

→ TREND → MANAGEMENT

EN ESTA EDICIÓN

Intraweb

INTRAWEB: La Nueva "Lógica" para los Negocios Exitosos

Resalta las diferencias entre "tecnología y máquinas", tal como no es igual el "lenguaje y el idioma", "el estado y el gobierno" o "la mente y el cerebro".

Por los profesores: Sergio Melnick, Ph.D. UCLA y José Miguel Barraza, MBA UAI, de la Universidad Adolfo Ibáñez.

Gobierno Corporativo

Gobierno Corporativo: Estrategia para la Creación de Valor.

Expone cómo maximizar el valor a largo plazo de las empresas, a través de implementar un adecuado gobierno corporativo.

Por los profesores: Teodoro Wigodski S. y Franco Zúñiga G., de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile.

Management

Impacto de las Buenas Prácticas de Gestión de Empresas en una Escuela Municipalizada:

La Experiencia de la Corporación Municipal de Melipilla

Analiza un caso real, en que el resultado de la descentralización y privatización de una escuela rural, mejora considerablemente al aplicar técnicas de gestión moderna en su administración.

Por los profesores: Rafael Águila, Mladen Koljatic y Mónica Silva, de la Pontificia Universidad Católica de Chile.



Universidades Chilenas presentan sus mejores "Papers" en Management

**Management
made in Chile**

Una Nueva Metodología para la Evaluación de Proyectos de Inversión:

La metodología de las opciones reales consiste en la Evaluación de Proyectos de Inversión que involucran algún grado de flexibilidad operacional, tales como la explotación de minas o pozos petrolíferos, la inversión en investigación y desarrollo, entre otros.

*Por los profesores: **Viviana Fernández y Eduardo Contreras, de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile.***



Viviana Fernández, de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile.
Pertenece al Centro de Gestión (CEGES), y al Centro de Economía Aplicada (CEA).



Eduardo Contreras, de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile.
Pertenece al Centro de Gestión (CEGES).

El método de opciones reales es la extensión de la teoría de opciones financieras a las opciones sobre activos reales (no financieros). Mientras que las opciones financieras se detallan en el contrato, las opciones reales objeto de las inversiones estratégicas deben ser identificadas y especificadas. Ejemplos de opciones reales son la explotación de minas o pozos petroleros, los contratos de arriendo, el diseño de un nuevo producto y la inversión en investigación y desarrollo, entre otros.

Este nuevo método de evaluación de proyectos ha subsanado las falencias que presenta la herramienta convencional de flujos de caja actualizados. En efecto, aquellos proyectos que involucran algún grado de flexibilidad futura, no pueden ser evaluados correctamente con las técnicas tradicionales del valor presente neto (VPN) o de la tasa interna de retorno (TIR). La regla del VPN es óptima cuando la cuando el proyecto de inversión es completamente reversible.

En la práctica, sin embargo, pocas inversiones son del tipo “ahora o nunca”. No sólo porque los inversionistas tienen el derecho a decidir si invertir o no, sino porque además tienen el derecho a decidir cuándo hacerlo en un nuevo proyecto. Este segundo derecho, por lo tanto, es una opción a retrasar la inversión y es una alternativa real, a diferencia de una alternativa financiera (americana).

La metodología de las opciones reales no se limita únicamente a determinar el momento óptimo de invertir, sino que además permite cuantificar la flexibili-

Las Opciones Reales



Resumen Ejecutivo

La metodología de las opciones reales consiste en la evaluación de proyectos de inversión que involucran algún grado de flexibilidad operacional, tales como la explotación de minas o pozos petrolíferos, la inversión en investigación y desarrollo, entre otros. En efecto, aquellos proyectos que involucran algún grado de flexibilidad futura no pueden ser evaluados correctamente con las reglas del valor presente neto (VPN) o de la tasa interna de retorno (TIR). La regla del VPN es óptima cuando la oportunidad de inversión es del tipo “ahora o nunca”, o cuando el proyecto de inversión es completamente reversible.

Si las flexibilidades futuras son aprovechadas, el VPN subestima el valor del proyecto. Lo anterior hace que el método de opciones reales resulte particularmente relevante para aquellos proyectos que arrojen VPN cercanos a cero. En casos como éste, la valoración por opciones reales permite evitar el error de descartar proyectos rentables.

El artículo tiene como objetivo hacer una revisión de la literatura más reciente en el tema de opciones reales, así como analizar algunos casos de aplicación de la metodología en Chile. Los ejemplos cubiertos hacen referencia a la flexibilidad de los procesos productivos mineros, entre otros.



dad de adaptar el proceso productivo a sucesos inesperados, tales como la aparición de nuevos competidores y el desarrollo de nuevas tecnologías. Una vez recibida la nueva información, la gerencia de la empresa puede decidir expandir, contraer o alterar las distintas etapas del proceso productivo o, simplemente, dejar de operar. En general, el valor de la flexibilidad será mayor cuanto más probable sea recibir nueva información, y cuando se pueda responder apropiadamente a ella.

Si bien la teoría de las opciones reales cuenta ya con unos 25 años de edad (véase, por ejemplo, Trigeorgis, 1996, para un resumen del estado del arte), sólo a partir de mediados de la década de 1980 la investigación empírica en esta área ha tenido un mayor desarrollo. Véase, por ejemplo, Brennan y Schwartz (1985); McDonald y Siegel (1986); Paddock, Siegel y Smith (1988); Quigg (1993) y Tufano (1998).

En un estudio reciente, Moel y Tufano (2000) examinaron las decisiones de apertura y cierre de minas de oro. Su base de datos consideró a 285 minas de ese metal explotadas en Norteamérica en el período 1988-1997. Entre sus hallazgos, se encuentra que la probabilidad de apertura de una mina está relacionada a factores de mercado (nivel y volatilidad del precio de mercado del oro y nivel de las tasas de interés) y específicos de la mina (costos fijos y variables y nivel de reservas).

Asimismo, los autores descubrieron que la decisión de cierre de una mina se relaciona directamente con la gestión de la empresa que la explota. En particular, la rentabilidad de otras minas explotadas por la empresa y de otros negocios ligados a ésta será gravitante en la decisión de cierre. En el área de la tecnología, Schwartz y Moon (2001) utilizaron las técnicas de las opciones reales para valorizar la empresa de Internet "eBay". En particular, desarrollaron un modelo que incorpora la incertidumbre en los costos y los efectos tributarios de la depreciación. Asi-

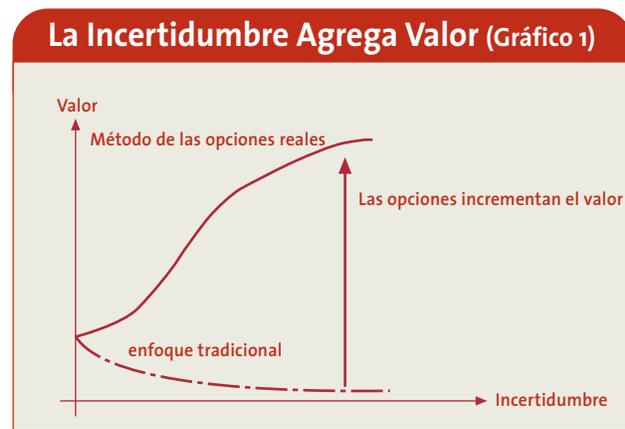


mismo, utilizaron la volatilidad del precio de la acción y su beta para inferir un parámetro razonable para la tasa de crecimiento de las ganancias. Los autores señalan que esta clase de modelo se puede aplicar a cualquier empresa de alto crecimiento.

Como se aprecia, la metodología de las opciones reales proporciona un marco analítico para evaluar correctamente los proyectos de inversión que involucran algún grado de flexibilidad en su fecha de iniciación, proceso productivo y eventual cierre. Esta ha cobrado particular popularidad en el área de los recursos naturales. En los últimos años, sin embargo, las opciones reales también han sido utilizadas para analizar el desarrollo de patentes de invención, la decisión de transar acciones en la bolsa y la determinación de introducir nuevos productos o procesos productivos, entre otras muchas aplicaciones.

El Valor de la Flexibilidad y las Opciones Reales: Conceptos Preliminares

En el marco de la teoría de opciones, el valor de la flexibilidad futura es mayor en entornos más inciertos. Por ejemplo, una tasa de interés alta y una fecha de puesta en marcha lejana en el tiempo (cuando es posible aplazar la inversión) no reducen necesariamente el valor de un proyecto de inversión. Incrementos en estas variables reducen el valor presente neto estático de un proyecto, pero pueden aumentar el valor de la opción del proyecto (valor de la flexibilidad). Ello se ilustra en el Gráfico 1:



Fuente: Amram y Kulatilaka (1999)

Las opciones reales se pueden dividir en seis tipos generales: (1) opciones de crecimiento; (2) opción de expandir la escala; (3) opción de esperar, (4) opción de cambiar los insumos, productos o procesos productivos; (5) la opción de contraer la escala; (6) opción de abandono.

Las opciones de abandono son importantes en empresas intensivas en capital, en las cuales es deseable contar con la

flexibilidad suficiente para capturar algún valor de reventa de los activos, en caso de que éstos se vuelvan menos valiosos para la empresa. Asimismo, la opción de cierre es altamente valiosa para las empresas con altos costos variables. La opción de contraer o expandir, en tanto, es una forma flexible de tratar con una demanda cambiante. Ejemplos son la habilidad de reducir la tasa a la cual es extraído un mineral y la facilidad para agregar temporalmente turnos extras en una empresa.

La opción de cambio involucra la habilidad para alterar la mezcla de productos, la flexibilidad en el uso de la tierra (por ejemplo, cambiar cultivos agrícolas), la habilidad para cambiar insumos en respuesta a cambios en precios, entre otros. A su vez, la opción de esperar (adelantar o retrasar) es valiosa en todas aquellas actividades en que la inversión necesaria para comenzar a operar es irreversible. Por último, las opciones de crecimiento involucran la expansión de un negocio para desarrollar productos derivados. Por ejemplo, una empresa que fabrica esquís puede desear expandir su negocio a la producción de botas de esquiar.



El Caso Chileno: Aplicación a Proyectos Mineros

Como ya se ha señalado, el método del VPN, ya sea determinístico o con consideraciones de riesgo (simulación estática, simulación dinámica, análisis de sensibilidad, análisis de escenarios, ajuste a la tasa de descuento) no conduce a decisiones erróneas cuando un proyecto es muy bueno o muy malo. Sin embargo, en casos en que la rentabilidad del proyecto es cercana al límite exigido, será necesario precisar la estimación, aplicando métodos más avanzados, tales como la valoración por opciones reales.

El VPN no relaciona el nivel de riesgo con las posibilidades de respuesta operacional del proyecto. Tampoco considera la capacidad de reacción que tiene el administrador de un proyecto para responder ante contingencias (variación de los parámetros que aportan incertidumbre al proyecto), siendo éste sólo un ejecutor de la planificación inicial.

Estas respuestas operacionales ante contingencias son las que se conocen como flexibilidades. Las flexibilidades implican no linealidades, es decir, que el valor esperado de los flujos de caja de cada período no puede ser estimado directamente a partir de los valores esperados de las variables inciertas que determinan dicho flujo de caja¹. Otro supuesto de la práctica habitual del VPN, es que el nivel de riesgo es constante a lo largo del horizonte de evaluación (supuesto implícito al descontar con una tasa constante calculada según CAPM).

Considerando que existen estos vacíos, y que éstos pueden impactar fuertemente en la realización de los proyec-

tos, algunas tesis desarrolladas en los programas de Magíster del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile se han abocado a la aplicación de las opciones reales en el sector minero.

En este punto, se muestra el uso de opciones como un apoyo a la toma de decisiones en proyectos mineros reales, basándonos en los trabajos de Zenteno (1998), Kettlun (1999) y Espinoza (2002). Todos ellos consideran la flexibilidad relativa al uso de reservas marginales (cambiando la Ley de corte) durante algún periodo de explotación de la mina, cambiando el enfoque de evaluar el proyecto como si dichas reservas marginales (de más baja Ley) se explotaran al final de la vida útil.

Cabe señalar que la anterior es sólo una de las flexibilidades propias de proyectos mineros². Esta consiste en adelantar la explotación de las reservas marginales mientras el precio del cobre se mantenga bajo un límite, a partir del cual se hace más rentable procesar el mineral marginal previamente acopiado (extraído en conjunto con el mineral de Leyes superiores), con costos de operación menores, dado que a este tipo de mineral sólo le resta el procesamiento. La decisión de ejercer esta opción toma en cuenta el costo de oportunidad de no explotar el mineral de mayor ley, el que se hace menor cuando los precios son más bajos. Los casos que se presentan a continuación consideran también la opción de paralizar temporalmente, para niveles de precios en los que ni siquiera resulta conveniente procesar el mineral marginal.

Para el cálculo del VPN-OP se requiere conocer: el plan de producción anual del proyecto, con su correspondiente estructura de costos (fijos y variables) para el caso de mineral base y marginal. Además, se requiere la tendencia central del precio del cobre para toda la vida del proyecto y parámetros económicos como las tasas de descuento, libre de riesgo y de mercado para la evaluación; el nivel de riesgo del precio del cobre respecto al mercado, la volatilidad anual del precio del cobre y el número de iteraciones para la aplicación.

Caso 1: Tratamiento de minerales de baja ley

En este caso, para llegar al valor de la flexibilidad (y por extensión de la opción incluida en ella), se optó por utilizar el método de Jacoby y Laughton (1987): un modelo de simulación de precio del cobre basado en un proceso de difusión de tipo browniano geométrico en torno a los valores esperados del precio previamente ajustados por riesgo (Espinoza, 2002).

De los resultados obtenidos en el proceso de simulación

1 En general, la no linealidad se puede resumir en que el valor esperado $E(.)$ de un flujo de caja $FC = ax + by$, será distinto a $aE(x) + bE(y)$

2 Otras son las de aumentar el nivel productivo, cambiar tecnologías o abandonar antes del horizonte planificado.

condicional, sobre la base del caso más probable de las simulaciones, se diseñó un plan minero base y una estructura de costos afín a la aplicación computacional diseñada por Zenteno (1998), obteniendo, luego, valores para el VPN tradicional y el VPN-OP (con opciones reales).

El plan de producción del proyecto fue extractado de los resultados de simulación condicional. Se consideró un nivel de certeza de 90% del recurso, con un nivel de precios de cobre de 98 centavos de dólar por libra y 22 dólares por tonelada de ácido, con una proyección de 14,7 años de operación. El precio del cobre es la principal fuente de incertidumbre, con bruscas y continuas fluctuaciones que se aprecian en la serie histórica de precios.

Para las proyecciones se considera un valor inicial de 0,98 (US\$/lb)³ con una tendencia anual del 2,5% creciente y una volatilidad anual del 20%.

De la información presentada en la sensibilidad del modelo, se obtuvieron los siguientes valores para los costos fijos y variables del proyecto:

- **Costo fijo del plan base:** 11,13 (centavos de dólar/libra Cu.).
- **Costo variable del plan base:** 28,21 (centavos de dólar/libra Cu.).
- **Costo variable stock mineral marginal:** 18,5 (centavos de dólar/libra Cu.).

Los parámetros económicos relevantes en este proceso son:

- Tasa de descuento: incluye el riesgo sistemático. Se consideró una tasa de 9%.
- Tasa libre de riesgo: se utilizó una tasa igual a 6%.
- Riesgo precio del cobre: se considera un factor $b = 0,5$.
- Retorno del mercado: se usó un valor igual a 10%.

Cabe notar que de acuerdo a los tres últimos datos, la tasa de descuento según CAPM debiera ser 8%. El punto porcentual adicional se puede interpretar como un premio

al riesgo adicional por iliquidez (dado que la empresa no transa en Bolsa).

- Nivel de Inversión.

De acuerdo a los antecedentes sobre el proyecto y a las estimaciones realizadas sobre el recurso mineral, se considera un nivel de inversión de US\$220,2 millones. Los resultados obtenidos se resumen a continuación:

Resultados (Cuadro 1)		
VPN	276.323.300	(US\$)
VPN OP	282.909.100	(US\$)
Valor flexibilidades	6.585.760	(US\$)
Producción base	40.000	ton
Producción alternativa	14.000	ton
% reservas económicas utilizadas		96%
% reservas marginales utilizadas		4%

El precio del cobre es el factor de mayor impacto en el proyecto. Por dicha razón, se consideró un análisis para cuatro niveles del precio inicial y a partir de ello, una difusión de precios en los años siguientes. Los casos estudiados son los siguientes:

Casos de Estudio de Sensibilidad al Precio Inicial del Cobre (Cuadro 2)	
Caso	Precio cobre (US\$)
1	0,70
2	0,90
3	1,00
4	1,20

Obteniéndose:

Resultados Sensibilidad Precio Inicial del Cobre (Cuadro 3)			
Caso	VPN	VPN OP	Valor flexibilidad
1	100.333.900	112.431.600	12.097.700
2	221.339.500	229.342.000	8.002.500
3	276.323.300	282.909.100	6.585.800
4	402.542.000	406.916.200	4.374.200



Los resultados confirman la fuerte dependencia del proyecto al nivel de precios del cobre en la evaluación final del depósito mineral. Se confirma también el resultado teórico esperado de que mientras mayor sea el precio esperado del activo subyacente, menor será el precio de la opción (el valor de la flexibilidad).

Finalmente se presenta un análisis de sensibilidad respecto a la volatilidad del precio. Las sensibilidades realizadas fueron las siguientes.

Casos de Estudio de Sensibilidad Volatilidad en el Precio del Cobre (Cuadro 4)	
Caso	Volatilidad
1	1
2	10
3	20
4	30

A priori, resulta esperable obtener una tendencia creciente en el valor de la flexibilidad, conforme sube la volatilidad en el precio. Los resultados obtenidos (que confirman la hipótesis) son los siguientes:

Resultados Sensibilidad Volatilidad en el Precio del Cobre (Cuadro 5)			
Caso	VPN	VPN OP	Valor flexibilidad
1	283.581.000	283.739.300	158.300
2	281.463.600	282.784.400	1.320.800
3	282.247.400	288.653.800	6.406.400
4	282.387.900	296.802.200	14.414.300

Caso 2: Determinación del tamaño óptimo de un proyecto minero⁴

Al igual que en el caso anterior, la flexibilidad operativa que se analiza es el tratamiento de mineras de baja ley por efecto de cambios en el parámetro precio del cobre, así como la posibilidad de suspender temporalmente las operaciones. También en este caso el método utilizado es el de Jacoby y Laughton (1987).

En este trabajo se utiliza la teoría de opciones para analizar el tamaño óptimo para un proyecto de Codelco. Se analizan cinco alternativas de tamaños de producción: 150, 200, 250, 300, y 350 KTCu/año.

El tamaño óptimo se obtiene mediante la evaluación de las cinco alternativas utilizando teoría de opciones (VPN-

OP), considerando que el único elemento que incorpora incertidumbre es el precio del cobre.

En este trabajo, además del VPN tradicional y el VPN-OP, se analizan los resultados de una simulación que proyecta precios según un proceso de difusión, pero sin considerar ajustes operacionales ante las variaciones de los precios. Al VPN obtenido de acuerdo a este último procedimiento se le denomina VPN-SF.

El desarrollo del plan minero involucró la definición de un horizonte de 25 años de producción partiendo (como ya se ha dicho) por un tamaño de 150 KTCu/año y llegando a un horizonte de 11 años cuando el tamaño es de 350 KTCu/año. Se definió una secuencia de explotación económicamente conveniente y una estrategia de leyes de corte de alimentación a proceso basadas en el algoritmo de F.K. Lane (1988).

Al igual que en el caso anterior, se adopta un modelo lognormal. Para las proyecciones⁵ se considera un valor inicial de 1.00 (cu\$S/lb) con una tendencia anual del 2,5% creciente y una volatilidad anual del 20%.

La estructura de costos es la siguiente:⁶

- Costo fijo: 40.807.146 US\$.
- Costo variable: 25.3 (centavos de dólar/libra Cu).
- Costo variable mineral marginal: 19,5 (centavos de dólar/libra Cu).

Los parámetros económicos relevantes en este proceso son:

- Tasa de descuento: incluye el riesgo sistemático o no diversificable de todos los proyectos mineros. Para esta aplicación se considera 10%.
- Tasa libre de riesgo: se utilizó una tasa igual a 6%.
- Riesgo asociado al precio del cobre: se considera un factor $b = 0.4$ (aunque se sensibiliza para betas mayores).
- Retorno del mercado: se usó un valor igual a 10%.
- Nuevamente se tiene que de acuerdo a los tres últimos datos, la tasa de descuento según CAPM debe ser aproximadamente 8%, los dos puntos adicionales se pueden interpretar como un premio al riesgo adicional por iliquidez (dado que la empresa no transa en Bolsa).
- Nivel de inversión: De acuerdo a los antecedentes sobre el proyecto, se considera un nivel de inversión de 695 millones de dólares para el tamaño de



4 Zenteno (1998).

5 Debe considerarse que este trabajo se concluyó en el año 1998 y fue iniciado en un período anterior (con niveles de precios del Cu superiores a los actuales).

6 Para la alternativa de tamaño de 150 KTCu/año. Estos costos van disminuyendo para los tamaños mayores.

150 KTCu/año, 917 millones para el tamaño de 200 KTCu/año, 1138 millones para los 250 KTCu/año, 1359 millones para 300 KTCu/año y 1581 millones de US\$ para el tamaño de 350 KTCu/año.

Para las condiciones antes enunciadas, los resultados son los siguientes. Se resaltan en negrillas los resultados de tamaño óptimo en cada una de las evaluaciones:

Resultados Tamaño Óptimo (Cuadro 6)			
Tamaño (KTCu/año)	VPN (MUS\$)	VPN-SF (MUS\$)	VPN-OP (MUS\$)
150	1390	1965	2008
200	1563	2122	2160
250	1635	2221	2251
300	1646	2187	2210
350	1609	2133	2155

Se puede apreciar que el tamaño de producción óptimo es de 300 KTCu/año según el enfoque estático del VPN tradicional, sin embargo es de 250 KTCu/año según la simulación sin considerar flexibilidades y según la valoración con opciones reales. El resultado obtenido es consistente en el sentido de que la maximización del VPN se alcanza antes en la valoración con opciones, dado que los valores presentes son mayores debido al valor de las flexibilidades operacionales.

Se comprueba además, que el valor obtenido con opciones reales (VPN-OP) es siempre mayor que el valor de la simulación sin considerar flexibilidades (VPN-SF).

El análisis de sensibilidad respecto al precio se realiza para los tres cálculos de VPN, para valores iniciales del precio del cobre variando entre 0,6 y 1,2 US\$/lb:

Sensibilidad a Precio Inicial del Cobre. VPN.C en MUS\$ (Cuadro 7)				
Tamaño KTCu/año	VPN - C $P_{Cu} = 0,6$ US\$/lb	VPN - C $P_{Cu} = 0,8$ US\$/lb	VPN - C $P_{Cu} = 1,0$ US\$/lb	VPN - C $P_{Cu} = 1,2$ US\$/lb
150	182	786	1390	1994
200	136	850	1563	2276
250	47	841	1635	2428
300	-63	792	1646	2500
350	-196	707	1609	2511



Sensibilidad a Precio Inicial del Cobre. VPN.SF en MUS\$ (Cuadro 8)				
Tamaño KTCu/año	VPN - SF $P_{Cu} = 0,6$ US\$/lb	VPN - SF $P_{Cu} = 0,8$ US\$/lb	VPN - SF $P_{Cu} = 1,0$ US\$/lb	VPN - SF $P_{Cu} = 1,2$ US\$/lb
150	335	1144	1965	2733
200	323	1235	2122	3050
250	220	1195	2221	3190
300	108	1144	2187	3220
350	-23	1092	2133	3259

Sensibilidad a Precio Inicial del Cobre. VPN.OP en MUS\$ (Cuadro 9)				
Tamaño KTCu/año	VPN - OP $P_{Cu} = 0,6$ US\$/lb	VPN - OP $P_{Cu} = 0,8$ US\$/lb	VPN - OP $P_{Cu} = 1,0$ US\$/lb	VPN - OP $P_{Cu} = 1,2$ US\$/lb
150	436	1208	2008	2762
200	421	1294	2160	3074
250	315	1249	2251	3209
300	191	1188	2210	3233
350	59	1132	2155	3271

Como era esperable, para los tres enfoques se cumple que cuando el precio aumenta, el tamaño óptimo también aumenta. Finalmente, el trabajo de Zenteno presenta un análisis de sensibilidad que muestra como para niveles de volatilidades menores al considerado en la proyección inicial, se obtienen tamaños óptimos mayores en los enfoques estocásticos.

Conclusiones

La metodología de las opciones reales proporciona un marco analítico para evaluar correctamente los proyectos de inversión que involucran algún grado de flexibilidad en su fecha de iniciación, proceso productivo y eventual cierre. Esta ha cobrado particular popularidad en el área de los recursos naturales. Su aplicación en Chile es aún incipiente, y focalizada en algunos sectores (como el minero). Sin embargo, un uso más extendido permitiría mejorar la toma de decisiones en temas tales como el desarrollo de patentes de invención, la decisión de transar acciones en bolsa, la introducción de nuevos productos o procesos productivos, entre otras muchas aplicaciones. •

Referencias

- Amram, M. y N. Kulatilaka, 1999, Opciones Reales: Evaluación de inversiones en un mundo incierto. *Harvard Business School Press*.
- Black, F. y M. Scholes, 1973, "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy* 81(3), 627-654
- Boyle, P., 1977, "Options: A Monte Carlo approach," *Journal of Financial Economics* 4 (3), 323-338.
- Brealey R. y Myers, S., 1993, *Fundamentos de Financiación Empresarial, Cuarta Edición, España, McGraw - Hill*.
- Brennan M. y E. Schwartz, 1985, "Evaluating Natural Resource Investments" en *Journal of Business*, vol. 58, No. 2, 135-157.
- Constantinides, G. 1978. "Market risk adjustment in project evaluation." *Journal of Finance* 33(2), 603-616.
- Cox, J., y S. Ross, 1976, "The valuation of option for alternative stochastic processes," *Journal of Financial Economics* 3, no. 1/2: 145-166.
- Espinoza, C., 2002, "Valor de la información y teoría de opciones en la evaluación de proyectos mineros", *Memoria de Ingeniero Civil de Minas y Tesis de Magister en Gestión y Dirección de Empresas del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de Chile (aún no publicada)*.
- Jacoby, H. y D. Laughton, 1987, "Project analysis using methods of derivative asset valuation" *MIT Energy Laboratory Working Paper*, 87-001WP, marzo.
- Kettlun A., 1999, *Evaluación por simulación de un proyecto en la minería del*

cobre usando la teoría de opciones. Tesis para optar simultáneamente al grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, mención Industrial, y al título de Ingeniero Civil Industrial. Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile.

- Lane, K., 1988, *The Economic Definition of Ore. Mining Journal Books Ltd., London, U.K.*
- McDonald, R. y D. Siegel, 1986, "The Value of Waiting to Invest" en *Quarterly Journal of Economics* 101, 707-728
- Millán A., 1996, *Evaluación y Factibilidad de Proyectos Mineros, Editorial Universitaria.*
- Moel A., y P. Tufano, 2000, "When are Real Options Exercised?: An Empirical Study of Mine Closings". *Harvard Business School Working Paper* 99-117.
- Paddock, J., D. Siegel y J. Smith (1988), "Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases" en *Quarterly Journal of Economics* 103, 479-508.
- Quigg, L., 1993, "Empirical testing of real option-pricing models" en *Journal of Finance* 48(2), 621-640.
- Schwartz E. y M. Moon, 2001, "Rational Pricing of Internet Companies Revisited." *Documento de trabajo, Anderson School of Business, University of California in Los Angeles.*
- Trigeorgis L., 1996, *Real Options. The MIT Press.*
- Tufano, P., 1998, "The determinants of stock price exposures: Financial engineering and the gold mining industry" en *Journal of Finance* 53, 1015-1052.
- Zenteno L., 1998. "Definición del tamaño de producción para un proyecto minero utilizando teoría de opciones – aplicación y análisis a un caso real". *Tesis para optar simultáneamente al Grado de Magister en Ciencias de la Ingeniería, Mención Industrial y al título profesional de Ingeniero Civil de Minas. Universidad de Chile.*

