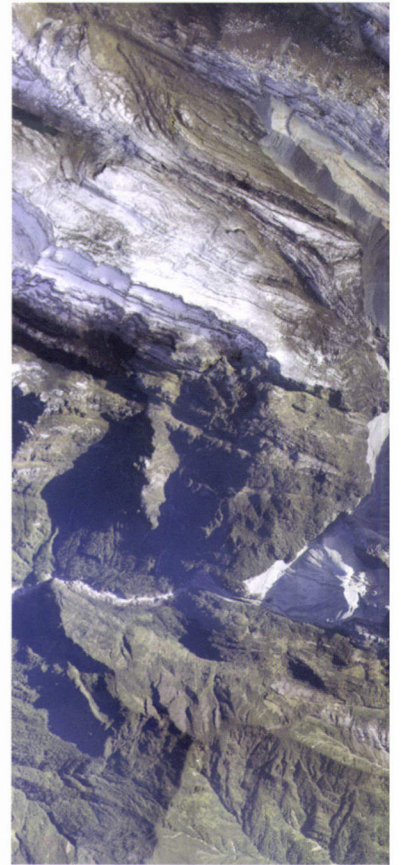
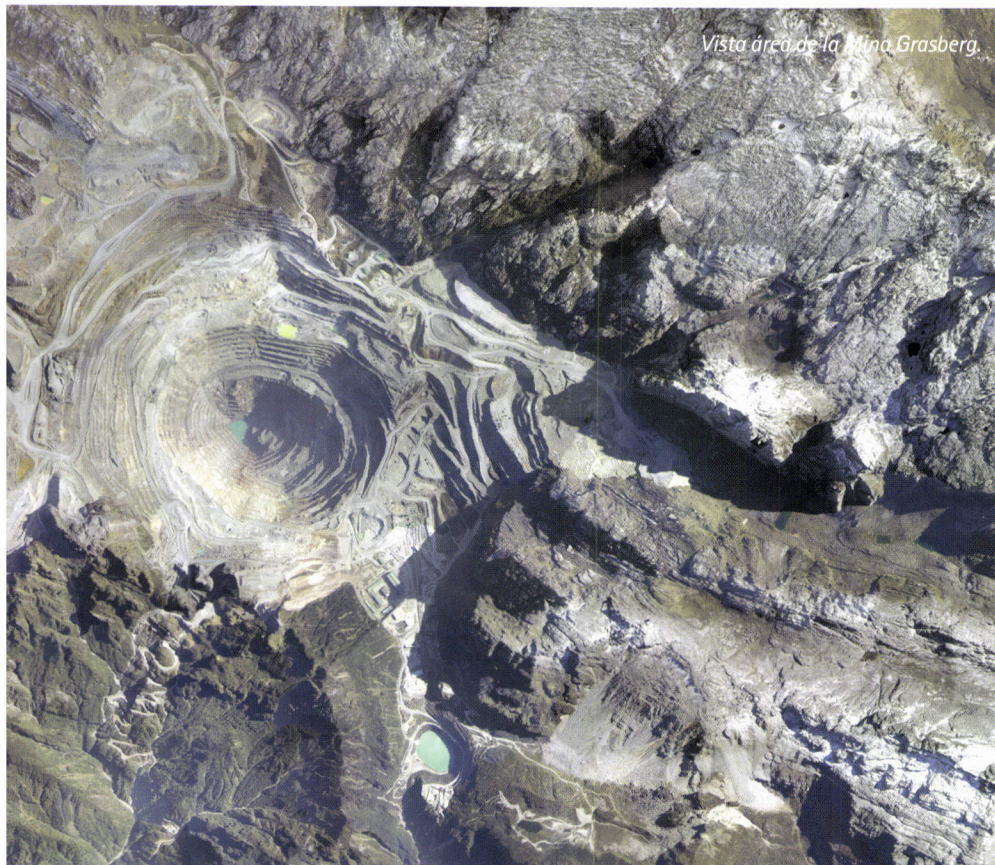


FCFM Exporta Tecnología: Nuevo Modelo de Confiabilidad para la Infraestructura Minera Subterránea



Siguiendo la línea de investigación del Block Caving, método subterráneo masivo de extracción de mineral, investigadores del grupo de planificación minera del Departamento de Ingeniería de Minas, desarrollaron un modelo de confiabilidad que calcula la probabilidad de cumplimiento de una determinada meta de producción.

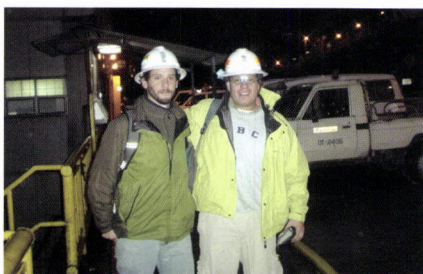
La planificación minera es la disciplina de la Ingeniería de Minas que se encarga de integrar los recursos geológicos con los mercados de minerales, delineando una promesa productiva que se sintoniza con los objetivos estratégicos de las compañías mineras. Como resultado del proceso de planificación, se definen los métodos de explotación, las tasas de producción de productos minerales en el tiempo, la vida de la mina y las reservas mineras. Para lo anterior se utilizan modelos matemáticos para predecir el comportamiento del mercado, cuantificar los recursos geológicos, y entender



Vista aérea de la Mina Grasberg.

La incorporación de estas fallas operacionales que sufre la infraestructura minera subterránea genera la existencia de una probabilidad asociada a una meta de producción, lo que se llama "Confiabilidad de la Infraestructura de Producción Minera".

Agrega que se trata de una importante herramienta para los planificadores mineros "porque las minas antiguamente operaban a bajos tonelajes, 15 a 20 mil toneladas diarias, y se diseñaban con una gran holgura que permitía absorber los eventos operacionales de pérdida de infraestructura. Las condiciones de los yacimientos y mercados han obligado a las compañías mineras a plantearse proyectos mineros con tasas de producción elevadas. Por ejemplo los proyectos de explotación de minas de Panel y Block Caving se plantean metas de producción por sobre las 100 mil toneladas por día. Específicamente se encuentra el proyecto de expansión de El Teniente y Chuquicamata subterráneo con tasas de 240 mil y 140 mil toneladas por



El académico Enrique Rubio y el alumno de Magister Sebastián Troncoso en la Mina Grasberg.

el comportamiento del macizo rocoso al interior de los sistemas productivos.

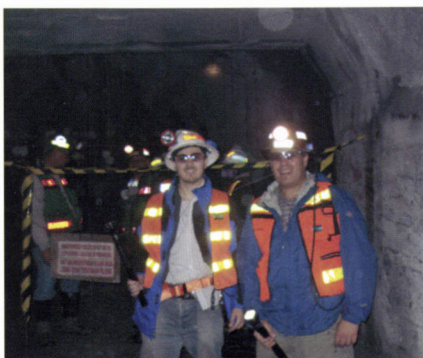
"Observamos que una vez que la mina entra en producción, muchos de los modelos planteados para la planificación no se cumplen, porque los supuestos iniciales no

Al igual que las hormigas, en minería se busca el alimento, que sería el mineral, y de la manera cómo nos organicemos dependerá si ganamos o perdemos al final del día.

son los correctos y generalmente no consideran la variabilidad intrínseca que posee la geología, los mercados y los sistemas productivos mineros. Por ejemplo, un túnel que debiese estar en funcionamiento por diez años colapsa a los tres. Esto genera una falla del sistema productivo, desde el punto de vista de que la infraestructura planificada y diseñada para sostener una determinada meta de producción no se encontrará disponible", explica Enrique Rubio, académico del Departamento de Ingeniería de Minas.



Mina Grasberg.



Los investigadores en el interior de la mina.

día respectivamente. Estos volúmenes de extracción son muy grandes y este modelo apoya la definición de la infraestructura de producción crítica necesaria para alcanzar estas metas".

Debido a que había una necesidad identificada en la industria de desarrollar un modelo para apoyar las decisiones tomadas en el proceso de planificación de minas de Block y Panel caving actuales, en marzo de este año el profesor Rubio junto al estudiante de magister Sebastián Troncoso, decidieron continuar el desarrollo conceptual realizado

anteriormente, centrándose en la labor matemática y de construcción del prototipo. Como resultado, en julio viajaron a Indonesia para ensayarlo en la mina Grasberg, propiedad de PT Freeport Indonesia.

EL MODELO

El modelo generado calcula la probabilidad de cumplimiento de una determinada meta de producción en función de la infraestructura minera disponible como: túneles, piques, puntos de extracción, chancadores, entre otros. Por ahora el modelo sólo se aplica a minería subterránea que es donde existe evidencia de que las interrupciones operacionales causadas por eventos geotécnicos influyen en el cumplimiento de los planes productivos.

Para su diseño, los investigadores se apoyaron en modelos de confiabilidad utilizados en ingeniería mecánica y en un modelo de biotecnología que estima la robustez de las diferentes estrategias de consumo de alimentos en hormigas, las que "para buscar alimento se organizan de tal manera que

es posible calcular la confiabilidad en las distintas estructuras de organización. Y al igual que las hormigas, en minería se busca el alimento, que sería el mineral, y de la manera cómo nos organicemos dependerá si ganamos o perdemos al final del día", contó Rubio.

Este nuevo modelo también permite categorizar diferentes estrategias de producción identificando aquellas que muestran una mayor robustez al cumplimiento de la promesa productiva. Esto permite identificar y visualizar cuáles son los puntos críticos de la infraestructura minera, lo que tiene una gran relevancia y utilidad para los planificadores mineros, ya que, les permite justificar sus decisiones y eventuales inversiones de capital.

También facilita la definición de una estrategia de construcción de la mina, al permitir redundancia en la infraestructura y, por ejemplo, establecer que se necesitarán más túneles para extraer una determinada cantidad de mineral. Según explica Rubio, "en la actualidad esto se asocia principalmente a un mayor costo porque si se hace el balance de masa efectivamente se requerirá un túnel, pero al incorporar la probabilidad de que ese único túnel colapse, se evidencia que se necesitará otro".

LABORATORIO EN INDONESIA

Definida la matemática y armado el prototipo se gestó la oportunidad de probar el modelo en Grasberg, que según Rubio hoy cuenta con los mejores datos de control de producción de la industria minera subterránea: "Es una mina en expansión, que hoy día produce 50 mil toneladas por día y tiene planificado escalar su producción a 80 mil hacia finales del año 2009. El plan de expansión contempla entrar a producir en un área donde las condiciones geológi-

PT FREEPORT INDONESIA

Freeport McMoRan Cooper & Gold (FCX); es uno de los gigantes mineros, con casa central en Phoenix, Arizona, Estados Unidos.

Realiza operaciones en países de Norteamérica, Sudamérica, Asia y África, a través de sus subsidiarias PT Freeport Indonesia, Phelps Dodge y Atlantic Copper, explotando cobre, oro y molibdeno. En Chile, tiene participación en las mineras El Abra, Candelaria y Ojos del Salado.

PT Freeport Indonesia, tiene una de las mayores reservas mundiales de cobre, la mina Grasberg, localizada en Papua Indonesia, hasta donde viajaron los investigadores del Departamento de Ingeniería de Minas. Enrique Rubio contó que se ubica en una zona compleja desde el

FCFM exporta tecnología:
Nuevo modelo de Confiabilidad para
punto de vista geográfico y social: "Tardamos 3 días en llegar a esta operación que está en medio de la selva, en una provincia donde hay canibales, guerras entre tribus y otras características que hacen de la actividad minera en la zona un desafío diario. La logística de producción desde construir la carretera para llegar a la mina hasta llevar las tuberías para transportar el concentrado y toda la problemática de operar la mina -que hoy emplea 15 mil personas- es muy difícil. Pero desde el punto de vista académico, mostrarle a un alumno que en medio de esta situación existe un desarrollo minero importante y que la Facultad está involucrada con un proyecto de estas características es tremendamente relevante".

Las minas antiguamente operaban a bajos tonelajes, 15 a 20 mil toneladas diarias, y se diseñaban con una gran holgura que permitía absorber los eventos operacionales de pérdida de infraestructura.



Los investigadores en un nuevo punto de extracción de la mina.

cas de la roca cambian abruptamente, lo cual incidirá en la disponibilidad del área productiva. Por este motivo, se hace muy interesante poder utilizar el modelo en este proyecto para analizar la capacidad máxima de producción de la mina", afirmó.

Entre el 16 de julio y el 6 de agosto se materializó esta experiencia. El profesor Enrique Rubio y Sebastián Troncoso partieron de Chile con un prototipo, alimentado con datos de otras faenas y una vez en Grasberg obtuvieron de la base de datos de control de producción la información necesaria. Luego modelaron las entradas para el prototipo y validaron el modelo considerando los resultados obtenidos en la mina desde enero hasta abril de este año, los que se compararon con los datos arrojados por el modelo. Con estos antecedentes, se simularon los programas de producción incorporando la confiabilidad como una métrica anexa a los estándares tradicionales de medición en planificación minera. Esto permitió cuanti-

ficar el impacto de diferentes eventos que podrían generar una caída importante de la confiabilidad del plan de producción a 80 mil toneladas por día.

Los resultados se expusieron a directivos de PT Freeport Indonesia, quienes requirieron aplicar el modelo en 5 proyectos futuros de la mina. Además, en marzo de 2008, dos ingenieros de esa Compañía viajarán a Chile para realizar un magister con el académico y se integrarán a futuros proyectos.

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA


Actualmente los investigadores trabajan en lograr un desarrollo computacional más acabado que esperan probar en la mina de Grasberg en febrero próximo. El modelo además se alimentará de datos operacionales que no existían hasta el momento de realizar el laboratorio y que encuentran actualmente en recopilación. Por otro lado se encuentran en revisión algunos aspectos del modelo matemático que no dejaron satisfecho a los investigadores en el laboratorio realizado con Freeport.

Sebastián Troncoso explica que esta revisión se relaciona principalmente con "la flexibilidad del modelo, porque en Grasberg observamos que no fue suficiente, teniendo que modifi-

car algunas partes del sistema para que se adaptara a la realidad de la mina".

Otro aspecto del trabajo tiene que ver con finalizar la transferencia tecnológica a una empresa de software que demostró interés en invertir en este proyecto –hasta ahora financiado por Freeport– para insertarlo en un software comercial GEMS que ya utilizan el 95% de las faenas que operan Block y Panel Caving.

El modelo también ha despertado el interés de empresas nacionales como Codelco, para aplicarlo en sus proyectos Nuevo Nivel Mina El Teniente y Chuquicamata Subterráneo, sin embargo, Enrique Rubio aclara que "para hacer un modelamiento de calidad requerimos datos con los que hoy no se cuenta".

En suma, un proyecto muy exitoso que a juicio del académico representa para la FCFM "exportar tecnología y educación, porque se gestó en nuestra Facultad y esperamos se aplique en minas de todo el mundo y a otros sistemas de extracción. Estas cosas son las que nos permiten ser líderes en educación y alinearnos con la estrategia de largo plazo que tiene el país en desarrollo tecnológico e innovación", concluyó. 

Texto: Ana Gabriela Martínez A.



Enrique Rubio y Sebastián Troncoso trabajan en el modelo.