Opciones Reales

Andrés S. Suárez

Introducción

El análisis de las *opciones reales* fue acaso el tema que despertó mayor curiosidad intelectual y el principal tema objeto de investigación en el campo de las finanzas y la economía empresarial durante la década de 1990 y lo sigue siendo en lo que va de la década siguiente. Una opción es el derecho (el derecho pero no la obligación, de ahí que el término correcto a utilizar sea el de opción) a comprar (opción de compra) o a vender (opción de venta) un bien (activo real o financiero) a un precio (precio de ejercicio) en una fecha o dentro de un plazo señalados previamente en un contrato. Los contratos de opción sobre determinados activos reales o mercancías, así como el desarrollo de los correspondientes mercados secundarios, no son nada nuevo en el mundo de la economía y del comercio. Lo que sí es mucho más reciente y novedoso es el extraordinario desarrollo del tráfico mercantil sobre activos financieros durante las tres últimas décadas del siglo XX y los años que han transcurrido del siglo XXI. Consecuencia o corolario a su vez del extraordinario desarrollo de los mercados de valores.

La *Teoría de la valoración de opciones* sobre activos financieros se desarrolló de manera espectacular después del seminal trabajo publicado por Fisher Black y Myron Scholes en 1973, a los que hay que añadir los de Robert Merton y Cox – Rox – Rubinstein, entre otros muchos autores.

Por análisis de opciones reales[*] (u opciones reales, simplemente) se entiende el intento de aplicar la metodología de las opciones financieras a la gestión de activos reales, esto es, a la valoración de inversiones productivas o empresariales. Pero ello no es factible o sólo lo es parcialmente, y de ahí que hayan tenido que desarrollarse métodos alternativos. La *Teoría de las* opciones reales es una teoría prometedora (con un desarrollo incipiente) todavía.

Todo proyecto de inversión empresarial entraña algún grado de incertidumbre y cierto margen de flexibilidad. Las opciones reales se presentan en planes, proyectos, actuaciones o inversiones empresariales flexibles. Como, por ejemplo, abandonar o vender el proyecto de inversión antes de concluirlo, cambiar su uso o su tecnología o prolongar su vida; la opción de elegir una u otra capacidad de una inversión en planta; la flexibilidad de toda inversión en I + D y la elevada incertidumbre que generalizando afecta a este tipo de inversiones; las múltiples opciones de crecimiento que en determinados momentos se le presentan a una empresa, etcétera.

El método más universalmente aceptado para valorar y seleccionar inversiones es el del *cash-flow* descontado o valor actualizado neto (VAN). Después del desarrollo de la nueva metodología de las opciones reales el VAN ha de ser utilizado con mayor

[*] Se le suele atribuir a Stewart Myers la primacía en la introducción del término de *opciones reales*

precaución. El VAN puede infravalorar un proyecto de inversión al omitir la valoración de ciertas opciones presentes en el mismo. Puede convenir incluso aceptar un proyecto de inversión con VAN negativo cuando esta cantidad es superada por el valor positivo de una opción real implícitamente contenida en él.

La esperanza matemática calculada haciendo uso de las probabilidades (subjetivas o riesgos neutrales), los árboles de decisión en una o más de una etapas (generalmente binomial o dicotómicas) y las fórmulas de valoración de opciones financieras son herramientas fundamentales de esta nueva metodología o filosofía, una nueva manera de abordar y resolver los problemas de decisión empresarial.

Las opciones reales crean valor, tanto mayor cuanta mayor sea la incertidumbre o grado de volatilidad de los flujos de caja esperados. Así mismo el valor de la opción es tanto mayor cuanto mayor sea su vida remanente. Tanto en las opciones financieras como en las reales su titular está protegido frente a las pérdidas mientras que sus ganancias pueden ser muy elevada.

En lo que atañe a las opciones financieras, el poseedor de una opción, tanto si es de venta como de compra, tiene limitado el riesgo de pérdida al valor pagado por la opción y está protegido frente a las oscilaciones del precio por debajo del precio de ejercicio en el cado de una opción de venta y por encima de dicho precio en el caso de una opción de compra, mientras que sus ganancias pueden ser muy elevadas cuando las oscilaciones del precio son de sentido contrario. De ahí que el valor de una opción sea tanto más elevado cuanto mayor sea la volatilidad del precio del activo subyacente.

En lo que hace al caso de las opciones reales, el decidor no elegirá aquellas ramas que parten de un nudo del árbol de decisión con valor negativo, ni tampoco las incluirá en el cálculo de la esperanza (o las incluye formalmente sustituyendo su valor negativo por el valor cero). La opción se ejerce o la decisión se toma cuando la incertidumbre ha devenido en información. Frente a cualquier alternativa de inversión real que arroja VAN negativo se tiene siempre la alternativa de invertir en el mercado financiero, cuyo VAN es igual a cero, cuando el mercado financiero es perfecto, como es sabido. Nunca se ejercerá un opción que empeore la situación inicial o de partida; sólo la ejercerá cuando la mejore.

A mayor riesgo mayor es el tipo de descuento a aplicar para calcular el VAN de una inversión real, lo cual reduce su valor o hace incluso que el valor del VAN se vuelva negativo. A mayor riesgo mayor es, sin embargo, el valor de la opción u opciones reales que en su caso pueda contener el proyecto.

El ejemplo más simple de opción real es cuando decidimos aceptar un proyecto de inversión porque su VAN es positivo, o lo rechazamos cuando el VAN es negativo.

Diremos, por último, como autorizados autores sostienen, que la *teoría de las opciones reales* constituye un puente entre la *teoría de las finanzas* y *la planificación estratégica empresarial.*

Algunos Ejemplos Ilustrativos

Ejercicio nº 1. El valor de la opcionalidad

Una inversión origina un desembolso inicial de un millón de euros en el momento actual y genera un flujo neto de caja positivo al término del primer año de 1,2 millones de euros. El tipo de actualización o descuento ajustado a las características de riesgo de esta inversión es del 12%

El VAN de esta inversión es:

$$VAN = -1.000.000 + \frac{1.200.000}{1{,}12} = 71.428{,}57$$

Esta inversión se adopta en un ambiente de riesgo y los valores de sus flujos netos de caja son valores medios. Antes de emprender la cobertura el inversor decide, después de volver a examinar los informes técnicos pertinentes retrasar durante un año la ejecución del proyecto de inversión. Los flujos netos de caja de la inversión en términos del año 2 pueden ascender a 1,6 millones de euros u 800.000, según que la demanda sea alta o baja, respectivamente. El desembolso inicial al término del año 1 sigue siendo del millón de euros. A esta conclusión llega el analista financiero de la empresa después de haber examinado el comportamiento del mercado del producto en cuestión durante un año[1].

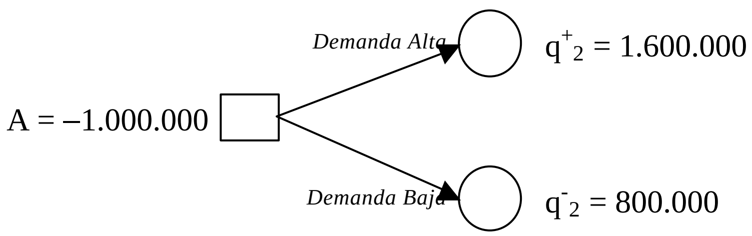

Figura IV-1

$$VAN = -\frac{1.000.000}{1{,}12} + \frac{1.600.000}{(1{,}12)^2} = 382.653{,}06$$

El retraso de un año en la ejecución del proyecto de inversión permite despejar la incertidumbre y la inversión sólo se ejecutará cuando la demanda es alta, cuyo VAN en ese caso es de 382.653,06 euros (311.224,49 euros mas). La opción de diferir la ejecución del proyecto evita incurrir en pérdidas y más que quintuplica las ganancias esperadas cuando la coyuntura económica es más favorable.

[1] Se supone que si la demanda ha sido alta en el primer año lo seguirá siendo en el segundo y que lo mismo ocurre cuando la demanda es baja durante el primer año de observación.

Ejercicio nº 2. La opción de diferir la decisión.

Una empresa estudia la posibilidad de lanzar al mercado un nuevo producto en régimen de exclusividad y bajo la licencia de otra empresa extranjera, titular de la patente. Después de los estudios de viabilidad pertinentes, el valor actualizado de los flujos netos de caja, a un tipo de descuento ajustado a las condiciones de riesgo de la inversión del 10%, es de 280 millones de euros, y el desembolso inicial de 300 millones de euros. El tipo de interés libre de riesgo es del 5%. El VAN de la inversión es pues:

$$VAN = -300 + 280 = -20$$

El valor actualizado de los flujos netos de caja (así como el valor del desembolso inicial, aunque en menor medida) son valores estimados medios, sometidos por tanto a un corto grado de incertidumbre.

La empresa propietaria de la patente le concede a la empresa-cliente un plazo de un año para que se decida a adquirirla o no, y retrasar en consecuencia la ejecución del proyecto de inversión por un plazo máximo de un año (plazo máximo y. supuestamente, también mínimo, al objeto de simplificar el problema). Pero esa posibilidad no le resulta gratis a la empresa; tiene un coste de 8 millones de euros.

La volatilidad de la inversión viene determinada por la volatilidad de sus flujos netos de caja. Su valor del 80%, viene dado por la desviación típica o estándar de los rendimientos de los flujos, calculados a partir de los logaritmos neperianos de los sucesivos cocientes que resultan de dividir cada flujos neto de caja por el anterior[2].

Se pide calcular el valor de la opción y, en consecuencia, el VAN revisado o VAN total.

$$VAN\ total = VAN\ normal + Valor\ de\ la\ opción$$

Haciendo uso de la aproximación binomial para el cálculo del valor de la opción[3] los inputs a utilizar son:

S = Valor actual de los flujos de caja

σ = Coeficiente de volatilidad anual

---

[2] Véase subepígrafe 3.1 del capítulo 29 de la obra de mi autoría "*Decisiones óptimas de Inversión y Financiación en la Empresa*" (20 edición, 2003). La volatilidad también se podría obtener aplicando el método de Monte Carlo a la simulación de un corto número de posibles flujos netos de caja, calcular las sucesivas TIR que se derivan de cada una de esas simulaciones y aplicar sobre ellas la fórmula de la desviación estándar (ver capítulo 13, sobre simulación de Monte Carlo); y también como se señala en el epígrafe 15 del capítulo 44. Los valores del activo subyacente serían ahora los sucesivos valores de los flujos netos de caja.

[3] Véase asimismo el capítulo 44 de dicha obra en la parte que se hace referencia a la aplicación de la fórmula binomial a la valoración de opciones financieras.

T = Tiempo remanente de vida de la opción, expresado en años o fracción de año[4].

rf = ln(1 + i) = interés continuo son riesgo equivalente al interés i anual

u = Coeficiente de ascenso del valor que hace las veces de activo subyacente. La exponencial $e^{s\sqrt{dt}}$ suele utilizarse como aproximación que en la práctica produce resultados bastantes satisfactorios. En el presente ejercicio $\sqrt{dt} = 1$

d = $\frac{1}{u} = e^{-s\sqrt{dt}}$ = Coeficiente de descenso. Los coeficientes u y d miden la amplitud de la variación del subyacente[5].

$p = \frac{e^{rf\sqrt{dt}} - d}{u - d}$ = Probabilidad riesgo-neutral

q = 1 – p = Probabilidad del suceso contrario.

En el presente ejercicio resulta que:

S = 250, s = 0,80, $T = 1$, rf = 4,879016%, $u = e^{0,8}$ = 2,225540, $d = e^{-0,8}$ = 0,449328,

$p = \frac{e^{0,0487901} - d}{u - d} = 0,34 = 34\%$ $q = 0,66 = 66\%$

El valor actual de la inversión dentro de un año[6] puede ascender hasta tomar el valor $VA^+ = 280 \times 2,225540 = 623,15$ o, por el contrario, descender hasta $VA^- = 280 \times 0,449328 = 125,81$.

El árbol binomial correspondiente es:

---

[4] Cada año se puede dividir en subperiodos o etapas (grado de granularidad). Una opción con un vencimiento a 5 años, subdividida cada año en trimestres (0,25 de año), equivale a que T = 20. Cuanto mayor sea el grado de granularidad o número de etapas, más se aproxima el valor de la opción obtenido a su valor teórico.

[5] La propuesta de los valores $u = e^{s\sqrt{dt}}$ y $d = e^{-s\sqrt{dt}}$ fue realizada por Coss – Ross – Rubinstein (1979)

[6] En aras a la simplicidad seguimos trabajando con el mismo VAN y sus componentes, cuando en rigor habría que trasladarlo del año 0 al año 1 multiplicándolo por 1,05.

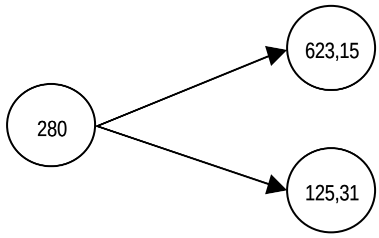

Figura IV - 2

La decisión de realizar o no el proyecto al término del año 1 puede tomar dos posibles valores:

$$E^{+}_{1} = \text{Máx}\,[(623 - 300), 0] = 323$$

$$E^{-}_{1} = \text{Máx}\,[(125{,}81 - 300), 0] = 0$$

En el segundo caso a la empresa le conviene, obviamente, no realizar el proyecto. De este modo no gana pero ahorra tener que soportar una cuantiosa pérdida.

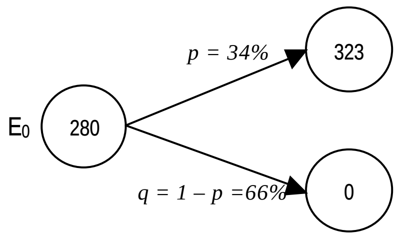

Figura IV-3

El valor del VAN al término del año 1 es:

$$VAN_1 \text{ total} = 323 \times 0{,}34 + 0 \times 0{,}66 = 109{,}82$$

El valor del VAN en el momento cero es:

$$VAN_0 \text{ total} = 109{,}82 \times (1{,}05)^{-1} - 8 = 104{,}59 - 8 = 96{,}59$$

Valor de la opción de diferir un año:

$$104{,}59 - (-20) = 124{,}59$$

O, dicho de otra manera, el VAN total es igual al VAN normal mas el valor de la opción:

$$104{,}59 = -20 + 124{,}59$$

Es claro, pues, que pese a su VAN negativo inicial, la inversión conviene llevarla a cabo.

Ejercicio nº 3. La opción de ampliar.

Un laboratorio de productos farmacéuticos estudia la posibilidad de desarrollar y de lanzar al mercado un nuevo fármaco. Después de los estudios de mercado y los cálculos financieros el laboratorio llega a la conclusión de que la inversión le supondría un desembolso inicial de 150 millones de euros y le generarían unos flujos netos de caja durante los próximos seis años cuyo valor actual descontado al 10% (valor del coste de capital medio ponderado) arroja el valor de 180 millones. El VAN es pues de 30 millones. La volatilidad de los rendimientos de los flujos netos de caja, medidos en términos de su desviación típica o estándar, es del 60%.

Si el nuevo fármaco tiene éxito durante los dos primeros años existe la posibilidad de ampliar la inversión en 300 millones de euros al final del año 3, cuyos flujos netos de caja del año 4 hasta el año 6 (ambos inclusive), descontados también al 10% arrojan un valor actual de 275 millones. El VAN es pues, negativo, de 35 millones. La ampliación, por tanto, no interesa.

Pero véase que ocurriría si esa posibilidad de ampliación se evaluase en términos de opción de compra utilizando para ello la formula Black-Scholes. El tipo de interés libre de riesgo es del 5% anual y la volatilidad de los rendimientos de los flujos netos de caja es la misma que en la primera fase del proyecto (del 60%).

Fórmula Black-Scholes

$$C = S \cdot N(d_1) - E \cdot e^{-rf \times t} \cdot N(d_2)$$

El significado de los términos de esta fórmula ha sido glosado en el epígrafe 17 del tema 44 de esta obra, con la particularidad de que el precio del activo subyacente (S) es ahora el valor descontado de los flujos netos de caja y el precio de ejercicio (E) el desembolso inicial.

$$rf = \ln(1{,}05) = 0{,}048$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(rf + \frac{\sigma^2}{2}\right)t}{\sigma\sqrt{t}} = \frac{\ln\left(\frac{275}{300}\right) + \left(0{,}048 + \frac{0{,}36}{2}\right)\times 3}{0{,}6\times\sqrt{3}} = 0{,}574$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{t} = 0{,}574 - 0{,}6 \cdot \sqrt{3} = -0{,}465$$

$$N(d_1) = 0{,}72 = 72\%$$

$$N(d_2) = 0{,}32 = 32\%$$

$$C = 275 \times 0{,}72 - 300 \times e^{-0{,}048 \times 3} \times 0{,}32 = 113{,}82 \text{ millones de euros.}$$

VAN Total = VAN normal + Valor de la opción = 30 + 113,82 = 143,82

Ejercicio nº 4. La opción de abandono.

El valor actual o descontado de los flujos de netos de caja con una tasa de descuento apropiado a las características de riesgo de la inversión es de 200 millones de euros. El interés libre de riesgo es del 5%[7]. El valor residual de la inversión es de 100 millones de euros si se realiza dentro de los próximos cuatro años. La volatilidad de los rendimientos de los flujos netos de caja , medidos en términos de su desviación típica o estándar es del 50%. En el desarrollo del árbol binomial se supone que el número de etapas (grado de *granularidad*) coincide con el de años. Por consiguiente, en la exponencial $e^{s\sqrt{dt}}$, el valor de *dt* es igual a uno; si el número de etapas elegido fuera igual a 20 (cinco por año), el valor de *dt* sería igual a 0,20. El desembolso inicial de la inversión (precio de ejercicio E) es de 180 millones de euros.

La inversión arroja pues un VAN positivo de 20 millones de euros e interesa llevarla a cabo.

Véase ahora lo que ocurriría si valoramos la flexibilidad que supone la posibilidad de abandono, recibiendo a cambio los 100 millones que vale la patente (valor residual de la inversión).

Los inputs que intervienen en la resolución de este problema son:

Valor residual =100

Precio de ejercicio (desembolso inicial de la inversión) = 180

Valor del activo subyacente (valor actual de los flujos de caja) = 200

Volatilidad = 0,50

Duración = 4

$u = e^{0,5} = 1,64872$

$d = \frac{1}{u} = e^{-0,5} = 0,60653$

$rf = 0,05$

$$p = \frac{e^{0,05} - d}{u - d} = 0,43$$

$q = 1 - d = 0,57$

[7] Interés continuo equivalente al correspondiente tipo de interés anual

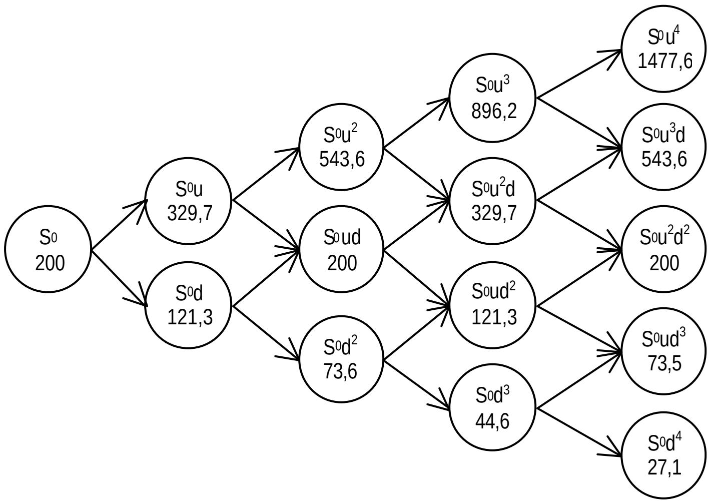

Figura IV-4

Aproximación binomial. Cálculo del valor de la opción

En vez de utilizar un proceso deductivo hacía adelante, ahora se sigue el inductivo hacia atrás, haciendo uso de los conceptos de esperanza matemática y actualización. Así, para calcular, por ejemplo, el valor de nudo F, se procede del siguiente modo: $[1.477{,}8 \times 0{,}43 + 543{,}6 \times 0{,}57]\ e^{-0{,}05} = 899{,}1$. Para calcular el valor del nudo K se procede de similar manera: $[330{,}8 \times 0{,}43 + 136 \times 0{,}57]\ e^{-0{,}05} = 209$; y así sucesivamente.

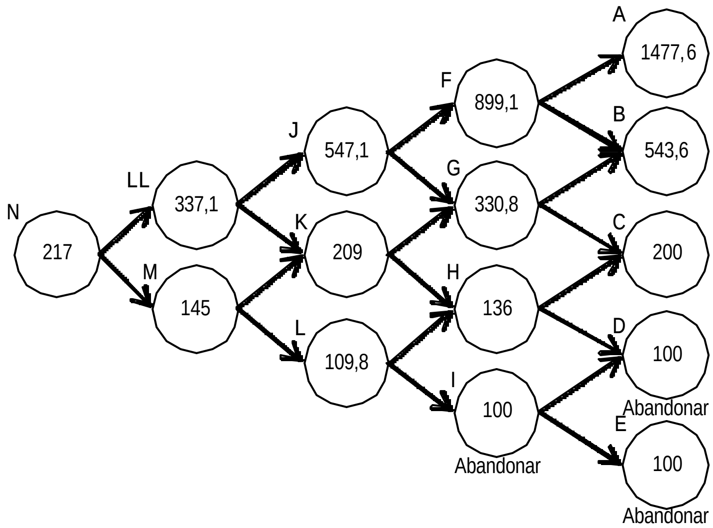

Figura IV-5

El valor del VAN antes de contemplar la posibilidad de abandonar era:

VAN = 200 – 180 = 20 millones de euros.

El valor de la opción (valor de la flexibilidad) es pues de 17 millones de euros.

El valor total del VAN es pues ahora de:

VAN total = VAN normal + Valor de la opción = 20 + 17 = 37 millones de euros.

Ejercicio nº 5. La opción de subcontratar

Bajo un horizonte temporal de 5 años el valor actual de los flujos netos de caja de una compañía naviera (calculado con una tasa de descuento ajustado a las características de riesgo de la inversión) es de 300 millones de euros, el desembolso inicial de 220 millones y su VAN, por tanto, asciende a 80 millones. El interés libre de riesgo (rf) es del 5% (interés continuo equivalente al correspondiente tipo de interés anual). Y la volatilidad de los rendimientos de los flujos netos de caja del 30%. Un proveedor de la compañía le ofrece subcontratarle el 50% de su cartera de pedidos, a condición de que le alquile el 50% de sus instalaciones por un alquiler anual de 120 millones de euros. Esta opción la puede ejercitar la compañía naviera al término de cualquiera de los próximos cinco años.

Los importes que intervienen en la resolución de este problema son:

Valor actual de los flujos netos de caja (exceptuando desembolso inicial) = S_0 = 300 millones que hace las veces de activo subyacente.

Precio de ejercicio (desembolso inicial) = E = 220 millones.

Alquiler anual = 120 millones.

Volatilidad anual = 0,30.

Duración = 5 años.

$u = e^{0,3} = 1,34986$

$$d = \frac{1}{u} = e^{-0,3} = 0,74082$$

$rf = 0,05$

$$p = \frac{e^{0,05} - d}{u - d} = 0,51$$

$q = 1 - d = 0,49$

Aproximación binomial. Evolución del subyacente

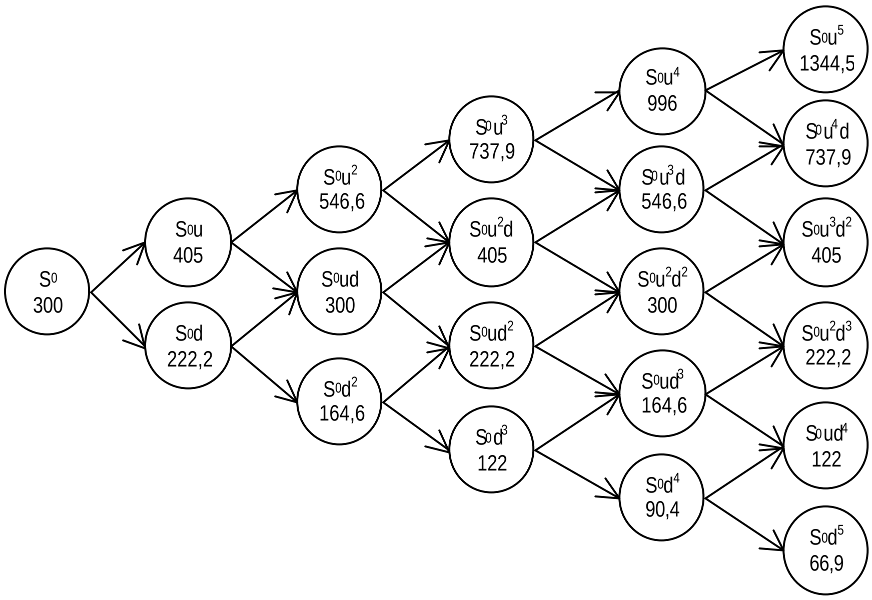

Figura IV-6

Aproximación binomial. Cálculo del valor de la opción.

El valor de cada nudo de esta figura será el valor máximo de subcontratar o mantener la opción viva. Por ejemplo:

Nudo A).

Subcontratar = 0,5 × 1.344,5 + 120 = 792,25

Continuar = 1.344,5

Mejor solución: Continuar.

Nudo F).

Subcontratar = 0,5 × 66,9 + 120 = 153,5

Continuar = 66,9

Mejor solución: Subcontratar.

Nudo G).

Subcontratar = 0,5 × 996 + 120 = 618

Opción viva = [0,51 × 1.344,5 + 0,49 × 737,8] $e^{-0,05}$ = 996,2

Mejor solución: Opción viva.

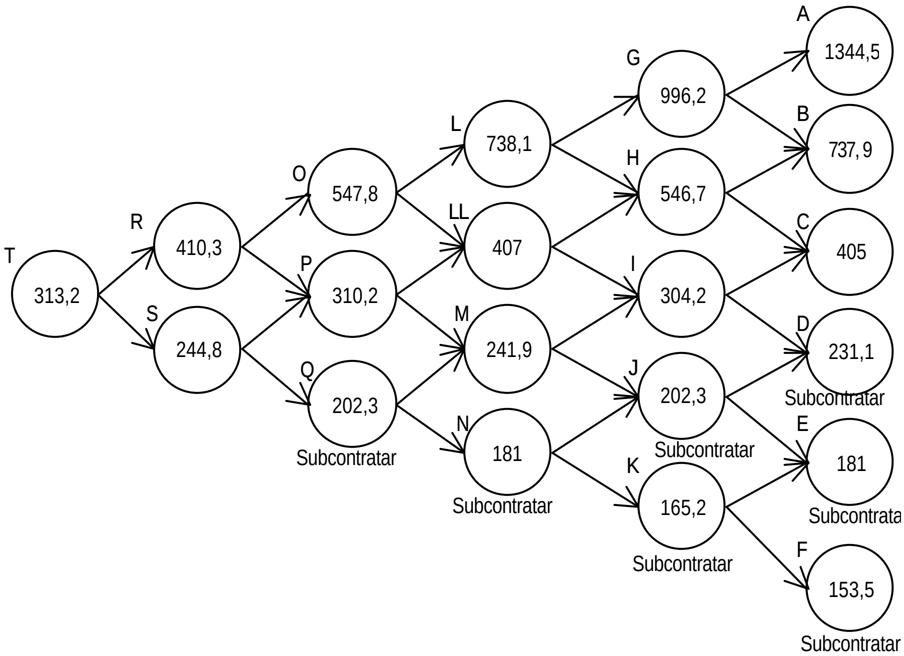

Figura IV-7

La opción tiene un valor, pues, de 13,2 millones de euros.

VAN total = VAN normal + Valor de la opción = 300 – 220 + 13,2 = 93,2

Bibliografía

Amrain, Martha y Kulatilaka, Nalin: *Real options. Managing Strategic Investment in an Uncertain World*. Harvard Business School Press, Boston, Masach., 1999. Existe una versión en español de Gestión 2000, Barcelona, 2000.

Broyles, Jack: *Financial Management and Real Options*. John Wiley Sussex. Inglaterra 2003.

Hull, J.C. *Options Futures and other derivatives*. Prentince Hall. Quinta edición 2003. La primera de esta obra tuvo lugar en 1985.

Mascareñas – Lamothe y otros. *Opciones Reales y Valoración de Activos*. Prentince Hall. Madrid, 2004.

Mun, Johnnathan. *Real Options Analysis. Tools and techniques for valuing strategic Investments and Decisions*. New Jersey. Estados Unidos, 2002

Peter Boer, F. *The Real Options Solution. Finding Total Value in a High – Risk World,* John Wiley, Nueva York. 2002

Suárez Suárez, A. S. *Decisiones Óptimas de Inversión y Financiación en la Empresa*, 20 edición, Ediciones Pirámide, Madrid, 2003.