

Planificación de la producción con capacidades de producción flexibles en minería a cielo abierto

David Meneses¹

Enrique Jélvez²

1. Departamento de Ingeniería de Minas,
Universidad de Antofagasta, Chile
2. Advanced Mining Technology Center,
Universidad de Chile

Introducción: la planificación minera es una etapa dentro de la cadena de valor del negocio minero que conjuga una gran cantidad de parámetros para elaborar una promesa productiva, y tiene como objetivo generar el máximo rendimiento económico con el más eficiente uso de los recursos disponibles. Su principal resultado es el plan minero, que depende de una correcta estimación de cada uno de los parámetros que contribuyen a la construcción de dicho plan, tarea no exenta de desafíos, donde destaca el precio de venta del *commodity*. El problema es que el comportamiento de esta variable exógena es muy difícil de predecir en el mediano y largo plazo, por lo que han surgido innumerables intentos, tanto por predecir su valor esperado, como por manejar su variabilidad.

El presente trabajo propone manejar las continuas fluctuaciones del precio de venta del *commodity* mediante la modificación consciente de los ritmos de extracción en la mina y procesamiento de la planta de chancado, basado en la hipótesis de que un aumento en el precio incentiva un aumento en la capacidad de la operación, aunque una disminución en el precio también supone una disminución de los ritmos de extracción y procesamiento, para así preservar las reservas para mejores precios. En este contexto, aparece el concepto de flexibilidad como la mejor forma que tiene el plan de producción de adaptarse a los cambios en el precio.

Metodología: la metodología propuesta por este trabajo se compone de 5 etapas: (i) realizar un plan minero de manera tradicional, o inflexible, que maximiza el valor presente neto sujeto a restricciones fijas de capacidad, (ii) simular el precio del *commodity*, (iii) proponer diferentes alternativas de capacidades de planta y mina, (iv) optimizar mediante un modelo de programación matemática las diferentes capacidades mina y planta como opciones al cambio en las diferentes simulaciones del precio, y finalmente (v) proponer planes mineros alternativos que sean factibles.

Para medir y analizar los resultados en función de los planes simulados, se utiliza en primer lugar el indicador Value at Risk (VaR), que mide la exposición al riesgo para cierto nivel de confianza, y para formular los planes mineros alternativos se tomarán dos criterios: valor presente neto y su probabilidad de ocurrencia, para entregar una propuesta de plan que logre manejar la incertidumbre del precio.

Resultados y conclusiones: el caso de estudio es una aplicación a un yacimiento de proporciones reales, donde cada opción representa la capacidad anual del proceso mina y planta, permitiendo fluctuar o flexibilizar a otra capacidad solo en periodos quinquenales. Se determinó un número suficiente de simulaciones a través de la estacionaridad de los estadígrafos, en total de 99 simulaciones del precio de venta del *commodity* para generar planes de producción flexibles, además del plan de producción inflexible (con capacidad fija). El paso siguiente fue generar los planes alternativos, encontrándose 10 en total, bajo criterios de factibilidad en la combinatoria de capacidades por quinquenio.

La comparación mostró que en términos evaluativos los planes que permitían cambios de capacidad redujeron en un 5% el VaR, por tanto, disminuyendo el riesgo. Además, se determinó que el plan alternativo N° 4 (Figura 1) como elección para el proyecto minero aumentaba el valor presente neto esperado del proyecto en más de un 10% comparado con un plan inflexible.

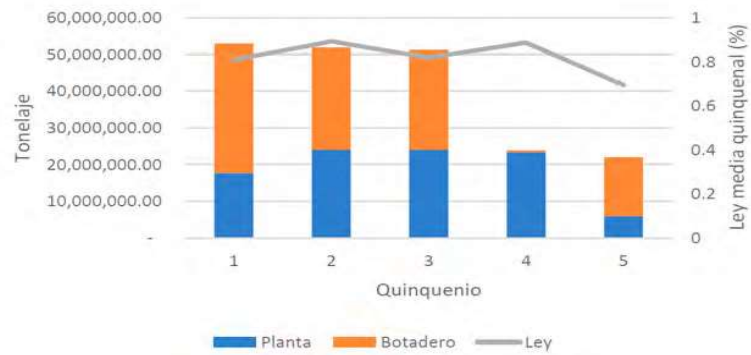


Figura 1 Plan de producción quinquenal # 4 obtenido con el modelo de capacidades flexibles.