

MODELAMIENTO GEOLÓGICO Y ESTRUCTURAL 3D Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES 2D MEDIANTE EL MÉTODO SRM (SYNTHETIC ROCK MASS)

Carlos E. Paredes Otoyá

Ausenco Environment and Sustainability (E&S), Lima, Perú

carlos.paredes@ausenco.com

RESUMEN: En una mina a cielo abierto, la estabilidad de los taludes rocosos es uno de los mayores desafíos en la ingeniería de la mecánica de las rocas debido a los procesos geodinámicos que formaron el depósito de mineral, haciendo cada depósito complejo y único. Algunas de las complejidades encontradas comúnmente son: la geología en los alrededores del depósito, la alta variabilidad de las propiedades, la compleja fábrica estructural, el grado de alteración de las rocas, la información geomecánica limitada, etc. Antes de evaluar la estabilidad de los taludes debemos caracterizar el macizo rocoso.

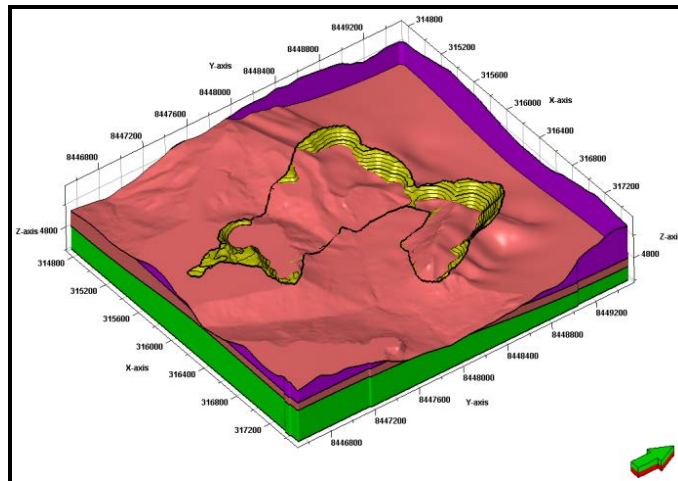


Fig. 1, Modelamiento geológico ilustrando el tajo final

Para caracterizarlo se han construido los modelos geológicos, estructural y del macizo rocoso para formar un modelo geotécnico como recomienda el proyecto *Large Open Pit* (LOP), un proyecto de investigación internacional relacionado a la estabilidad de taludes de roca en las minas a cielo abierto.

Una vez construidos los dominios geotécnicos, la estabilidad de los taludes rocosos puede ser evaluada para cada dominio por los métodos de equilibrio limite o numéricos como el método de los elementos finitos o el método de los elementos discretos.

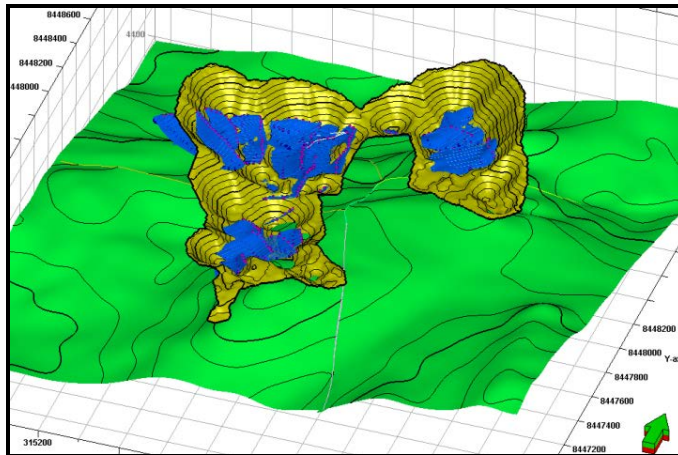


Fig.2 . Modelamiento de fallas de gran escala

El uso del método depende de diversos factores, como la influencia de los elementos estructurales, la importancia del análisis, la información disponible, etc. Los métodos de equilibrio límite pueden ser usados en la evaluación de la estabilidad de grandes taludes de roca que son susceptibles a las fallas rotacionales del macizo rocoso. El método de elementos finitos se ha desarrollado rápidamente y ha ganado popularidad para el análisis de estabilidad de taludes en el caso en que el mecanismo de falla no esté controlado por estructuras discretas geológicas. Los métodos de elementos finitos están basados en modelos constitutivos de tensión-deformación para las rocas intactas y tiene dificultades en simular familias con un gran número de discontinuidades así como también permite la simulación de grandes deformaciones.

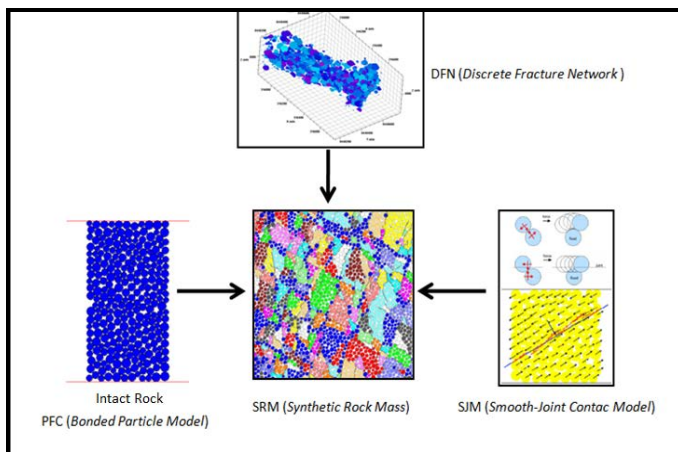


Fig. 3, Componentes del modelo Synthetic Rock Mass

El presente trabajo usa el modelo SRM (*Synthetic Rock Mass*) para evaluar la estabilidad de taludes de una mina a cielo abierto. El SRM es una nueva técnica que permite simular el comportamiento mecánico de macizos rocosos fracturados y permite simular la propagación de fracturas y los efectos de anisotropía.

Esta técnica usa el modelo BPM (*Bonded Particle Model*) para representar la roca intacta y el SJM (*Smooth-Joint Contact Model*) para representar las estructuras del macizo rocoso dentro del programa PFC. Para el modelamiento estructural se utilizó el método DFN (*Discrete Fracture Network*). Para la

determinación de los modelos geológico y estructural se utilizó el programa Petrel y para el análisis de estabilidad de taludes usando el modelo SRM se utilizó el programa PFC 4.0 en la versión 2D.

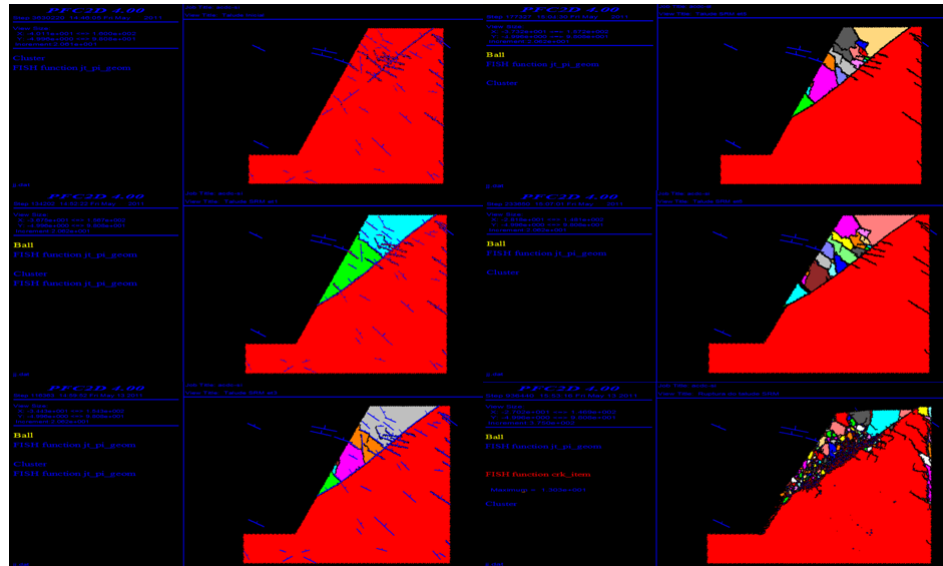


Fig. 4, Etapas diferentes del talud rocoso fracturado desde el estado de equilibrio hasta la falla.

REFERENCIAS

1. Bieniawski, Z. 1978. Determining rock mass deformability: experience from case histories. *J. of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts*. Res. 15, n.5, 237-247.
2. Barton, N., Lien, R., Lunde, J. 1974. Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. *Rock Mechanics and Rock Engineering*. Res. 6,n.4, 189-236.
3. Barton, N. 2002. Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Res. 39, n 2, 185-216.
4. Hoek, E., Brown, E.T. 1997. Practical estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Res. 34, n.8, 1165-1186.
5. Palmstrom, A. 1996a. Characterizing rock masses by the RMI for use in practical rock engineering: Part 1: The development of the Rock Mass index (RMI). *Tunnelling and Underground Space Technology*. Res. 11, n.2, 175-188.
6. Palmstrom, A. 1996b. Characterizing rock masses by the RMI for use in practical rock engineering, part 2: Some practical applications of the rock mass index (RMI). *Tunnelling and Underground Space Technology*. Res. 11, n.3, 287-303.
7. Pierce, M., Mas, D., Cundall, P. and Potyondy, D. 2007 A Synthetic Rock Mass Model for Jointed Rock. in *Rock Mechanics: Meeting Society's Challenges and Demands (1st Canada-U.S. Rock Mechanics Symposium, Vancouver, May 2007)*, Vol. 1: Fundamentals, New Technologies & New Ideas, pp. 341-349
8. Potyondy, O.D., Cundall, P.A. 2004. A bonded-particle model for rock. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*. Res. 41, 1329-1364.
9. Priest, S.D. 1993. *Discontinuity Analysis for Rock Engineering*. 2nd ed. London: Chapman & Hall.
10. Mas Ivars, D. et al. 2008b. The smooth-joint contact model. In *Proceedings 8th World Cong Comp Mech / 5th Eur Cong Comp Meth Appl Sci & Eng., Venice, 30 June – 4 July 2008*, [s.n.].

11. Itasca Consulting Group Inc. 2008. *PFC2D Particle Flow Code in 2 Dimensions*. Minneapolis: Mill Place.
12. Kulatilake, P.H.S.W. et al. 1997. A physical model study of jointed rock mass strength under uniaxial compressive loading. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. Res. 34, n. 3-4. 165.e1-165.e15.
13. Park, E.S., Martin, C.D., Christiansson, R. Simulation of the Mechanical Behavior of Discontinuous Rock Masses Using a Bonded-particle Model. 2004. In *Proceedings 6th North Amer Rock Mech Symp, Houston, 5-9 June, 2004*, ARMA 04-480.
14. Bieniawski, Z. 1968a. The effect of specimen size on compressive strength of coal. *Int. J Rock Mech Sci Geomech*. Res. 5, 325-335.
15. Heuze, F. 1980. Scale effects in the determination of rock mass strength and deformability. *Rock Mech Eng.. Res*. 167-192.
16. Hoek, E., Brown, E. 1980. *Underground excavations in rock*. London: Inst. Min Metall.
17. Yoshinaka, R. et al. 2008. Practical determination of mechanical design parameters of intact rock considering scale effect. *Engineering Geological*. Res. 173-186.
18. Swang, C., Seo, Y-K. 1999. Limit state analysis of earthen slopes using dual continuum/FEM approaches. *International journal for numerical and analytical methods in geomechanics*. Res. 1359-1371.
19. Li, L. et al. 2009. Numerical analysis of slope stability based on the gravity increase method. *Computer and Geotechnics*. Res. 1246-1258.
20. Billaux, D., Dedecker, F., Cundall, P. 2004. A novel approach to studying rock damage: the three dimensional adaptive continuum/discontinuum code. In *Proc Eurock 2004, Salzburg, W Schubert*. [S.l.]: Essen: Verlag Glückauf 723-728.
21. Paredes, C. 2011. *Modelagem Geológica e Estrutural 3D e Análise de Estabilidade de Taludes 2D em Mina a Céu Aberto Pelo Método SRM (Synthetic Rock Mass)*. Brasil. Dissertação Puc-Rio.