

OPCIONES REALES EN LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE ACTIVOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

Fecha de recepción: marzo 2012 – fecha de aceptación: junio 2012

*Hugo Pineda Saavedra**
*Guillermo Sierra Juárez***

RESUMEN. Las evaluaciones de inversiones en proyectos mineros y energéticos tradicionalmente se han realizado a través de la simple determinación del Valor Presente Neto (VPN), sin considerar otras posibilidades del entorno dentro de la vida del proyecto que pudieran ser favorables o no y asumiendo que los parámetros involucrados en éste permanecerán inmóviles durante el tiempo de desarrollo de las inversiones. El presente trabajo pretende mostrar una sencilla de la técnica de opciones reales y una aplicación de sus técnicas a ejemplos ilustrativos mostrando que la aplicación de las técnicas de opciones reales puede resultar de gran beneficio para los proyectos energéticos y mineros.

Palabras claves: opciones reales, ecuación *Black-Scholes*, derivados, activos minerales.

Clasificación JEL: C61, G10, G12.

ABSTRACT. Investment valuation in projects as mining and energy have been resolved traditionally using present value methods, without regard about several possibilities along life's projects as uncertainty and future variable movements assuming that parameters involved on will be static in time. The

* Departamento de explotación del petróleo, Facultad de ingeniería, UNAM, Ciudad Universitaria, México, DF, <hugo.m.pineda.s@gmail.com>.

** Departamento de Métodos Cuantitativos CUCEA, Universidad de Guadalajara, Periférico Norte núm. 799, Núcleo Universitario Los Belenes, C.P. 45100, Zapopan, Jalisco, México. <gsierraj@hotmail.com>.

present work treats to show, in a simple way an application of Real Options techniques using easy examples to show that ROV (Real Option Valuation) techniques help to get better results for energy and mining projects.

Keywords: real options, Black-Scholes equation, derivatives, mineral assets.

JEL classification: C61, G10, G12.

1. Introducción

68

La creación de oportunidades futuras en los negocios, es una tendencia que poco a poco ha sido aceptada para demostrar su eficacia al crear valor para las empresas debido a la necesidad que tienen los inversionistas de determinar la forma en la que llevarán a cabo sus proyectos de inversión y en qué momento resultará conveniente su realización.

Para lograr resultados favorables, se han desarrollado técnicas que ayudan a realizar inferencias respecto a lo que podría ocurrir en el tiempo de vida de una inversión, estas técnicas tratan de determinar la conveniencia respecto a los valores en los flujos esperados. Una de las más empleadas por las empresas es la del VPN (Valor Presente Neto) en donde se descuentan los flujos futuros de efectivo en el tiempo traídos a valor presente mediante una tasa de descuento. En la técnica del VPN existe, en primer lugar, la dificultad de determinar el valor de la tasa de descuento apropiada para el proyecto, eligiéndose comúnmente aquella de riesgo nulo (como los bonos del tesoro en Estados Unidos o en el caso de México los CETES) o alguna otra tasa elegida según criterios propios de los inversionistas (en la cual puede existir subjetividad) y cuyo valor se determina por la empresa como la tasa mínima a la cual le conviene invertir en el proyecto.

El VPN desafortunadamente es una técnica rígida debido a que no considera los posibles cambios, ya sean a favor o en contra sobre el proyecto a través del tiempo, lo cual no significa que sea de poca utilidad, sino más bien, que su empleo resulta necesario pero no suficiente al realizar la valuación de un proyecto.

Los proyectos relacionados con exploración y explotación de activos como los mineros, petroleros, gas natural, etc., lógicamente tratan con bienes de forma

física o real (y no sólo contratos) razón por la cual su evaluación depende de una serie de factores con cierta incertidumbre y la posibilidad de ocurrencia de diversos eventos que podrían impactar el valor del proyecto en algún momento de la vida útil del mismo. A la consideración y evaluación de las diferentes posibilidades o escenarios en que puede incurrir un proyecto a largo plazo debido a las circunstancias se les denomina opciones reales.

El derecho pero no la obligación de compra o venta sobre un activo, es el principio básico de las denominadas opciones. Las opciones reales tienen sus antecedentes en las opciones financieras desde los trabajos de Vasicek (1977) y los de Black-Scholes-Merton (1973). En éstos se demuestra que, bajo los supuestos de no arbitraje existe un portafolios de inversión en el cual el riesgo no existe por lo que en teoría, el portafolios no puede perder y queda únicamente la posibilidad de ganar.

Es a través de la técnica de la valuación con opciones reales, en la década de los 80, que los proyectos petroleros en primer lugar y después los proyectos mineros comienzan a ser evaluados tomando en cuenta que son susceptibles de presentar diversas situaciones como expansión, contracción, cierre, demora, abandono, etc., cada una de las cuales representa una opción real. Al evaluar la flexibilidad inherente a los proyectos de esta naturaleza, los inversionistas tienen mayor oportunidad de obtener mejores resultados como consecuencia de un proceso de evaluación y ponderación de aquellas variables relacionadas con esta clase de proyectos a través del tiempo.

Los activos minerales generalmente se clasifican en cuatro tipos: especulativos, de exploración, de desarrollo y de producción (Davis, G., 2002).

Los trabajos de Brennan y Schwartz (1985) y de Paddock, Siegel y Smith (1988) son pioneros en la valuación de opciones en la industria minera y petrolera respectivamente en los cuales se resalta la bondad de tomar en consideración la flexibilidad inherente a los proyectos de ésta naturaleza. Brennan & Schwartz modelan la valoración de los capitales como una relación entre el precio estocástico del mercado (la producción) y la tasa de extracción, convirtiéndose en un problema de control óptimo estocástico. Paddock, Siegel y Smith por su parte incorporan por primera vez la teoría financiera a la valuación de un activo real (concesión petrolera).

La creciente integración de las técnicas de las opciones reales por parte de empresas dedicadas a la exploración y explotación de recursos no renovables en distintas partes del mundo y debido a los resultados obtenidos con esta aplicación motiva la realización del presente trabajo con el objeto de llevar a efecto una breve revisión sobre las opciones reales.

2. Recursos del subsuelo

Los recursos naturales no renovables como el petróleo y gas natural, así como los yacimientos minerales de productos metálicos y no metálicos son de gran interés en los sectores globales de negocios siendo presa de eventualidades como: recesiones, escasez de recursos, situaciones ambientales, riesgo país, conflictos de precios, etc., sin embargo, la importancia de contar con el adecuado suministro de estos recursos es de carácter estratégico para la economía de cualquier país. La valuación de los recursos minerales es de alta complejidad pero necesaria para el correcto desarrollo de las empresas dedicadas a su exploración y explotación. Por ello, es necesario estar familiarizado con los términos y significados de los diferentes conceptos técnicos involucrados en las industrias de extracción como lo pueden ser las propias unidades físicas que se manejan en ellas:

onza troy (oz)	= 31.1034748 g
libra (lb)	= 453.59237 g = 16 onzas (<i>avoirdupois</i>)
tonelada corta	= 907.18474 kg = 2000 lb
tonelada larga	= 1016.0469088 kg = 2240 lb
tonelada métrica	= 1000kg = 2205 lb

En cuanto a las reservas petroleras se tienen reservas probadas desarrolladas que se refieren a la acumulación en disposición de producir, probadas no desarrolladas situadas adyacentemente a las anteriores con características geológicas similares razonablemente ciertas pero con necesidad de inversiones adicionales para ser económicamente explotables, reservas probables que son extensiones próximas a las probadas con una factibilidad de existencia y reservas posibles con menores posibilidades de recuperación que las probables. Estas últimas no deben considerarse en la estimación de reservas de manera formal puesto que no son aceptadas por la SEC (Securities and Exchange Commission).

Respecto a la minería, de acuerdo al grado de certidumbre, se clasifican como recursos minerales inferidos, indicados y medidos (10 50 y 90 ó más, de certeza de que existe mineralización) siendo una reserva mineral la parte explotable de un recurso mineral demostrado por al menos un estudio de factibilidad. Las reservas minerales son probadas y posibles. En referencia a los metales se clasifican como ferrosos y no ferrosos, los primeros son lógicamente los que contienen hierro mientras que en los no ferrosos se encuentran metales preciosos: oro, plata rodio, paladio y platino, metales base: aluminio, cobre, plomo, níquel, zinc y estaño y por último, metales menores como el molibdeno, cobalto, manganeso, galio, germanio, selenio y silicio. Existen muchos más conceptos y términos en la exploración de recursos minerales. En general es conveniente asociar las características técnicas de los recursos con las necesidades de los consumidores y con la viabilidad de los proyectos.

3. Tipos de opciones reales

Aunque las opciones reales pueden ser muy variadas, las más frecuentes son las que se describen a continuación:

Expansión. Cuando el inversionista tiene la posibilidad de ampliar su negocio al abrir nuevas plantas, construir mayor infraestructura (edificios, naves, bodegas, etc.), aumentar la producción ya sea en minería, gas o petróleo, desarrollar nuevos yacimientos y todo aquello que tenga relación con el incremento de activos tangibles o intangibles de una empresa. Aquí quedan incluidos los avances obtenidos a partir de la investigación y desarrollo como nuevas tecnologías o descubrimientos. La opción real de expansión evalúa el hecho de que si el entorno presenta un escenario más favorable del proyectado en un principio para un proyecto, por ejemplo en el incremento de ventas, capacidad de producción, mayor número de clientes, etc. la empresa puede ampliar el valor de los flujos de efectivo esperados mediante la inversión de una cantidad de dinero en un cierto tiempo aumentando el VPN en una cierta proporción menos el costo de la inversión adicional.

Contracción. De forma contraria a la opción de expansión, esta opción se refiere a la disminución de los activos de la empresa con el fin de ajustarse a los movimientos del mercado. Se trata de un proceso de adaptación motivado principalmente por una baja en la demanda del bien o producto.

La aparición de tecnologías o productos sustitutos, puede impactar el uso y en consecuencia la demanda (generalmente producido por una diferencia de precio), por lo que se considera que la reducción de su empleo hace necesaria la contracción de infraestructura y producción.

Demora. Cuando la incertidumbre sobre la realización de un proyecto, por falta de suficiente información o por la expectativa sobre algún tipo de descubrimiento nuevo o algún otro evento de otra naturaleza influye en el desarrollo del proyecto, se plantea el retraso en la realización del mismo como opción, para nuevamente darle el valor monetario correspondiente ante tal circunstancia. En el caso de la opción real de demora ésta consiste en lo siguiente: suponiendo que una empresa debe decidir entre invertir una cantidad de dinero hoy o posponerlo hasta cierto intervalo de tiempo (1, 2 ó más años) y considerando que, una vez realizada la inversión ésta es irreversible y su valor de recuperación es cero, se analiza el periodo donde la opción tenga un valor positivo ya que un aumento en los precios puede generar un aumento en el valor presente de los flujos de efectivo superando a la inversión inicial. De acuerdo al criterio del VPN, si esto no sucede, el proyecto debería rechazarse; sin embargo, la opción de demora al realizar la inversión puede agregar valor al VPN si demuestra ser positivo su valor y, por tanto, la decisión de invertir acertadamente depende directamente de tomar en cuenta la opción. Por lo general, las empresas realizan planes de inversión en dos etapas, la primera en la que realizan una cierta inversión con la finalidad de conocer el potencial económico del bien o servicio que producen y, dado el nivel de aceptación de éste, se efectúa una segunda etapa de inversión que depende directamente de los resultados de la primera. Si la aceptación por parte del bien o servicio no es la esperada, siendo desfavorable, la empresa puede ejercer entonces la opción de contracción de la producción evitando así realizar inversiones futuras innecesarias. Esto se logra invirtiendo en la segunda etapa una cantidad menor a lo proyectado contrayendo así en cierta proporción los flujos de efectivo esperados de un proyecto subyacente.

Abandono. Esta opción existe cuando el prospecto de yacimiento ha demostrado su inoperabilidad, es decir, el potencial del proyecto es nulo y se plantea el abandono para evitar mayores pérdidas económicas por parte de los inversionistas. La opción de abandono surge. Por ejemplo: cuando el valor de

mercado de una empresa excede al valor presente de los flujos de efectivo esperados es más conveniente vender la empresa a ese precio que seguir operando o, si la empresa está trabajando con pérdidas y se puede tomar la decisión de cierre puesto que el valor presente de los flujos esperados podría ser menor que el valor de salvamento. De esta manera, el valor calculado de la opción ayuda a tomar la mejor decisión de salida de manera que se reduzcan al máximo los inconvenientes para los inversionistas.

4. Valor presente neto vs opciones reales

Para algunos directivos, la toma de decisiones en el momento de invertir está basada únicamente de acuerdo al criterio del VPN. Si $VPN > 0$, entonces se invierte. Si $VPN < 0$ simplemente se rechaza la oportunidad de inversión. Esto significa que si los flujos de efectivo descontados proyectados, menos los gastos de la empresa misma de capital iniciales dan como resultado una cifra positiva o negativa, bastan para determinar el destino de un proyecto y aceptar o rechazar la inversión. Aparentemente este criterio resulta muy simple y a la vez muy cómodo para los ejecutivos encargados de la toma de decisiones, aunque en realidad se omiten eventos y circunstancias que pueden afectar los planes debido a que no existen proyectos libres de incertidumbre, ya sea que suceden situaciones favorables o desfavorables, y es necesario, antes de actuar, hacer consideraciones adecuadas y realistas o probables disminuyendo así, el riesgo de costosas equivocaciones al cifrar las expectativas de un proyecto de inversión en la simplicidad de la naturaleza positiva o negativa de un número.

El método del VPN tiene como desventajas principales, en primera instancia, el hecho de realizar proyecciones de flujos a plazos largos, donde además de ser cuantificados con criterios frecuentemente total o parcialmente subjetivos, pues no se considera la incertidumbre irremediabilmente ligada a los proyectos durante su vida útil, se puede incluso caer en una situación de exceso de optimismo. En segundo lugar, otra desventaja es que, precisamente, el método resulta completamente estático e inflexible, ya que no permite ninguna modificación a través del tiempo. En otras palabras, el método del VPN idealiza todas las situaciones y variables del proyecto como sistema con la finalidad de simplificar su empleo. De forma similar a los sistemas naturales (ejemplo: sistemas físicos como líquidos o gases) se dejan de tomar en cuenta una serie de factores externos con la única intención de observar una parte del comportamiento de dichos sistemas empleando

y manipulando sólo algunas de las verdaderas variables que intervienen en dicho comportamiento. De igual manera, el VPN es insuficiente en la información que produce para la toma final de decisiones. La valuación con opciones reales, en contraste, trata de considerar los diferentes escenarios posibles a los que puede enfrentarse un proyecto como resultado de nuevos eventos que, al menos, pueden ser previstos o contemplados y así estar preparados para tomar nuevas decisiones y cambiar el rumbo del proyecto a tiempo, evitando, de ésta manera, situaciones adversas.

Puede decirse que, las opciones reales son complementadas por el VPN ya que la aplicación de éstas parte de las conjeturas preliminares que ofrece el descuento de flujos y, por tanto, no se contraponen, sino que deben emplearse conjuntamente.

74

De opciones financieras a opciones reales

La analogía entre las variables o características de un proyecto con las correspondientes a las de las opciones financieras ha dado como resultado el surgimiento de las opciones reales. Al realizar un mapeo entre éstas se puede convertir la evaluación de un proyecto de inversión a la teoría de opciones. Para ejemplificar esta situación refiérase a la tabla 1.

TABLA 1
De opciones financieras a opciones reales

OPCIÓN DE COMPRA REAL	VARIABLE	OPCIÓN DE COMPRA FINANCIERA
Valor de activos a adquirir	S	Precio del activo financiero
Costo del proyecto de inversión	X	Precio de ejercicio del activo financiero
Periodo de demora para realizar el proyecto	T	Periodo de vencimiento de la opción
Volatilidad de los flujos de caja	σ^2	Varianza rendimientos del activo financiero
Valor del dinero en el tiempo	r_f	Tasa de interés sin riesgo
Flujos a que se renuncia por la no realización inmediata del proyecto de inversión	D	Dividendos del activo subyacente

Fuente: elaboración propia.

El precio del activo subyacente, denotado como S en el caso de la opción financiera, se refiere al precio del activo subyacente, para la opción real es el valor presente del activo real subyacente (mina, pozo, etc.). El valor o gasto necesario para explotar una oportunidad de negocio, al construir o comprar activos de producción es análogo con el precio de ejercicio de una opción cuya variable se denota por x . Al lapso de tiempo representado con la variable τ , que puede una empresa demorar a tomar la decisión de invertir en un proyecto sin perder su derecho a hacerlo, es similar al tiempo de expiración de una opción financiera. El riesgo del proyecto, o incertidumbre sobre los flujos de caja generados por éste son, en las opciones reales, lo que la desviación estándar es a los rendimientos del activo financiero. Para las empresas es de gran importancia el valor que puede tomar el dinero a través del tiempo empleando una tasa de interés sin riesgo r_f de igual forma que en las opciones financieras. Por último, cuando la opción financiera genera dividendos, variable D en la tabla, se hace la analogía con aquellos flujos de caja que no se generan al tener la opción real en tanto no es ejercida y el hecho de que el poseedor de una opción financiera (de compra, por ejemplo) tampoco gana al no ejercer su opción. En otras palabras, se trata de dinero generado por el activo subyacente que el propietario de la opción deja de ganar mientras no haga ejercicio de la opción.

Opciones reales en valuación de minerales y energéticos

Los desarrollos petroleros y las operaciones mineras fueron, entre otros, los primeros ejemplos utilizados por los pioneros de las técnicas en valuación de proyectos empleando opciones reales para demostrar el paralelismo entre las opciones reales y financieras. Las etapas de exploración, desarrollo y producción en estas industrias pueden visualizarse como una serie de opciones vinculadas.

La mayoría de las compañías energéticas continúan empleando el método de flujos de efectivo descontado o VPN para valorar las inversiones potenciales, y aunque este método les ha sido de gran utilidad, cada vez es más frecuente complementar dicho método con técnicas de valuación con opciones reales. Los defensores de éstas técnicas sostienen que proporcionan un valor más verdadero que el empleo del método del VPN (valor presente neto) por el simple hecho de que las opciones reales reflejan de manera más fehaciente la variabilidad y la incertidumbre que predominan en el mundo real. El empleo de las técnicas de valuación con opciones reales frecuentemente destaca valores

adicionales en los proyectos, que posiblemente se ocultan o resultan prácticamente invisibles cuando se emplea exclusivamente el método VPN.

Generalmente las compañías son renuentes a divulgar cualquier tipo de información relacionada con la valuación de sus proyectos y estrategias por considerarlas sumamente confidenciales, incluso aquellas que llegan a emplear la valuación con opciones reales son muy cuidadosas al evitar que se escape el menor detalle de los parámetros de sus modelos por temor a que la difusión de dichos detalles los coloque en una desventaja competitiva.

Los activos minerales generalmente se clasifican en cuatro tipos: especulativos, de exploración, de desarrollo y de producción.

76

Las propiedades especulativas casi no tienen asegurado un potencial. Las propiedades de exploración, en cambio, sí cuentan con el suficiente potencial de tal forma que se asegura una inversión sobre éstos. Las propiedades de desarrollo son el resultado del ejercicio exitoso de la exploración y garantizan su desarrollo en un activo de producción. Por último, los activos en producción son aquellos que ya están en funcionamiento.

Para cualquier tipo de activo en el subsuelo, el valor es una combinación de cualquier recurso potencialmente extraíble localizado bajo la superficie terrestre y el capital empleado para la extracción de dicho recurso.

Es posible separar el valor total del activo en dos tipos, deduciendo el costo del capital de instalación (pozos, socavones, por ejemplo) del valor total del activo para determinar el valor del recurso extraíble, lo cual resulta prácticamente arbitrario, puesto que el recurso extraíble carece de valor alguno sin el capital de instalación y, a su vez, este capital no vale nada sin el recurso por extraer, lo que significa que no hay nada que valuar respecto a la perforación de un pozo y, por tanto, no es posible agregar su costo a la valuación. En otras palabras, el hecho de realizar una perforación de esta clase, sin importar su costo, no agrega valor a la propiedad.

El principio de la valuación de este tipo de activo es, extraer el recurso para obtener una ganancia. Si el activo no espera que genere ninguna ganancia, entonces no tiene valor.

De esta manera y por lógica elemental, podría pensarse que el valor del recurso es simplemente el precio corriente por unidad multiplicado por la cantidad de unidades estimadas y disponibles por extraer en la reserva:

$$V_t = P_t E[Q_t] \quad (1)$$

Donde t es el tiempo de valuación, V_t representa el valor del recurso en el tiempo t , P_t , el precio del bien en el tiempo t y $E[Q_t]$ se refiere a la esperanza matemática o media sobre la reserva considerando una distribución normal dado que es la más probable.

Se puede observar que el modelo ignora el hecho de que cada unidad debe ser recuperada ocasionando otros gastos económicos por lo cual el modelo es poco apropiado. Si se agrega el hecho de que la extracción por unidad genera a su vez un costo, entonces la ecuación anterior modificada será:

$$V_t = P_t E[Q_t] - C_t E[Q_t]$$

O bien:

$$V_t = (P_t - C_t) E[Q_t] \quad (2)$$

Aunque en este modelo se observa que al tomar en cuenta los costos de extracción, incluso si éstos son demasiado elevados, el valor podría ser negativo, lo cual no agrega valor sino que lo destruye, no están representados otros gastos como por ejemplo los de exploración y de desarrollo por lo que tampoco puede representar el valor del recurso. Si se modifica una vez más la ecuación agregando estos costos podría pensarse que el nuevo modelo sí representa el valor del recurso, lo cual también resulta falso dado que habría que considerar la condición de que no es posible físicamente extraer toda la reserva de forma instantánea y, por tanto, se cometería un error al tasar simplemente a todas las unidades de la reserva al mismo valor presente, en consecuencia, el valor del recurso depende del comportamiento en el tiempo de los precios y costos. Por otra parte, las empresas al evaluar sus proyectos, establecen una tasa de retorno, elemento que de igual manera no ha sido considerado en los modelos anteriores. La importancia de la valuación adecuada a través de técnicas que permitan ver más claramente los diversos escenarios que puede presentar un

proyecto brindará mayores elementos de juicio para la toma de decisiones de la empresa reduciendo el riesgo de la inversión.

Una situación frecuente y poco deseada es mencionada anteriormente *the winner's curse*, en la cual se produce una sobrevaloración del bien o recurso a ser adjudicado por parte del comprador que gana una licitación. El uso de la teoría de opciones en lugar de reglas de valoración convencionales, tales como el VPN y la tasa interna de retorno (TIR), podría ayudar a eliminar dicha situación.

78

A pesar de todo su potencial teórico como forma de valorar proyectos, las opciones reales han tenido dificultad para ganar aceptación entre los inversionistas, ya que algunos aseguran que sobreestiman el valor de proyectos inciertos, llevando a las empresas a invertir más de lo pensado en ellos. Incluso, provocan que algunos directivos se amparen en éstas para arriesgar el dinero de los accionistas. Sin embargo, descartar el empleo de las opciones reales pudiera ser una mala decisión ya que si bien es cierto que son técnicas poco difundidas aún, las opciones reales como modelo de valoración capturan los riesgos y oportunidades de una propuesta de proyecto y bien empleadas producen resultados alentadores como se ha demostrado en casos como el de Anadarko Petroleum Corporation que a comienzos de la década de los 90 logró, a través de la valuación por opciones reales, la adjudicación del bloque Tanzanite en el Golfo de México haciendo la mejor oferta con la confianza de que la inversión a realizar se sustentaba en análisis que demostraban su viabilidad y conveniencia.

A pesar del éxito conseguido por Anadarko, la mayoría de las empresas petroleras seguían empleando el método del VPN hasta 2004. Las apariencias engañan y esto es justamente lo que las opciones reales ayudan a evitar.

Las empresas que se apoyan en el VPN para evaluar sus proyectos caen inevitablemente en la trampa de subestimar su valor y, en consecuencia, no invierten lo suficiente en oportunidades inciertas pero altamente prometedoras. La resistencia al empleo de las técnicas de opciones reales por parte de los inversionistas es debida a que se cree que el método del VPN y el de las opciones reales son opuestos. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esta suposición es falsa pues en realidad las opciones reales emplean al VPN como una herramienta.

Otro caso en donde la valuación por opciones reales ha demostrado su utilidad es el del activo minero de Antamina un depósito polimetálico de cobre y zinc, a 482 km., al norte de Lima, Perú, cuando el gobierno de ese país decidió poner a licitación en 1996 la compañía minera estatal más grande del país Centromin pertenecía el depósito mencionado.

El ganador se anunció el 12 de julio de 1996. La firma RTZ-CRA Ltd. (Australia-Inglaterra) ofreció \$17.5 millones de dólares como pago inicial y una garantía de \$900 millones de inversión. Noranda (Canadá) también ofreció \$17.5 millones de pago inicial pero \$1 900 millones como garantía de inversión. El ganador fue Río Algom/Inmet (Canadá) con un ofrecimiento de \$20 millones y una garantía de \$2 500 millones de dólares.

Los asociados en este caso conocían bien las opciones en las reglas de ofrecimiento señalando que no planeaban gastar en realidad los \$2.5 billones de dólares sino una cantidad más razonable, de \$1 billón convenciendo con esto a los analistas de que no habían pagado de más por la mina.

Los ganadores sabían bien la opcionalidad en la oferta que se les presentaba y con una estrategia de ofertas de acuerdo a lo que habían calculado se adjudicaron el activo aún siendo una empresa de menores recursos que las otras. Las opciones reales ayudan a entender no sólo cómo se valúan los proyectos sino cómo se comportan los directivos frente a las oportunidades y la flexibilidad, así como la manera en que las empresas pugnan en proyectos de grandes inversiones de capital.

Ejemplos de aplicación

En la práctica, las opciones reales pueden ser complicadas de evaluar con la metodología de valuación de empresas y proyectos, pero pueden ser modeladas con limitaciones empleando:

- a) El modelo de *Black-Scholes* que será la forma expuesta en este trabajo.
- b) Árboles binomiales que consisten en la construcción de un diagrama con las posibles trayectorias que puede seguir el precio de un bien durante la vida de la opción.
- c) Simulación de Montecarlo que trata de un método de simulación para determinar los posibles escenarios y dar certeza razonable a los resultados.

Estos dos últimos quedan fuera del alcance de este trabajo.

Estos métodos están basados en lo siguiente:

1. Para las principales variables se realiza una serie de escenarios posibles en su desarrollo en el tiempo.
2. Determinación de flujos de efectivo para cada escenario.
3. Estimación de probabilidades para cada escenario (ajustadas según riesgo).
4. Descuento de flujos de efectivo ajustados por probabilidad y riesgo a tasas libres de riesgo.

80

A continuación, se muestra un ejemplo de opción de abandono y de demora utilizando el primer metodo, la fórmula de Black-Scholes, identificandose las variables de acuerdo a la tabla1:

Recordando la fórmula de Black-Scholes

$$C = S_t N(d_1) - K e^{-rt} N(d_2) \quad (3)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + (r + 0.5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (3a)$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_t}{K}\right) + (r - 0.5\sigma^2)T}{\sigma\sqrt{T}} \quad (3b)$$

TABLA 2
Simulación 1

Valor presente de los flujos del proyecto (precio <i>stock</i>)	\$300
Desviación estándar de los flujos del proyecto	30%
Tiempo de vida del proyecto	20 años
Valor recibido por abandono del proyecto (precio de ejercicio)	\$180
Ingreso número de años para abandonar el proyecto (vencimiento)	10 años
Tasa libre de riesgo para el periodo contemplado	8%
Rendimiento anualizado	5%

Fuente: elaboración propia.

La opción de abandono garantiza a cada una de las partes retirarse antes del cumplimiento de todas las obligaciones contractuales, agregando valor al permitir la salida de las partes del proyecto si éste no representa ganancia y sin ser penalizadas. Si una compañía minera contrae una opción de abandono con los parámetros de entrada mostrados en la tabla 2 (se emplean cifras cortas para efectos demostrativos) el modelo puede dar una idea del valor de dicha opción. Es claro que a través de la programación de la fórmula de Black- Scholes sea posible determinar el valor de la opción dando los parámetros de entrada necesarios para obtener los valores de d_1 , d_2 , $N(d_1)$ y $N(d_2)$. Entonces el valor de una opción de abandono en estas circunstancias es de \$11.73 que es lo más a lo que estaría dispuesta la compañía a pagar como prima de salida del proyecto, considerando la tabla 2 y las ecuaciones 3, 3a y 3b.

Considerando el caso de demora de un proyecto.

TABLA 3
Simulación 2

Valor presente de los flujos del proyecto (precio <i>stock</i>)	\$400
Desviación estándar de los flujos del proyecto	22.36%
Numero de años sobre el cual tiene derecho el proyecto	15 años
Inversión inicial para tomar el proyecto (precio de ejercicio)	\$550
Número de años para abandonar el proyecto (vencimiento)	15 años
Tasa libre de riesgo para el periodo contemplado	7%
Pago anualizado de dividendos	6.67%

Fuente: elaboración propia.

Si ahora una empresa minera considera la opción de posponer una inversión con un periodo de vencimiento de 15 años a lo largo de los cuales tiene derecho para acometer el proyecto. Entonces el valor de una opción de atraso de \$36.76 que representa la cantidad máxima que puede pagar la empresa por posponer el proyecto en espera de nueva información (como la situación a un nivel adecuado del precio del bien) para decidirse a realizar la explotación, considerando la tabla 3 y las ecuaciones 3, 3a y 3b. Estos modelos resultan irreales y sólo se emplean de forma ilustrativa.

5. Conclusiones

82

Si bien las opciones reales y las opciones financieras se utilizan para propósitos distintos tienen una equivalencia entre sus variables y para su valuación se utiliza la ecuación Black-Scholes aunque no es lo más apropiado, puesto que no pueden valorar la mayoría de las opciones donde el ejercicio es posible antes de su fecha de vencimiento, pero es posible emplearla antes de utilizar ecuaciones estocásticas ya que a pesar de esto se ha mostrado en forma sencilla como se puede emplear en la valoración de una opción real. Las técnicas de las opciones reales más que descartar, sirven como complemento del método del VPN ya que las opciones reales integran a éste como parte de su desarrollo además de la planeación, manejo de escenarios, decisión y precio de las opciones. El empleo de esta técnica permite mejorar la valuación de proyectos y dar un panorama más claro al inversionista para la toma de decisiones, también, sin embargo, en la práctica presenta dificultades que puedan presentarse en un proyecto de inversión, tal como la obtención de datos reales, las estimaciones de valor presente y la varianza de los flujos futuros y las condiciones propias de cada problema.

Referencias bibliográficas

- Bailey, W., Bhandari, A., (2004). *Valoración de las Opciones Reales*, *Oilfield Review*.
- Baurens, S., Hens, T (2010). "Valuation of mining companies", *Basinvest* in collaboration with University of Zurich and Swiss Banking Institute.
- Black, F. Scholes, M., "The pricing of options and corporate liabilities", *The Journal of Political Economy*, vol. 81, No. 3, pp. 637-654.
- Brennan, M., and E. Schwartz (1985b). "Evaluating Natural Resources Investments", *Journal of business*, 58, 2: pp. 135-157.
- Davis, G.A., (2002). "Economic Methods of Valuing Mineral Assets", *Joint Business Valuation Conference*, Orlando Florida, pp. 24-26, 2002.
- Dixit, A.K., R.S. Pyndick, (1994). *Investment Under Uncertainty*, Princeton NJ: Princeton University Press.
- Fernández V., (1999). "Teoría de Opciones. Una Síntesis", *Revista de Análisis Económico*, vol. 14, núm. 2, pp. 87-116.
- Luehrman, T.A. (1998). "Investment Opportunities as Real options", *Harvard Business Review*, July-August, pp. 3-15.
- Luehrman, T.A., Tufano, P., (1994). "MW Petroleum Corporation (A)", *Harvard Business School*, Rev. November 21, 1994.
- Mascareñas, J. (2007). "Opciones reales en los proyectos de inversión", Monografías de Juan Mascareñas sobre finanzas corporativas. Universidad Complutense de Madrid.
- Moel, A. Tufano, P., (1998). "Bidding for Antamina Mine: Valuation and incentives in a Real Options context", *Harvard Business School*, study case.
- Paddock, L.J., Siegel, D.R., and Smith, J., (1988). "Option Valuation of Claims on Real Assets: The Case of Offshore Petroleum Leases", *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 103, No. 3, pp. 479-508.
- Vasicek, O., (1977). "An equilibrium characterization of the term structure", *Journal of financial economics* vol. 5, pp. 177-188.