proposals of this project are considerably more conservative than the method usually used considering the D Factor, obtaining safety factors well below what the classical method indicates. For an intact granite rock, the Hoek-Brown method estimated a Factor of Safety of 11,99, when evaluating this same model by means of the proposals of resistance decrease with Exponential function, Linear function and Logarithm function, results of safety factor of 2,697, 3,114 and 4,843 respectively were obtained, this translates into a decay of the safety factor value from 59,6% to 77,5%. This large difference between the results is mainly due to the fact that the proposed resistance decrease models implicitly contain the adverse effect of blasting in the sectors near the blast. Consequently, the use of other

---

safety factor estimation methods such as those proposed in this research is recommended, since they cover an area that does not consider the classical Hoek-Brown method.