

Valoración mediante Simulación de Opciones “sobre” y “en” un sistema

Inversiones de Capital y Flexibilidad en ingeniería en el desarrollo de la mina de Antamina (Perú)

Nota

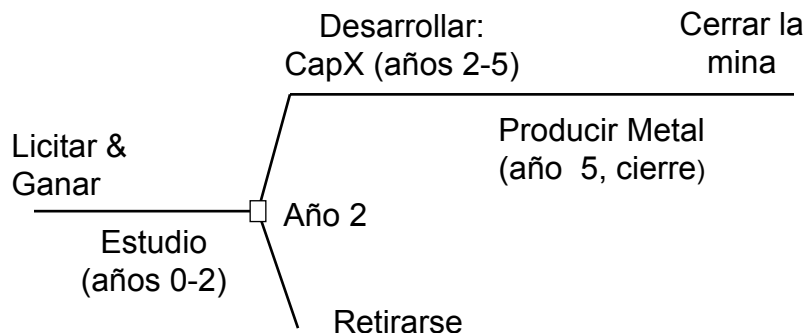
Esta presentación se basa en el caso desarrollado por Peter Tufano y Alberto Moel de la Escuela de Negocios de Harvard.

Contiene simplificaciones. Las figuras que se presentan aquí difieren de aquellas presentadas por Tufano y Moel. Estas reflejan los supuestos de los autores en su presentación sobre el tratamiento de la incertidumbre y la proyección de flujos de caja.

Descripción del proyecto: Antamina

- Mina de cobre y zinc de propiedad del estado de Perú, ~480km (300millas) al norte de Lima
- Privatizada en 1996: Licitación pública. Pequeño pago inicial + compromiso de desarrollarla
- Poca información geológica de calidad
- Estudio geológico toma dos años, se inicia después de la licitación, está disponible antes de la construcción
- Proceder con el desarrollo si el estudio sugiere que la explotación de la mina es económicamente viable

Horizonte del proyecto



Fuentes de Incertidumbre

Ingresos

- Vida útil de la mina \Rightarrow
- Precio futuro del zinc y el cobre \Rightarrow
- Calidad del mineral

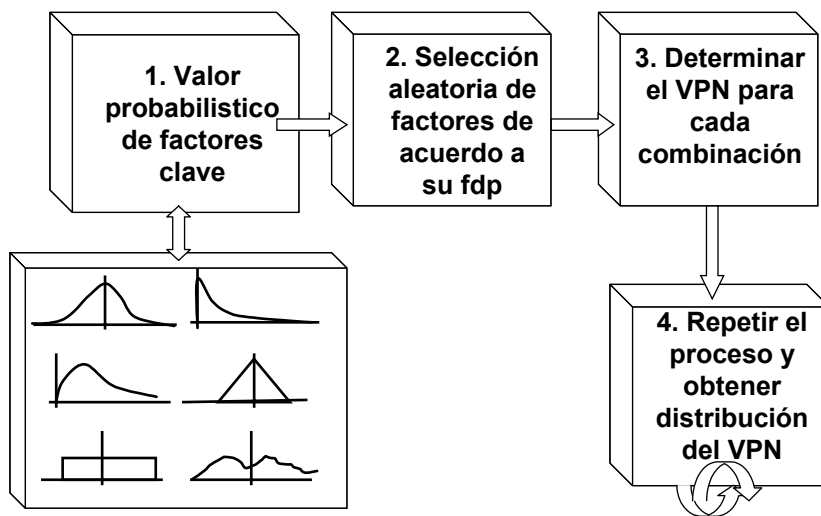
Costos

- Costos operacionales
- Gastos de capital

Manejo incertidumbre

- Determinista
- procesos estocásticos ("Lattice", años 0-2)
- Distribución de Probabilidad
Simulación Monte Carlo

Simulación de Monte Carlo



Fuentes de Incertidumbre

- El precio y la cantidad prevalecen solamente durante los primeros dos años
- Se asume que el riesgo de precio se elimina en el año 2 mediante contratos de futuros para vender la producción de la mina
- Todas las demás fuentes de incertidumbre son modeladas mediante simulación de Monte Carlo luego del año 2

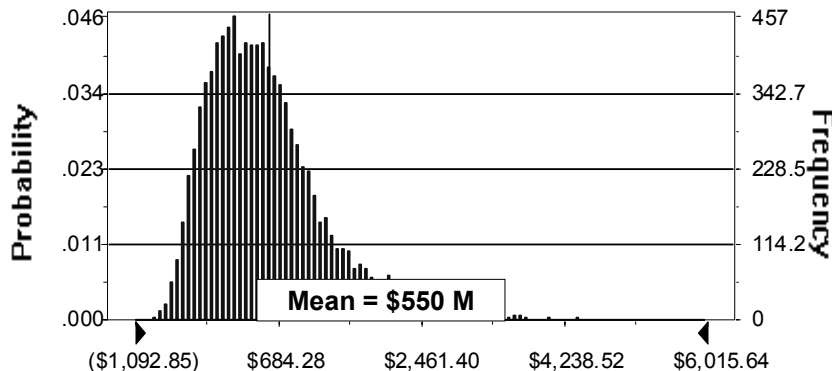
⇒ Resultado de la simulación: Valor Esperado del VPN

Resultados: Caso Base– Sin opciones

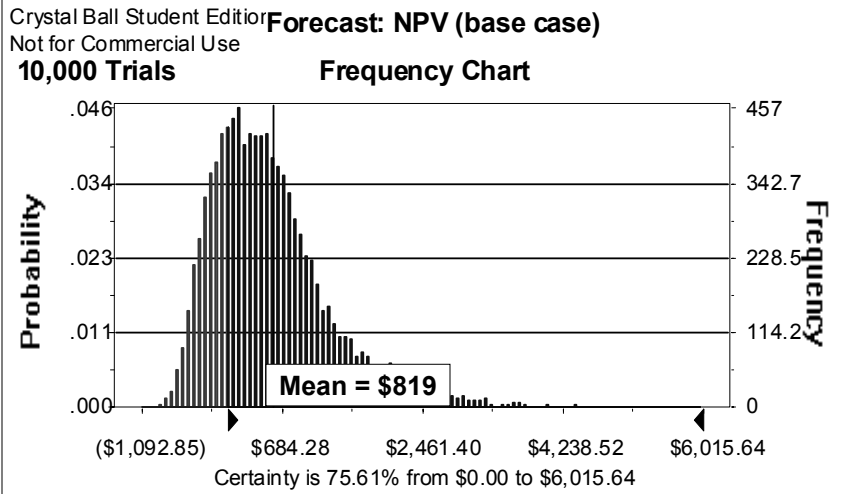
Crystal Ball Student Edition Forecast: NPV (base case)
Not for Commercial Use

10,000 Trials

Frequency Chart



Resultado simulación: Opción de abandonar



Valoración: Opción para abandonar

Opción para abandonar:
 $\$819 - \$550 = \$269$ millones

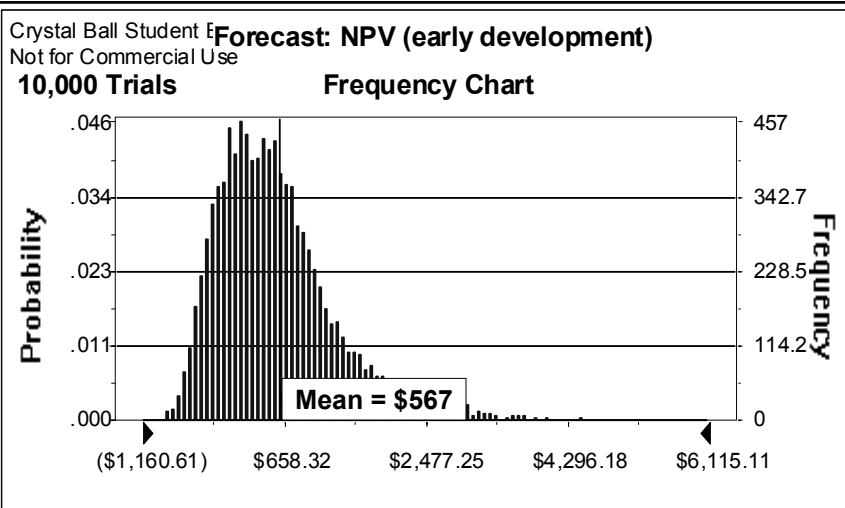
Flexibilidad en Ingeniería

- Añadir flexibilidad, añadir valor?
- Iniciar estudio de ingeniería más temprano y acelerarlo puede permitir reducir a dos años la construcción e iniciar producción más rápido



Cuanto pagaría por esta opción?

Resultados Simulación: Desarrollar temprano



Valoración: Opción de desarrollo temprano

Opción de desarrollo temprano (solamente):

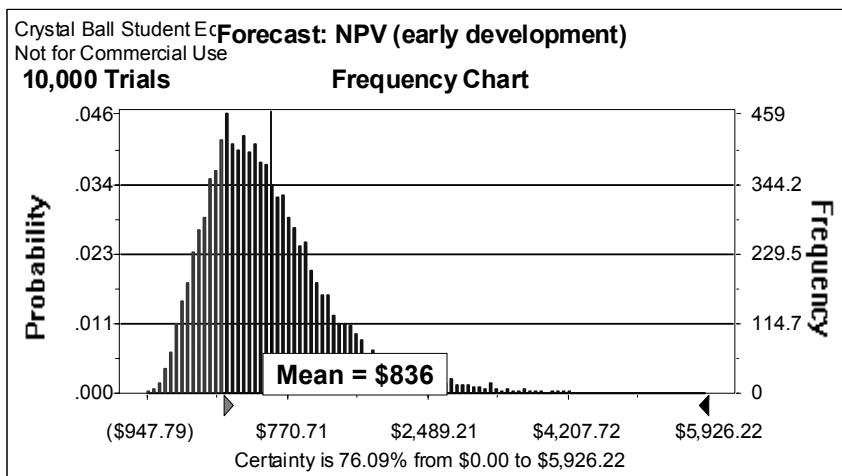
$$\$567 - \$550 = \$17 \text{ millones}$$

Justificaría fácilmente varios millones \$

Invertidos temprano en diseño

Esta opción real sería compuesta con la opción de abandonar Generalmente no son aditivas!

Resultados Simulación: Ambas opciones



Valoración: Ambas opciones juntas

Valor de ambas opciones juntas:
 $\$ 836 - \$550 = \$286$ millones

Valor incremental de opción de
desarrollo temprano:

$\$ 836 - \$819 = \$17$ millones
Parecen aditivas, sin embargo hay
realmente una diferencia. Que en este
caso puede ser redondeada e ignorada

Referencias

- Tufano, P., Moel, A., (1997) "Bidding for Antamina", Harvard Business School Case number 9-297-054, Rev. Sept. 15.
- Tufano, P., Moel, A., (2000) "Bidding for the Antamina Mine – Valuation and Incentives in a Real Option Context", in "Project Flexibility, Agency, and Competition," editado por Brennan, M. and Trigeorgis, L., Oxford University Press
- Hertz, D. (1979) "Risk Analysis in Capital Investment", Harvard Business Review September-October, pp. 169-180