



Monografías de Juan Mascareñas sobre Finanzas Corporativas  
ISSN: 1988-1878

*33 Opción real de diferir un proyecto de inversión*



# Opción real de diferir un proyecto de inversión

© **Juan Mascareñas**  
Universidad Complutense de Madrid

**Primera versión: ene 1994 - Última versión: feb 2013**

- *Introducción, 1*
- *Costes, 2*
- *Ejemplo I, 4*
- *Ejemplo II, 9*
- *La opción de aprendizaje, 11*
- *Bibliografía, 15*
- *Ejercicios, 16*



## 1. INTRODUCCIÓN

Cuando en el año 168 a.C. el rey Antíoco IV de Siria comenzaba a sitiar Alejandría, la capital del Egipto tolemaico, salió a su encuentro el cónsul romano Cayo Popilio con quién le unía cierta amistad desde que se conocieron en Roma siendo jóvenes. Popilio no venía como amigo sino como representante oficial de Roma, aliada y protectora de Egipto, y le transmitió el siguiente mensaje: “o te retiras de Egipto o Roma te declara la guerra”. Antíoco pidió tiempo para reflexionar y ya hacía el ademán de volver a su campamento cuando el cónsul trazó a su alrededor un círculo en la arena al tiempo que le decía “decídelo antes de atravesar este círculo”. Antíoco quedó tan impresionado que optó por la retirada de su ejército antes que desafiar a Roma. Un solo romano había bastado para frenar a todo un ejército. Un romano que no le dejó ninguna *opción de diferir* su decisión porque de haberlo hecho los generales sirios habrían convencido a su rey de que Alejandría caería rápidamente<sup>1</sup>.

Obsérvese la importancia de poseer el derecho a posponer una decisión con respecto a no poseerlo. En el mundo empresarial muchos proyectos de inversión incorporan ese derecho u opción lo que los hace más valiosos que aquéllos similares que no lo tienen.

Por tanto, la *opción de diferir* un proyecto de inversión proporciona a su propietario el derecho a posponer su realización durante un plazo de tiempo determinado. Esta opción es más valiosa conforme la empresa tenga derechos exclusivos para invertir en un proyecto pero va perdiendo valor conforme las barreras de entrada desaparezcan. De ahí la importancia de saber cuáles son esas barreras (patentes, derechos exclusivos, fuertes desembolsos, acceso privilegiado a la financiación, alta fidelización de los clientes, I+D, regulación del mercado, economías de escala, etc.) y cuánto tiempo tardará la competencia en derribarlas.

Este tipo de *opción real* es similar a una opción de compra sobre el valor actual de los flujos de caja esperados del proyecto (VA) y cuyo precio de ejercicio es el coste de realizar el proyecto en la fecha de vencimiento de la opción ( $A_n$ ).

Debido a que la realización anticipada del proyecto implica renunciar a la opción de diferirlo, el valor de ésta última actúa como un coste de oportunidad, justificando la realización del proyecto sólo cuando el valor actual de los flujos de caja excede del valor actual del desembolso inicial por una cantidad igual al valor de la opción de diferirlo:

$$VA > A + \text{Opción de diferir} \rightarrow \text{VAN básico} > \text{Opción de diferir}$$

Es decir, si el valor de la opción de diferir es de 30 millones de euros ello significa que si se espera hasta el final de la vida de la opción se puede aumentar el valor del proyecto en unos treinta millones de euros por término medio. Así que si se opta por no esperar se está dejando de ganar esa cantidad de dinero.

El objeto de esta opción es reducir la incertidumbre sobre el comportamiento del valor del

---

<sup>1</sup> Esta historia aparece en la página 240 del libro de Isaac Asimov (1980): *La tierra de Canán*. Alianza Editorial. Madrid



activo subyacente en el futuro próximo. De tal forma que se valorará la posibilidad de realizar el proyecto en la fecha de vencimiento de la opción o, por el contrario, la de abandonarlo definitivamente. El *análisis de opciones reales* (ROA) contrapone los potenciales beneficios de realizar el proyecto ahora contra las pérdidas que pueden ser evitadas si se espera a resolver la incertidumbre.

## 2. COSTES

A la hora de valorar la opción de diferir hay que tener al menos dos costes que conlleva su ejercicio: los flujos de caja a los que se renuncia al retrasar el inicio del proyecto y el riesgo de obsolescencia tecnológica.

En el primero de los casos, si usted espera un año a realizar el proyecto ganará si el valor de él asciende (no perderá si desciende puesto que aún no lo ha realizado) pero perderá un año de protección contra la acción de la competencia (si hay una patente o barrera de entrada) y, además, perderá los flujos de caja que hubiese recibido al final del año 1 de haber comenzado el proyecto en el momento inicial. Para calcular este coste debemos tener en cuenta el impacto que tiene en el valor actual del proyecto el flujo o flujos a los que se renuncia por el hecho de retrasar la realización de aquél. Es mejor calcularlo en términos relativos. Así, por ejemplo, si perdiésemos el primer flujo de caja calcularemos su valor actualizado y dividiremos el resultado entre el valor actual del proyecto; suponga que el resultado es el 5%, ello querrá decir que el primer flujo de caja es responsable del 5% del VA del proyecto en su totalidad, así que si por retrasar la realización del proyecto renunciamos al primer flujo de caja debemos ser conscientes que su VA se reducirá en un 5%:

$$\text{coste del retraso} = \frac{\text{VA}(\text{Flujo de caja}_{\text{próximo periodo}})}{\text{VA}_0}$$

Obviamente, no tiene porque renunciarse al primer flujo de caja en caso de diferir la realización del proyecto, en otros casos se renunciará al último o a otro intermedio, en todo caso la forma de calcular el coste del retraso será la misma. En la figura 1 se observa el caso general, al retrasar el proyecto un año el flujo de ese año no se consigue (no hay inversión por lo que tampoco hay flujo) y el VA del proyecto se ve penalizado por ello. Más adelante veremos como incluir esa penalización en el cálculo de la opción.

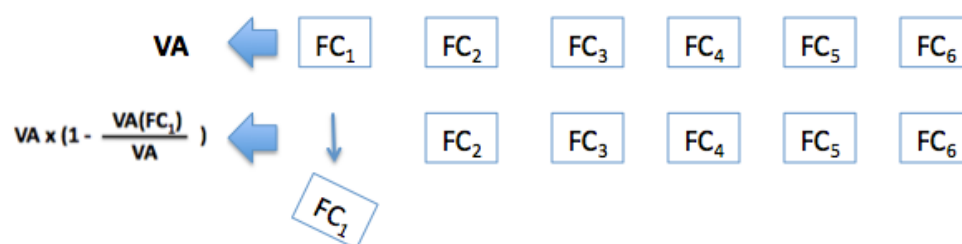


Fig.1

En la figura 2 se observa el caso de un proyecto que también se retrasa un año pero que su propietario posee una patente en vigor durante los próximos cinco años. En el año sexto cualquier competidor podrá fabricar y vender el mismo producto por lo que es de esperar que el flujo de ese año sea inferior al del quinto. Al retrasar el proyecto un año, el flujo que se pierde bien puede ser el quinto (el último protegido inicialmente por la patente), mientras que los demás se desplazan un año en el futuro. Nuevamente el VA del proyecto se verá reducido según la expresión que vimos anteriormente pero ahora será la pérdida del valor actual del flujo quinto la que impactará negativamente en el valor del proyecto.



Fig.2

La mayoría de las opciones de diferir un proyecto son de tipo americano<sup>2</sup> e incorporan costes de retraso, por lo que la decisión de hasta cuánto se puede retrasar el proyecto vendrá dada por la contraposición entre los costes y los beneficios de hacerlo. La decisión sobre si ejercer o no la opción deberá posponerse hasta que el valor temporal de ésta sea nulo.

En unos términos más coloquiales esta opción la practicamos todos cada vez que optamos por “esperar y ver” antes de tomar una decisión porque consideramos que nos falta información para decantarnos en un sentido o en otro. Con la espera pretendemos obtener más información para poder decidir, pero tanto la anticipación como la espera tienen un coste, en el primer caso el coste de oportunidad de esperar a tener más información, en el segundo el coste del retraso en tomar la decisión.

El valor de esperar a realizar el proyecto debe contemplarse dentro del contexto de la estrategia global de la empresa y puede verse perjudicado, incluso, gravemente por la acción de la competencia o por una estrategia de anticipación que no dé lugar a la espera. Y en todo caso, como ya se ha comentado, el valor de la opción de diferir el proyecto valdrá más para una compañía que la posea en exclusiva, valiendo mucho menos e incluso nada si es compartida.

El otro coste, al que hacíamos referencia al comienzo de este epígrafe, tiene que ver con que las rápidas o sorpresivas innovaciones tecnológicas aceleran la depreciación económica<sup>3</sup> y ésta, a su vez, afecta a la opción de diferir. Primeramente, el coste de oportunidad

<sup>2</sup> Es decir, se pueden ejercer en cualquier momento.

<sup>3</sup> La *depreciación económica* se define como la variación en el potencial de servicio de un activo y el cambio en el valor del servicio de dicho activo.



perdido debido al diferimiento de la decisión de inversión, y al consiguiente lanzamiento del producto, es particularmente alto en el período inminente, mientras va declinando en los periodos sucesivos. Segundo, si la depreciación económica es rápida el valor de los activos descenderá velozmente y la opción de diferir tendrá un valor nulo. En este caso, las empresas realizarán el proyecto lo antes posible si la opción tiene aún un valor positivo o, en caso contrario, ejercerán su opción de abandono. Por otro lado, diferirán los proyectos si perciben que el mercado aún se está expandiendo. No es fácil diseñar una expresión sencilla que modelice este riesgo aunque el encargado del proyecto debe tenerlo presente si el sector industrial está sometido a continuas innovaciones (en este caso, la opción de diferir no aporta mucho valor al proyecto).

### 3. EJEMPLO I

La empresa BiopharmaLab S.A. tiene la oportunidad de invertir 450 millones de euros en la fabricación de un fármaco denominado LypoGen al tener la posibilidad de hacerse con los derechos para producirlo en exclusiva durante los siguientes ocho años. El propietario de la patente le concede un plazo de un año para decidirse a adquirirla o no, pero este derecho no es gratis, sino que cuesta 20 millones de euros.

El equipo directivo ha realizado un análisis de los flujos de caja del proyecto suponiendo que comenzase a fabricarlo ahora mismo. Para ello realiza una serie de simulaciones (en la tabla 1 se muestra la que podríamos considerar como escenario más probable). Obsérvese como a partir del año 9 y siguientes se produce un descenso de los ingresos por ventas debido a la pérdida de la patente y a que la competencia ha comenzado a actuar; se espera que el mercado se estabilice en el siguiente año; de tal manera que a partir del año 10 se supone que los flujos de caja serán constantes e iguales a 50 millones de euros.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		200,0	500,0	1.100,0	1.500,0	1.850,0	2.200,0	2.350,0	2.450,0	1.500,0	900,0
- Coste de ventas		120,0	300,0	715,0	975,0	1.202,5	1.430,0	1.527,5	1.592,5	975,0	585,0
- Costes fijos		39,6	112,0	177,0	320,0	424,0	520,4	606,8	644,8	629,2	410,0
<b>EBITDA</b>		<b>40,4</b>	<b>88,0</b>	<b>208,0</b>	<b>205,0</b>	<b>223,5</b>	<b>249,6</b>	<b>215,7</b>	<b>212,7</b>	<b>-104,2</b>	<b>-95,0</b>
- Amortización		45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
<b>BAIT</b>		<b>-4,6</b>	<b>43,0</b>	<b>163,0</b>	<b>160,0</b>	<b>178,5</b>	<b>204,6</b>	<b>170,7</b>	<b>167,7</b>	<b>-149,2</b>	<b>-140,0</b>
- Impuestos		-1,6	15,1	57,1	56,0	62,5	71,6	59,7	58,7	-52,2	-49,0
+ Amortización		45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
<b>Flujo de Caja Bruto</b>		<b>42,0</b>	<b>73,0</b>	<b>151,0</b>	<b>149,0</b>	<b>161,0</b>	<b>178,0</b>	<b>156,0</b>	<b>154,0</b>	<b>-52,0</b>	<b>-46,0</b>
Inversión Activo Fijo	450										
Inversión Fondo de Maniobra		32,0	48,0	96,0	64,0	56,0	56,0	24,0	16,0	-152,0	-96,0
<b>Inversión Bruta</b>	<b>450,0</b>	<b>32,0</b>	<b>48,0</b>	<b>96,0</b>	<b>64,0</b>	<b>56,0</b>	<b>56,0</b>	<b>24,0</b>	<b>16,0</b>	<b>-152,0</b>	<b>-96,0</b>
<b>Flujo de Caja Libre</b>	<b>-450,0</b>	<b>10,0</b>	<b>25,0</b>	<b>55,0</b>	<b>85,0</b>	<b>105,0</b>	<b>122,0</b>	<b>132,0</b>	<b>138,0</b>	<b>100,0</b>	<b>50,0</b>
Factor de descuento		0,86	0,74	0,64	0,55	0,48	0,41	0,35	0,31	0,26	0,23
VA (FCL)		8,6	18,5	35,2	46,9	50,0	50,1	46,7	42,1	26,3	11,3
Valor Terminal											312,5
VA (VT)											70,8
<b>VA (Proyecto)</b>	<b>406,7</b>										
<b>VAN =</b>	<b>-43,3</b>										

Tabla 1



En el momento de hacer el estudio la tasa de interés libre de riesgo a largo plazo es igual al 5% anual, se supone que la prima de riesgo del mercado es igual al 5,5% y que el coeficiente de volatilidad beta del activo en cuestión es igual a 2. Por tanto, la tasa de descuento a utilizar o coste de oportunidad del capital es igual a:

$$k_0 = 5\% + (5,5\% \times 2) = 16\%$$

El valor actual medio de los flujos de caja (VA) es igual a 406,71 millones de euros , lo que significa que el valor actual neto medio (VAN) es igual a:

$$\text{VAN} = -450 + 406,71 = - 43,29 \text{ millones de euros}$$

A la vista de este resultado, el equipo directivo de BiopharmaLab decide no realizar el proyecto ahora mismo y se plantea estudiar la posibilidad de aplazar su realización durante un año, dado que el propietario de la patente le concede esa alternativa siempre que pague 20 millones de euros. Entre otras cosas porque, después de realizar 50.000 simulaciones, se puede observar que hay bastantes escenarios que proporcionan un VAN positivo al proyecto. Efectivamente, en la figura 3 se observa la distribución de valores actuales del proyecto (la curva normal aparece tumbada buscando una mayor facilidad de comprensión) donde la línea roja indica el desembolso inicial del proyecto y la línea verde es el VA del escenario más probable (ver tabla 1) y, como se puede observar, encima de la línea roja hay un espacio limitado por la curva de la distribución que indica aquellos valores actuales que superan el desembolso inicial y que podrían llegar a alcanzar valores de hasta 2.039 millones o superiores.

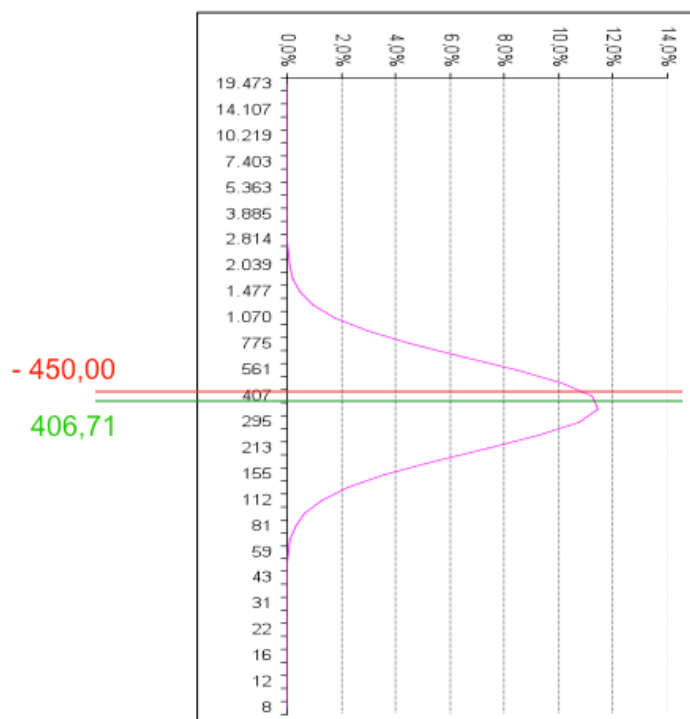


Fig. 3



La simulación anterior permite extraer el valor de la desviación típica de los valores actuales del proyecto que es del 55,84%.

El modelo de valoración elegido va a ser el método binomial y para ello se estima que el coeficiente de ascenso del valor actual del activo subyacente (el valor del proyecto) U es igual a  $e^{\sigma} = e^{0,5584} = 1,748$  mientras que el coeficiente de descenso D es igual a la inversa de U, es decir,  $1/1,748 = 0,572$ . Por otra parte, el tipo de interés sin riesgo anual es del 5% anual. Con estos datos podemos obtener el valor de la probabilidad neutral al riesgo de que el valor actual (VA) ascienda:

$$p = \frac{(1+r_f) - D}{U - D} = \frac{1,05 - 0,572}{1,748 - 0,572} = 0,406$$

mientras que la probabilidad de descenso es igual a 0,594.

Con toda esta información podemos plantear el árbol binomial para estudiar cuánto vale la opción de diferir el proyecto un año. Para ello sabemos que el VA es igual a 406,71 millones de euros y que, transcurrido un año, puede ascender hasta tomar un valor medio de  $VA_1^+ = 406,71 \times U = 710,93$  millones o, por el contrario, descender hasta  $VA_1^- = 406,71 \times D = 232,64$  millones.

Pero estos dos valores calculados están suponiendo que el primer flujo de caja del proyecto (10 millones de euros en promedio) se va a cobrar, lo que no es cierto porque al retrasar el proyecto un año se renuncia a él. Por tanto, a los dos valores esperados hay que detraerles el *coste del retraso*<sup>4</sup> que es igual a  $8,62/406,71 = 2,12\%$  del valor de la patente en el año 1 (15,07 € y 4,93 € respectivamente). También podíamos haber supuesto, por ejemplo, que se perdía el flujo de caja octavo en lugar del primero, flujo que aporta el 10,35% del valor actual del proyecto.

En la figura 4 se muestra el valor de la patente en ambas situaciones una vez detraído el coste del retraso (por ejemplo,  $406,71 \times U$  es igual a 710,93 millones y si a esta cifra le detraemos el 2,12% el resultado es 695,86 millones de euros).

Por otra parte debemos ser conscientes de que realizar el proyecto un año más tarde también debe incrementar el coste de su realización. Como no nos dicen cuál puede ser el nuevo desembolso inicial, una regla conservadora consiste en calcular su valor futuro al tipo de interés sin riesgo (es como si la BiopharmaLab hubiera comprado Letras del Tesoro a un año de plazo con sus 450 millones de euros actuales). Dentro de un año el coste de realizar el proyecto puede alcanzar un valor igual a:

---

<sup>4</sup> El valor actual de los 10 millones que se reciben en el primer año descontados al coste de oportunidad del capital (16%) es igual a 8,62 millones. Obsérvese que para descontar debe utilizarse el coste del capital y no la tasa sin riesgo porque el flujo de caja de 10 millones realmente aporta 8,62 millones al valor actual medio del proyecto en el momento inicial y es esa cantidad la que se pierde, es decir, en promedio se pierde el 2,12% del valor del proyecto.



$$A_1 = 450 \times 1,05 = 472,5 \text{ millones de euros}$$

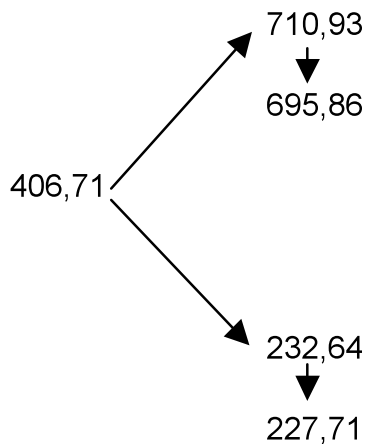


Fig. 4

El equipo directivo considera que si la demanda crece y el valor del proyecto se sitúa dentro de un año en 695,86 millones de euros mientras que el coste de realizarlo, en ese momento, es de 472,5 millones, el VAN a finales del año 1 será igual a: 223,36 millones de euros. Si se da esta situación, el equipo directivo de la empresa estaría de acuerdo en realizar el proyecto a la vista de la ganancia esperada.

Claro que también puede ocurrir que la demanda no sea la esperada y se dé la situación más negativa, es decir, que el valor del proyecto se sitúe en 227,71 millones de euros. En dicho caso no interesará realizar el proyecto porque el VAN a fines del año 1 será igual a -244,79 millones de euros.

Resumiendo, la decisión de realizar, o no, el proyecto a fines del año 1 puede tomar dos posibles valores:

$$E_1^+ = \text{Máx} (695,86 - 472,5 ; 0) = 223,36 \text{ mill. €}$$

$$E_1^- = \text{Máx} (227,71 - 472,5 ; 0) = 0 \text{ mill. €}$$

Observe que en el segundo caso la empresa no realizaría el proyecto por lo que su ganancia sería nula. En la figura 5 se muestra el árbol binomial de las ganancias obtenidas a finales del primer año por BiopharmaLab si se plantea realizar el proyecto o abandonarlo definitivamente.

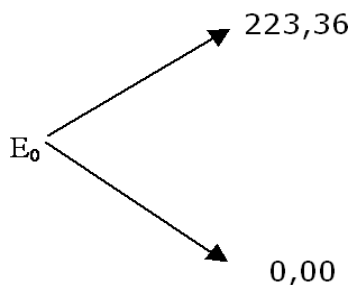


Fig. 5





La probabilidad neutral al riesgo de que se produzca el valor optimista (223,36 millones) es del 40,6%, mientras que la probabilidad de que surja el pesimista (0 millones) es del 59,4%. Luego el VAN total del proyecto LypoGen a finales del año 1 es igual a:

$$VAN_1 \text{ total} = 223,36 \times 0,406 + 0 \times 0,594 = 90,7 \text{ millones } \text{€}$$

Para calcular el VAN total del proyecto LypoGen, con la opción de diferirlo un periodo anual, a día de hoy no hay más que descontar la cifra anterior al tipo de interés libre de riesgo:

$$VAN \text{ total} = 90,7 / 1,05 = 86,37 \text{ millones de euros}$$

Así que tenemos que el valor actual neto del proyecto con la opción de diferirlo un año es igual a 86,37 millones y su valor actual neto sin demorarlo es igual a -43,29 millones, por tanto el valor de la opción de diferirlo un año es igual a la diferencia entre ambos:

$$\text{Opción de diferir 1 año} = 86,37 - (-43,29) = 129,66 \text{ millones } \text{€}$$

O dicho de otra manera, el VAN total es igual al VAN básico más el valor de las opciones implícitas, por tanto:

$$86,37 = -43,29 + 129,66$$

Efectivamente, el valor de la opción de diferir es igual a 129,66 millones, sin embargo, al efecto de tomar la decisión de agotar el tiempo concedido por el propietario de la patente, el valor real a tomar en cuenta es la diferencia entre los valores de las dos decisiones<sup>5</sup>: con la opción y sin ella. Es decir, el VAN sin la opción es negativo, por tanto, hoy no se realizará el proyecto y la ganancia o pérdida será nula, mientras que con la opción de diferir el VAN alcanza un valor de 86,37 millones; así que, la diferencia entre ambas decisiones es 86,37 millones.

Como quiera que el valor real de la opción de esperar (86,37 millones) es superior al precio que el fabricante de la patente le cobra si quiere retrasar su decisión (20 millones), es evidente que pagará el precio y esperará acontecimientos para decidir si ejerce su opción de inversión al final del primer año o si renuncia al proyecto.

### 3.1 El cálculo exacto

Con objeto de ser didácticos hemos realizado los cálculos del árbol binomial suponiendo un periodo anual lo que genera unos resultados aproximados pero no exactos. Para conseguir el resultado exacto debemos subdividir el periodo anual en unos 48 subperiodos o iteraciones (cada iteración abarca unos 7,6 días), claro que ello implica tener que recalcular las variables básicas. De esta manera la volatilidad del subperiodo pasa a ser igual a

<sup>5</sup> No confunda el valor de la decisión con el valor actual neto. Si el VAN es negativo la decisión será no realizar el proyecto y su valor será nulo.



$$\sigma = 0,5584 \sqrt{\frac{1}{48}} = 8,06\%$$

lo que implica que  $U = e^{0,0806} = 1,084$  y  $D = 1/U = 0,923$ . Por otra parte el tipo de interés sin riesgo del subperiodo será igual a  $0,05/48 = 0,1042\%$  y las probabilidades de ascenso y descenso serán, respectivamente,  $p = 48,63\%$  y  $(1-p) = 51,37\%$ .

El resultado exacto es de 69,35 millones de euros y la opción de diferir sería igual a:

$$\begin{aligned} 69,35 &= -43,29 + \text{Opción de diferir} \\ \text{Opción de diferir} &= 112,64 \text{ millones } \text{€} \\ \text{Valor de la decisión de diferir} &= 69,35 \text{ millones } \text{€} \end{aligned}$$

## 4. EJEMPLO II

SmokeFree acaba de desarrollar un producto para que los fumadores puedan fumar cigarrillos que no emiten humo sino vapor de agua y está pensando en comercializarlo. Debido a la novedad del producto hay una incertidumbre acusada sobre el comportamiento del mismo en el mercado. SmokeFree desea evaluar la opción de diferir en uno o dos años el lanzamiento del producto. El valor actual de los flujos de caja del proyecto se estima en 120 millones de euros sujetos a una volatilidad anual del 55%. El tipo de interés sin riesgo es del 3% anual. El coste actual del proyecto es de 90 millones de euros pero su valor crece a razón de un 5% anual y acumulativo mientras no se comercialice el producto. Cada año que transcurra sin lanzar el producto se pierde un 8% del valor actual del mismo en ese año. Es pues una opción de compra de tipo bermuda puesto que su propietario puede decidir ejercerla solamente al final del primer año o al final del segundo.

Lo primero que salta a la vista es el que el proyecto tiene un VAN positivo e igual a 30 millones de euros ( $-90 + 120$ ) lo que de por sí haría aconsejable la inversión sino fuera por el alto riesgo de la misma. Por ello trataremos de ver lo que aportaría al valor del proyecto el retrasarlo uno e, incluso, dos años.

En primer lugar estudiaremos la previsible evolución del valor del activo subyacente (el valor del proyecto) durante los próximos dos años de acuerdo al valor de su riesgo. El coeficiente anual de ascenso  $U = e^{0,55} = 1,7333$  mientras que  $D = 1/U = 0,5769$ . En la figura 6 puede verse dicha evolución en la que se puede apreciar como por cada año que se retrase su ejecución el proyecto pierde un 8% de su valor en ese mismo instante.

Por otro lado, el coste del proyecto aumenta a razón de un 5% anual, es decir, que si se realiza en el primer año el coste ascenderá a  $90 \times 1,05 = 94,5$  millones de euros, mientras que de realizarse en el segundo ascenderá a  $94,5 \times 1,05 = 99,225$  millones.

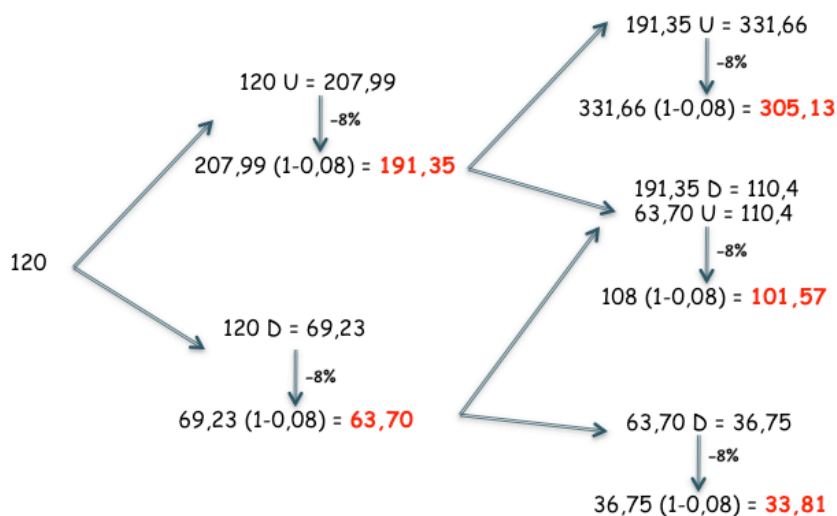


Fig. 6

Una vez que sabemos la evolución del valor del activo subyacente a través del árbol binomial pasamos al análisis de la decisión a tomar. Para ello comenzamos por el extremo derecho del árbol comparando cada uno de los valores que puede tomar el activo subyacente con lo que cuesta realizar el proyecto en ese instante: 99,225 millones de euros. Como se aprecia en la figura 7 sólo en los dos primeros escenarios el VAN del segundo año es positivo: 205,905 millones y 2,345 millones respectivamente.

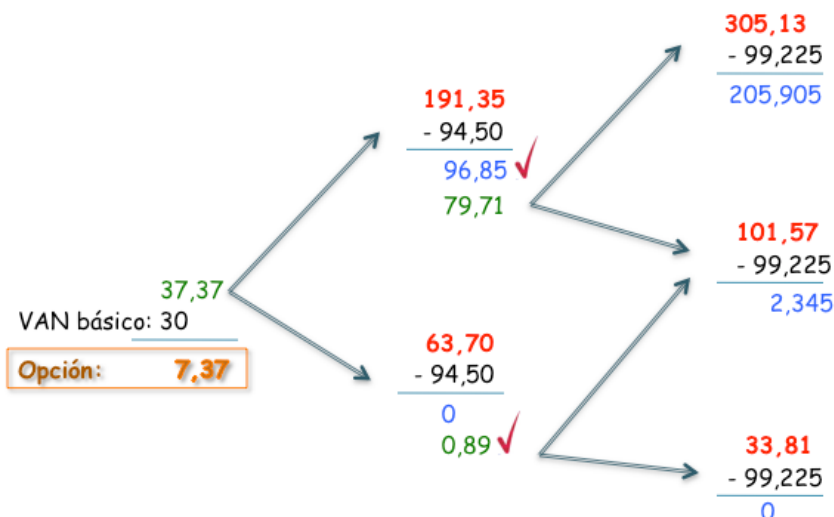


Fig. 7

En el primer año el decisor puede hacer dos cosas, o bien realizar el proyecto en ese momento, o bien postponer la decisión al siguiente año. Su decisión dependerá de cuál de las dos decisiones le aporte mayor valor. Por ejemplo, si el proyecto vale 191,35 millones y decide realizar el proyecto el VAN será igual a 96,85 millones (recuerde que ahora el coste de la inversión es de 94,5 millones); sin embargo, si decide esperar el valor que obtiene es igual a:



$$VAN_1^+ = \frac{205,905 \times p + 2,345 \times (1-p)}{1,03} = 79,71$$

donde p es igual a:

$$p = \frac{(1+r_f) - D}{U - D} = \frac{1,03 - 0,5769}{1,7333 - 0,5769} = 0,3918$$

es decir, elegirá realizar el proyecto porque el valor de esa decisión (96,85 millones) es superior al valor de postponerla (79,71 millones) tal y como se aprecia en la figura 7. Sin embargo, la decisión es la opuesta si el valor del proyecto en el primer año es de 63,70 millones porque el VAN será negativo (no se realizará el proyecto), mientras que postponerla al siguiente año vale 0,89 millones de euros.

Con los dos valores de 96,85 millones y 0,89 millones multiplicados por sus correspondientes probabilidades neutrales al riesgo y descontados al tipo de interés sin riesgo obtendremos el VAN total del proyecto:

$$VAN \text{ total} = \frac{96,85 \times p + 0,89 \times (1-p)}{1,03} = 37,37$$

Sabiendo que el VAN básico del proyecto es de 30 millones de euros el valor de la opción de diferirlo, uno o dos años, es igual a la diferencia entre el VAN total y el VAN básico, es decir, 7,37 millones de euros.

## 5. LA OPCIÓN DE APRENDIZAJE

La valoración de la opción de diferir nos dice cuánto vale el derecho a retrasar la realización de un proyecto de inversión. Sin embargo, hay otra opción que nos dice cuánto vale realizar ahora mismo una pequeña parte del proyecto, a la que conocemos como sondeo u opción de aprendizaje. Obviamente, esta última opción resta valor a la opción de diferir.

La *opción de aprendizaje* surge cuando una empresa se encuentra ante la posibilidad de invertir dinero con objeto de acelerar la adquisición de conocimiento o información (reducir el desfase tecnológico en I+D o averiguar la cantidad de mineral disponible en una explotación, por ejemplo) y utilizar lo que ha aprendido con objeto de calcular mejor la demanda de su producto y, por tanto, rectificar o confirmar sus expectativas acerca de los flujos de caja previstos. La empresa debe contraponer el valor de la opción para actuar con la información obtenida contra el coste de adquirir ésta última.

Por ejemplo, las empresas mineras tienen que decidir cuándo desarrollar las propiedades que poseen y cuánto ofrecer por el derecho a desarrollar propiedades adicionales. Dichas



decisiones suelen implicar una combinación de opciones. Así, en el caso de una explotación petrolera es interesante esperar a ver si el precio del crudo asciende para proceder a extraerlo pero, también, debemos conocer el volumen de la bolsa de petróleo que pensamos explotar, lo que se consigue con una serie de pruebas que cuestan dinero (prueba sísmica – más barata pero más inexacta- o una perforación de prueba –más cara y más exacta). Las fuentes de la incertidumbre son el precio del barril de petróleo crudo y el tamaño del yacimiento. Por tanto, hay que ponderar el valor de la opción de diferir con respecto al de la opción de aprender, porque con la primera reducimos la incertidumbre sobre el precio mientras que con la segunda reducimos la del tamaño de la bolsa de petróleo.

Si el valor actual de los flujos de caja está próximo al umbral de rentabilidad, la espera proporciona a la directiva la oportunidad de reaccionar ante las futuras variaciones de los precios. Sin embargo, el desarrollo parcial de la explotación proporcionará una información valiosa sobre el tamaño del yacimiento lo que reduce la incertidumbre sobre su volumen, mientras preserva la posibilidad de que el equipo directivo ajuste los flujos de caja esperados de acuerdo a lo aprendido. Por tanto, el desarrollo parcial representa una opción de aprendizaje que se encuentra en conflicto con la opción de diferir, porque la empresa no puede acometer ambas.

Este es un caso de una opción “arco iris”<sup>6</sup> (*rainbow option*) donde ambas opciones componentes se encuentran en conflicto, lo que implica que para la compañía y sus accionistas, el valor combinado de ambas opciones es inferior a la suma de sus valores individuales. Así, el desarrollo inmediato de la explotación sacrifica la opción de diferir pero proporciona información sobre el tamaño de aquélla. Por otro lado, el diferir la realización del proyecto permite aprovecharse del instante en que el precio de mercado del crudo sea interesante, pero no disponemos de ninguna información sobre cuánto crudo podremos extraer. La solución puede venir de un desarrollo parcial que reduzca la incertidumbre sobre el tamaño de la bolsa de petróleo sin eliminar la posibilidad de retrasar la extracción hasta que los precios mejoren.

Las opciones de aprendizaje son de dos tipos: a) proporcionan una predicción más fidedigna del verdadero valor futuro del activo (investigación inicial del mercado, por ejemplo), o b) cambian el valor actual del activo alterando la probabilidad de éxito (realización de experimentos con objeto de mejorar la exactitud de las probabilidades de los diversos escenarios).

El valor de aprender mediante la reducción de la incertidumbre depende de dos variables clave:

- a) La exactitud de la información recibida a través del aprendizaje con relación a los costes de obtenerla
- b) El impacto del aprendizaje en la toma de decisiones.

---

<sup>6</sup> Es una única opción vinculada a dos o más activos subyacentes. Para que la opción genere flujos de efectivo todos los activos subyacentes deben moverse en la dirección deseada. Los activos subyacentes pueden tener diferentes características, tales como fecha de vencimiento y precio de ejercicio, pero todos deben moverse en la misma dirección en la que el tenedor de la opción ha apostado.



Aunque en unos términos más genéricos, el valor de la opción de aprender es función del precio de ejercicio -que es el coste de aprender- del nivel de certidumbre que se crea con el aprendizaje, y de cómo esto se traduce en una mejora de la toma de decisiones para crear valor.

Los proyectos de I+D multietapa suelen contener una serie de opciones de aprendizaje implícitas basadas en la incertidumbre sobre la tecnología y el comportamiento del mercado. La realización de proyectos de I+D da al equipo directivo el derecho pero no la obligación de comercializar el producto desarrollado. Aunque un proyecto de I+D aisladamente considerado pueda tener un VAN negativo, la opción de comercializarlo puede ser muy valiosa, al igual que la opción de aprendizaje tecnológico. Esto es, una empresa que desarrolla una tecnología determinada puede renunciar a comercializar un producto porque perdería dinero, pero el conocimiento tecnológico adquirido con su desarrollo le permite acometer un nuevo proceso de investigación más ambicioso del que resultará otro producto de tecnología superior que a lo mejor si puede ser comercializado en su momento.

### 5.1 Ejemplo

Veamos un sencillo ejemplo de cómo calcular el máximo precio a pagar por una opción de aprendizaje. La compañía juguetera Easyjuegos SA está analizando un proyecto de inversión consistente en producir un perro-robot, que implicará un desembolso inicial de 350.000 euros. Según sus cálculos el valor actual del proyecto ( $VA_0$ ) podrá tomar tres posibles valores:

Optimista  $VA_0 = 500.000$  € con una probabilidad del 30%

Más probable  $VA_0 = 400.000$  € con una probabilidad del 40%

Pesimista  $VA_0 = 300.000$  € con una probabilidad del 30%

Por tanto el VA del proyecto en la actualidad será igual a:

$$VA_0 = 500.000 \times 0,3 + 400.000 \times 0,4 + 300.000 \times 0,3 = 400.000 \text{ €}$$

Lo que implica un VAN medio esperado de:

$$E[\text{VAN}] = -350.000 + 400.000 = 50.000 \text{ euros}$$

La compañía realizará el proyecto de inversión pero sus directivos deben ser conscientes de que hay un 30% de probabilidades de perder 50.000 euros, lo que ocurrirá si acontece el caso pesimista.

Para curarse en salud Easyjuegos puede realizar un sondeo con objeto de averiguar cuál es la demanda potencial real del juguete en cuestión. Porque sus fuentes de incertidumbre son dos: la demanda esperada (variable no controlable) y el precio del producto (variable controlable). Es evidente que el máximo coste del sondeo u opción de aprendizaje debe ser 30%



$x 50.000 \text{ €} = 15.000 \text{ €}$  porque 15.000 euros es lo que detrae del proyecto por término medio el escenario pesimista ( $30\% \text{ de } -350.000 + 300.000 = 15.000 \text{ €}$ )

Así, si la realización de la prueba implica un desembolso de 9.000 euros y de ella se deduce que la demanda va a ser insuficiente para conseguir un VAN positivo, las pérdidas de la empresa habrán sido de sólo 9.000 euros y no de 50.000 euros que serían en las que se hubiese incurrido de realizar el proyecto confiando en que en el 70% de los casos se iba a ganar dinero.

Ahora imaginemos que queremos calcular el valor de dicha opción de forma más precisa. Comenzaremos suponiendo que si la empresa se plantea la posibilidad de hacer un sondeo, no realizará la inversión, al menos, antes de seis meses. Para obtener el valor de la volatilidad con arreglo a los datos anteriores y sabiendo además que la tasa de rendimiento ajustada al riesgo (coste del capital medio ponderado de la empresa en este caso) para este tipo de proyecto es del 10% anual, es decir, un 4,88% semestral<sup>7</sup>. Con arreglo a este último dato podemos saber el valor actual del proyecto dentro de un semestre para cada uno de los tres escenarios analizados: 524.404€ (optimista), 419.524€ (más probable) y 314.643€ (pesimista). Dado que el valor actual medio del proyecto es de 400.000€ podemos saber cuál es la rentabilidad anual para cada uno de los tres escenarios:

$r \text{ (optimista)} = 524.404/400.000 - 1 = 31,1\%$  con una probabilidad del 30%

$r \text{ (más probable)} = 419.524/400.000 - 1 = 4,88\%$  con una probabilidad del 40%

$r \text{ (pesimista)} = 314.643/400.000 - 1 = -21,34\%$  con una probabilidad del 30%

Con estos datos podemos calcular la desviación típica de los rendimientos, es decir, la volatilidad. Ésta resulta<sup>8</sup> ser igual al 20,31% semestral. A partir de este dato podemos calcular los coeficientes  $U = e^{0,2031} = 1,2252$  y  $D = 1/U = 0,8162$  con los que podemos construir la evolución futura del valor del proyecto (ver figura 8).

Se trata de calcular el valor de la opción de venta, es decir, el valor actual de lo que se perdería si se dan los peores escenarios del proyecto. El coste del proyecto en la actualidad es de 350.000 euros y dentro de seis meses se espera que alcance los 355.250 euros, que es el resultado de capitalizar la cifra actual al 1,5% semestral (tipo sin riesgo semestral que utilizaremos). La pregunta que debemos hacernos es si dentro de un semestre perderemos dinero o no con el proyecto, si perdemos apuntaremos cuánto y si no pondremos un cero. Así en la figura 8 se puede ver que sólo cuando el proyecto vale 326.478 euros es cuando se pierde dinero si se realiza el proyecto, en concreto, 28.772 euros.

Seguidamente calcularemos las probabilidades neutrales al riesgo

$$p = \frac{1,015 - 0,8162}{1,2252 - 0,8162} = 48,607\%$$

<sup>7</sup>  $(1,1)^{0,5} - 1 = 4,88\%$

<sup>8</sup> El rendimiento medio ponderado es igual al 4,88% semestral. La varianza es igual a  $(31,1\% - 4,88\%)^2 \times 0,3 + (4,88\% - 4,88\%)^2 \times 0,4 + (-21,34\% - 4,88\%)^2 \times 0,3 = 0,04125$ . La raíz cuadrada positiva es la desviación típica: 20,31%.



y  $1-p$  será igual a 51,393%. Con ellas calcularemos el valor actual de los precios intrínsecos de la opción de venta en la fecha de ejercicio; 0 y 28.772 euros, respectivamente.

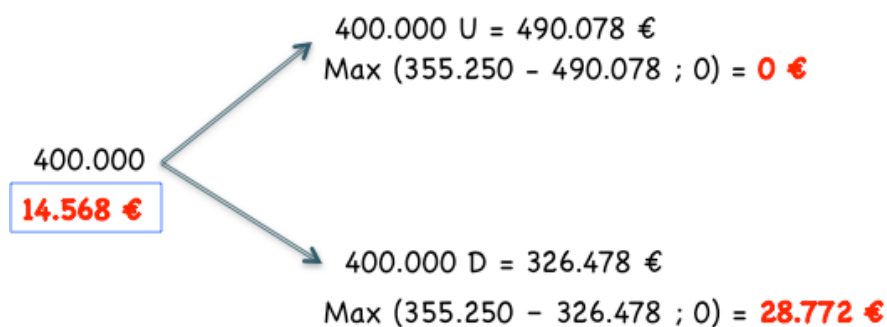


Fig. 9

$$VA (\text{pérdida}) = \frac{0 \times p + 28.772 \times (1-p)}{1,015} = 14.568€$$

Este valor indicará el máximo gasto a realizar en un sondeo de opinión (siempre será preferible perder la prima de la opción, los 14.568 euros, que los 28.772 euros si el escenario final resulta ser el peor).

## BIBLIOGRAFIA

- AMRAN, Martha y KULATILAKA, Nalim (1999): *Real Options*. Harvard University Press.
- BOER, F. Peter (2002): *The Real Options Solution*. John Wiley. Nueva York.
- BRACH, Marion (2003): *Real Options in Practice*. John Wiley. Nueva York.
- COPELAND, T., ANTIKAROV, V. (2003): *Real Options. A Practitioner's Guide*, Cengage Learning, Nueva York.
- DAMODARAN, Aswath (2002): *Investment Valuation*. John Wiley. Nueva York (2ª ed.)
- MASCAREÑAS, Juan (1999): *Innovación Financiera. Aplicaciones para la gestión empresarial*. McGraw Hill. Madrid.
- MASCAREÑAS; Juan; LAMOTHE; Prosper; LÓPEZ, Francisco y De LUNA, Walter (2004): *Opciones Reales y Valoración de Activos*. Pearson. Madrid
- SHOCKLEY, Richard (2007): *An Applied Course in Real Options Valuation*. Thomson South-Western, Mason (Ohio)
- TRIGEORGIS, Lenos (ed.) (1995): *Real Options in Capital Investments*. Praeger. Westport (Conn).





## EJERCICIOS

**1º.** La empresa Eurofarma S.A. tiene la oportunidad de invertir 200 millones de euros en la fabricación de una medicina denominada Gentraxa al hacerse con los derechos de la patente. Dispone de un par de años para realizar el proyecto. El equipo directivo ha estimado el valor actual medio de los flujos de caja esperados de Gentraxa en 150 millones de euros estimando, además, que dicho valor puede aumentar a razón de un 100% anual o, por el contrario, descender a un ritmo de un 50% anual; ambas posibilidades son equiprobables. El tipo de rendimiento mínimo exigido a esta inversión es del 25%, mientras que el tipo libre de riesgo es del 6% anual. Calcular el valor estimado del proyecto de inversión y el valor de la opción de diferirlo.

**2º.** Una compañía está considerando la posibilidad de adquirir la patente de un nuevo fármaco que expira dentro de tres años. El análisis de mercado sugiere que el valor actual medio esperado de introducirlo en el mercado es de 120 millones de euros con una volatilidad anual estimada del 15% y un coste del capital medio ponderado del 12%. La inversión requerida para comenzar las operaciones es de 140 millones. La tasa de interés sin riesgo es del 5%. La empresa piensa que puede obtener un beneficio introduciendo el fármaco en los dos próximos años si el VAN se vuelve positivo.

- Si la empresa compra la patente, ¿en que año introducirá el fármaco, si es que lo hace?
- Utilizando un modelo binomial de dos periodos estime cuál es el máximo precio que debería pagar por la patente.
- ¿Cómo cambiará ese precio si se cambia alguna de las siguientes estimaciones?:
  - El VA es 130 millones
  - La tasa sin riesgo es del 7%.
  - La inversión necesaria es de 125 millones.
  - La volatilidad esperada es del 20%.

**3º.** El equipo directivo de una compañía está estudiando la conveniencia de realizar un proyecto de inversión que implica invertir 200 millones de euros. El plazo para realizar este desembolso es de dos años, a lo largo de los cuáles la cantidad a pagar permanecerá constante. El equipo directivo estima que el valor actual medio del proyecto es de 180 millones de euros con una desviación típica del 40% (calculada en función de sus rendimientos anuales). La tasa de descuento apropiada al riesgo del proyecto es del 15%. La tasa de interés sin riesgo es del 5% anual. Según estos datos se desea conocer:

- ¿Cuál es el valor del proyecto en la actualidad?
- ¿Usted recomendaría realizar la inversión ahora mismo?
- ¿Cuál es el valor de la opción de diferir?
- Supongamos ahora que cada año de retraso implica una reducción del valor del proyecto del 10%. ¿Cuánto vale ahora la opción de diferir?

**4ª.** Los directivos de una compañía están decidiendo sobre la conveniencia de lanzar un nuevo producto al mercado. El valor actual medio de los flujos de caja que se espera genere se estima



en 24 millones de euros con una desviación típica del 62% anual. El coste del proyecto asciende a 17 millones de euros. El gerente de producto al que se encarga este proyecto solicita aplazar la decisión seis meses para poder realizar un sondeo que le permita saber cuál es la demanda esperada. Sabiendo que el tipo de interés sin riesgo anual es del 3% se desea conocer la cantidad máxima que debe gastarse en el sondeo.