Guillermo López Dumrauf
Doctor en Ciencias Económicas, UBA

Universidad del Cema – Master en Finanzas Corporativas

Nota de clase N° 8: Introducción a la valuación de opciones reales

1 Valuación de una opción de diferimiento de la inversión inicial ... 2
1.1 Primer paso: Calculamos el valor presente sin flexibilidad ... 3
1.2 Segundo paso: Análisis del árbol de decisión ... 5
1.3 Tercer paso: valuación de la opción real ... 6
1.3.1 Método del portafolio replicado ... 6
1.3.2 Método de valuación suponiendo neutralidad ante el riesgo ... 9
1.4 Comparación: portafolio replicado y neutralidad ante el riesgo ... 11
1.4.1 Tasas ajustadas al riesgo ... 15
1.4.2 Probabilidades objetivas y probabilidades hedge ... 16

Introducción

En los capítulos anteriores, describimos como utilizar los árboles binomiales para la valuación de opciones y revisamos el criterio del valor actual neto. **Este será siempre nuestro punto de partida para la valuación de las opciones reales**, pues precisamos del valor presente del proyecto sin flexibilidad para calcular el valor de la opción mediante la diferencia entre éste y el valor del proyecto con flexibilidad.

También el valor presente del proyecto resultará de suma utilidad al funcionar como el valor del activo subyacente en los nodos del árbol de decisión. Como veremos, la hipótesis de la "inexistencia del activo negociado" es clave en el proceso de valuación de opciones reales.

Inmediatamente veremos como el criterio del VAN subestima el valor del proyecto al no tomar en cuenta la flexibilidad con que cuentan los directivos. Realizaremos una comparación sistemática entre el criterio del valor presente, la técnica de los árboles de decisión y las opciones reales. Veremos como valuar una opción a través de dos métodos: la replicación de portafolios y la neutralidad al riesgo. Este capítulo constituye una introducción a la valuación de opciones reales, por lo cual mantendremos los ejemplos en el nivel más sencillo posible para facilitar la comprensión exhaustiva de estas dos técnicas que representan un paso importante para la consideración posterior de opciones más complejas.

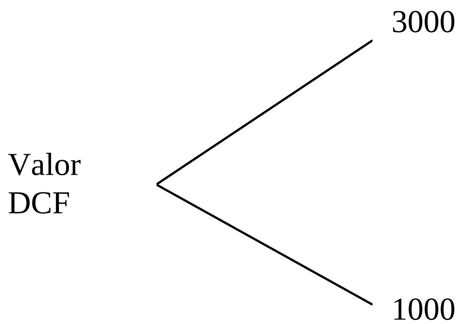
Después de haberse entrenado en el análisis de las opciones reales, Ud. descubrirá que lo rodean opciones por todos lados y que el criterio del VAN es insuficiente para una valuación exhaustiva de un proyecto de inversión.

Conceptos fundamentales:

1. *El valor presente no toma en cuenta la flexibilidad con que cuentan los directivos*
2. *El valor presente es el punto de partida para la valuación de las opciones reales*
3. *La hipótesis de la "inexistencia del activo negociado" es clave en el proceso de valuación de opciones reales.*
4. *Portafolio replicado y neutralidad ante el riesgo*

1 Valuación de una opción de diferimiento de la inversión inicial

Supongamos que usted ha detectado la oportunidad de invertir en el negocio de la comida congelada. El negocio requiere de una inversión inicial de $ 2.000 y las proyecciones indican que las probabilidades de éxito y fracaso son de 50/50. El flujo de fondos al final del primer año de explotación podría ser de $ 3000 si el negocio es exitoso, y de $ 1.000 si el producto tiene una aceptación baja. **Obviamente, el valor del activo subyacente resulta ser el valor presente del flujo de fondos cuando es descontado con una tasa que refleja el riesgo del mismo**. Recuerde que los $ 2000 de la inversión es lo que usted invierte hoy, no es el valor del proyecto:



Usted se mueve en un medioambiente de alta incertidumbre por lo cual existen motivos para pensar que el negocio puede ser un éxito rotundo o un completo fracaso. **La clave es que usted no necesita invertir el dinero hoy, sino que puede hacerlo dentro de un año, de forma tal que cuenta con una opción para diferir el momento en que se desembolse la inversión inicial.**

1.1 Primer paso: Calculamos el valor presente sin flexibilidad

El primer paso consiste en calcular el valor actual neto de nuestro proyecto, para lo cual precisamos una tasa de descuento que refleje el costo de oportunidad de una alternativa de riesgo comparable. Normalmente el calculo del VAN consiste en estimar el flujo de caja libre del proyecto descontando el mismo con el costo de capital. Para obtener el costo de capital, podemos recurrir a la búsqueda de un activo "gemelo" cuyos flujos de fondos se encuentran perfectamente correlacionados con los de nuestro proyecto de la comida congelada (y por lo tanto tiene el mismo coeficiente beta[1]). El activo que encontramos generaría $ 150 en la situación ascendente y $ 50 en la situación descendente (20 veces mayor y menor respecto a los flujos de nuestro proyecto) y tiene un precio de mercado de $ 80.-

	FF proyecto	FF activo gemelo
Ascendente	3000	150
Descendente	1000	50

Dado que nuestro activo gemelo tiene un precio de mercado conocido, resulta sencillo calcular el rendimiento implícito que los inversores exigen al mismo:

[1] Alternativamente, podríamos buscar el coeficiente beta de una empresa comparable, multiplicarla por la prima de mercado y sumando la tasa libre de riesgo determinar *ke* de acuerdo con el CAPM.

$$80 = \frac{0{,}50\ x\ 150 + 0{,}50\ x\ 50}{(1+ke)}$$

ke = 25 %

Teniendo en cuenta que los flujos de fondos de nuestro proyecto se encuentran perfectamente correlacionados con los del activo gemelo, parece fácil calcular su valor presente descontando sus flujos con la tasa del 25 por ciento:

$$VP = \frac{0{,}50\ x\ 3000 + 0{,}50\ x\ 1000}{(1+0{,}25)} = 1.600$$

De forma tal que el valor presente de nuestro proyecto es igual a $ 1.600 y este representa el valor del activo subyacente a la opción de diferimiento en el momento 0 (cero). Observe que es un resultado lógico; siendo los flujos del proyecto y del activo gemelo perfectamente correlacionados, como los flujos del proyecto tienen un tamaño veinte veces mayor, el valor presente del proyecto también es veinte veces mayor que el valor de mercado del activo gemelo. El valor del activo subyacente será frecuentemente utilizado tanto en la técnica del portafolio replicado como en la técnica del abordaje probabilístico neutro en relación al riesgo.

El método del flujo de caja descontado ajustado al riesgo consiste en buscar un portafolio espejo para obtener el costo de capital, y luego a partir de éste, obtener el valor presente del proyecto.

VAN del proyecto sin flexibilidad

Puesto que tenemos la opción de postergar la inversión por un año, y será exigida entonces con certeza una inversión de $ 2.000.-, podemos descontarla a la tasa libre de riesgo del 5 % anual y por lo tanto su valor presente es de 2000/1.05= 1.904,76.

Por lo tanto, el VAN de nuestro proyecto es 1.600 - 1.904,76 = - 304,76

y en consecuencia rechazaríamos el proyecto. Esto constituye el VAN del proyecto sin considerar la flexibilidad de diferir la inversión inicial (para esperar y ver si vale la pena invertir) y constituye siempre el primer paso que daremos en el análisis de las opciones reales. Veremos ahora los métodos para evaluar la flexibilidad con la que cuenta el tomador de la decisión. El paso siguiente es plantear un árbol de decisión para cuantificar el valor de las decisiones en cada momento del mismo y finalmente, recurriremos al análisis de las opciones reales. Luego de hacerlo, usted tendrá la sensación de que el criterio del VAN es sólo una aproximación grosera del verdadero valor de un proyecto.

1.2 Segundo paso: Análisis del árbol de decisión

La técnica de análisis del árbol de decisión (*DTA, Decisión Tree Analysis*) le permite al tomador de la decisión esperar hasta el último momento para hacerlo y decidir si desembolsa el dinero de la inversión o no, pero con base a la información que posee en ese momento. En ese caso, podrá ir adelante con el proyecto o rechazarlo para evitar un resultado negativo.

Note que el directivo tiene dos alternativas que se excluyen mutuamente: invertir directamente en el momento cero o esperar un año para hacerlo, con base en su conocimiento de la situación para ese entonces. La Tabla 1 muestra los flujos de fondos netos proporcionados por las dos alternativas al final del primer año:

	Flujo de fondos	Invertir directamente	Difiriendo la inversión
Situación ascendente	3000	1000	Max (1000,0) = 1000
Situación descendente	1000	-1000	Max (-1000,0) = 0

Tabla 1

Nos sentimos tentados a calcular el VAN de la decisión descontando los resultados esperados con el costo de capital exigido al activo gemelo obtenido en la sección anterior (recuerde que las probabilidades son de 50/50 para las situaciones ascendente y descendente en los retornos del proyecto):

$$VAN = \frac{0{,}50\ x 1000 + 0{,}50\ x\ 0}{(1 + 0{,}25)} = 400$$

Observe la modificación dramática que tiene lugar en el VAN del proyecto: su valor era \$ –304.76.- en la alternativa sin flexibilidad, y ahora paso a \$ 400 cuando consideramos la posibilidad de diferir la inversión.

Parece que resulta fácil calcular el VAN del proyecto con flexibilidad a partir de la diferencia entre los dos VAN: 400 - (-304.76) = 704.76 Sin embargo, como veremos inmediatamente, esto constituye un gran error cuando tenemos en cuenta que *los flujos de fondos de la opción no guardan ninguna correlación con los flujos de fondos del proyecto y por lo tanto el costo de capital del 25 % no es adecuado.*

La técnica DTA viola la ley del precio único

La tasa del 25 % era la correcta para descontar los flujos de fondos de nuestro proyecto sin flexibilidad, pues éstos estaban perfectamente correlacionados con los del activo gemelo. La ley del precio único nos dice que dos inversiones que tienen el mismo rendimiento y éstos están perfectamente correlacionados deben tener el mismo precio. Pero no es esto lo que ocurre cuando observamos los retornos producidos al ejercitar la opción de diferir: en la situación ascendente ganamos $ 1000 (3000-2000, 50 % del flujo de fondos de nuestro proyecto en la situación ascendente) y en la situación descendente decidimos no invertir para evitar la pérdida y por lo tanto el flujo de fondos de la opción es igual a cero, mientras que si hubiéramos invertido se habrían perdido $ 1.000 (1000-2000).

Como se observa, los flujos de fondos proporcionados por la opción de diferir no se encuentran correlacionados con los flujos de fondos del proyecto, por lo cual precisamos aplicar la técnica del portafolio replicado de forma tal que podamos replicar los flujos proporcionados por la opción y establecer un precio.

El abordaje del DTA aplica la tasa de descuento correcta para el proyecto cuando no hay flexibilidad, pero ésta es inadecuada para evaluar el proyecto con la flexibilidad proporcionada por la opción de diferir. La técnica del DTA – aplicada sin tener en cuenta el análisis ROA - dará respuestas incorrectas pues supone una tasa de descuento constante a lo largo de todo el árbol de decisión.

1.3 Tercer paso: valuación de la opción real

Una vez construido el árbol de decisión, estamos en condiciones de calcular el valor de la opción real. A continuación describiremos dos métodos y algunas variantes de los mismos: el portafolio replicado y neutralidad ante el riesgo. La comprensión de ambos es sumamente importante en la valuación de opciones reales. En general, a lo largo del libro, utilizaremos el método de la neutralidad ante el riesgo, calculando inmediatamente los resultados con el método del portafolio replicado para que sirva como control. Inicialmente trabajaremos con ejemplos que tendrán un solo período para facilitar la comprensión y entrenar al lector. Recuerde que los cálculos subyacentes a la valuación de opciones reales se encuentran llenos de detalles.

1.3.1 Método del portafolio replicado

Usamos el método del portafolio replicado justamente para poder replicar los flujos de fondos que nos proporciona la opción de diferir. **Luego, veremos que la tasa de descuento ajustada al riesgo es el subproducto del análisis.**

Este método consiste, como dijimos anteriormente, en replicar imaginariamente un portafolio compuesto por Δ acciones de un activo gemelo y B activos libres de riesgo (bonos del tesoro de EEUU), de forma tal que reproduzcan exactamente los retornos generados por la opción. Inicialmente utilizaremos los flujos de fondos producidos por el activo gemelo y luego mostraremos que se llega al mismo resultado utilizando los flujos del proyecto, asumiendo que se cumple la condición de inexistencia del activo negociado (*market asset disclaimer*). Los flujos proporcionados por nuestro portafolio replicado tanto en la situación ascendente como en la situación descendente son los siguientes:

En la situación ascendente: $\Delta\, 150 + B(1{,}05) = 1000$
En la situación descendente: $\Delta\, 50 + B(1{,}05) = 0$

Resolviendo las dos ecuaciones con dos incógnitas, verificamos que $\Delta = 10$ y B = - 476,2 (la cifra negativa para B significa que pedimos prestados $ 476,2). Finalmente, multiplicamos el valor de Δ por el valor de mercado del activo gemelo (80) y sumamos el valor de B para obtener el valor del proyecto con flexibilidad:

$10 \times 80 - 476{,}2 = 323{,}8$

El valor presente del proyecto ha pasado de –304,76 sin flexibilidad a 323,8 cuando consideramos la opción de diferir. Por lo tanto, el valor de la opción es igual al valor del proyecto con flexibilidad menos el valor del proyecto sin flexibilidad:

Valor de la opción de diferimiento : VP del proyecto con flexibilidad – VP del proyecto sin flexibilidad:

323,8 + 304,76 = 628,57

Una interesante implicación macroeconómica de las opciones de diferimiento es que cuando la incertidumbre aumenta, la inversión reacciona más lentamente, ya que los empresarios siguen la regla del "wait and see".

Obtención de las tasas ajustadas al riesgo

Si hubiésemos aplicado la tasa de descuento correcta, ajustada al riesgo, a los flujos de caja esperados del proyecto con la opción de diferimiento, el abordaje por DTA nos hubiera proporcionado la misma respuesta. La tasa de descuento ajustada al riesgo es calculada como sigue:

$$323{,}87 = \frac{0{,}50 \; x \; 1000 + 0{,}50 \; x \; 0}{(1 + ke)}$$

Siendo ke = 54,38 %

La tasa del 54,3 % que a priori parece muy alta, tiene que ver con la alta incertidumbre del flujo de fondos (recuerde que podía aumentar un 50 % o disminuir en un 50 %). Otro punto importante es que la tasa de descuento ajustada al riesgo variará dependiendo del lugar del árbol en que nos encontremos, como lo veremos en los ejemplos que aparecen más adelante.

Negación de la negociación del activo (*Market Asset Disclaimer*)

La utilización de un activo gemelo para la obtención del valor del valor del proyecto con flexibilidad suena muy atractivo, pero nos invade inmediatamente la frustración cuando vemos que es casi imposible encontrar activos subyacente sujetos a riesgo con precios públicamente divulgados. Las primeras aplicaciones de opciones reales utilizaban los precios de *commodities* mundiales, suponiendo que la volatilidad del proyecto sin flexibilidad era igual a la volatilidad del *commodity* en cuestión. Así, por ejemplo, la volatilidad del precio del oro era considerada igual a la volatilidad en el valor de la mina de oro, cuya abertura podía ser diferida. Infelizmente, la volatilidad de la mina de oro no es igual a la volatilidad del oro. Aún más, puede ser mucho más difícil encontrar activos gemelos en otras actividades. Pero estas dificultades pueden ser evitadas si asumimos la hipótesis del *market asset disclaimer*.

Debido a la tarea casi imposible de encontrar un activo gemelo abandonamos nuestra búsqueda y asumiremos que el valor del activo subyacente es igual al valor presente de su flujo de fondos descontado sin flexibilidad, **asumiendo que éste sería el valor de mercado del activo en el caso de transarse en los mercados de capitales**. Este “proxy” parece razonable si pensamos que no debe existir algo más correlacionado con el activo que el activo mismo. En ese caso, los flujos de nuestro portafolio replicado serían:

En la situación ascendente: $\Delta\, 3000 + B(1{,}05) = 1000$
En la situación descendente: $\Delta\, 1000 + B(1{,}05) = 0$

Resolviendo las dos ecuaciones con dos incógnitas, verificamos que $\Delta = 0{,}50$ *y* $B = 476{,}2$
Reemplazando Δ y multiplicarlo por el valor del activo subyacente que es de 1600 (recuerde que era el valor presente descontado los flujos futuros con *ke*)

$0{,}50 \times 1600 – 476{,}2 = 323.8$

El valor de la opción es igual a 304,76 + 323,8 = 628,57 que es exactamente el mismo valor obtenido a partir del portafolio espejo. A continuación mostraremos que la opción puede valuarse a partir de los flujos diferenciales que genera con respecto al proyecto sin flexibilidad y luego veremos el método de valuación suponiendo neutralidad ante el riesgo. Una vez que la metodología haya sido evidenciada, utilizaremos prácticamente en todos los ejemplos que seguirán la hipótesis de la negación del activo negociado.

Método de valuación directa de la opción a partir de los flujos diferenciales

Podemos calcular directamente el valor de la opción de compra (recuerde que la opción de diferir es efectivamente una opción de compra) a partir de los flujos diferenciales que genera en relación al proyecto sin flexibilidad. El razonamiento sería el siguiente: para los resultados positivos consideramos un flujo incremental de 0 (cero) puesto que en ese caso la flexibilidad no agrega valor, y para los resultados negativos consideramos la diferencia como un retorno, puesto que la opción de esperar nos da la posibilidad de evitar un resultado negativo. En nuestro ejemplo,

	Retorno con flexibilidad	Retorno sin flexibilidad	Retornos diferenciales de la opción
Situación ascendente	1000	1000	0
Situación descendente	0	-1000	1000

Contrastando los retornos producidos por la opción y el proyecto sin flexibilidad, **se aprecia que la opción de diferir permite al tomador de la decisión evitar los resultados negativos en una situación descendente.** Volviendo a aplicar la técnica del portafolio espejo tenemos que:

En la situación ascendente: $\Delta\, 3000 + B\,(1{,}05) = 0$
En la situación descendente: $\Delta\, 1000 + B\,(1{,}05) = 1.000$

$$\begin{array}{l} \Delta\, 3000 + B\,(1{,}05) = 0 \\ \underline{-\ \Delta\, 1000 + B\,(1{,}05) = 1.000} \\ \Delta\, 2000 \ +\ 0 \ = \ -1.000 \end{array}$$

Despejando resultan $\Delta = -0{,}50$ *y* $B = 1.428{,}57$
Finalmente, multiplicando Δ por el valor del activo subyacente y sumando el valor de B obtenemos el valor de la opción:

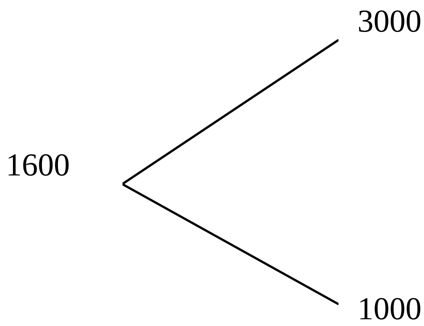
- $0{,}50 \times 1600 + 1.428{,}57 = 628.57$

1.3.2 Método de valuación suponiendo neutralidad ante el riesgo

Este método consiste en formar un portafolio consistente en una acción del activo gemelo y la venta de una cantidad Δ de opciones de compra[2]. Este portafolio se lo considera libre de riesgo pues, ya sea tanto si el precio de la acción suba como si baja, el flujo de fondos será exactamente el mismo al final del período. Por ejemplo, si el precio de la acción aumenta, la ganancia en la acción se compensa con la pérdida en la posición vendida en la opción cuando ésta es ejercida. Si el coeficiente de *hedge* es exacto, la pérdida en el activo subyacente será anulada por la ganancia en la posición vendida en la opción de compra, y el resultado será entonces libre de riesgo Si el precio de la acción baja, entonces la opción no es ejercitada y compensa nuestra pérdida en la acción.

[2] También puede formarse un portafolio libre de riesgo con la venta de 1 opción de compra y Δ acciones del activo gemelo.

En los ejemplos asumiremos la hipótesis de negación del activo negociado, y por lo tanto usaremos los flujos de fondos y el valor presente del proyecto en nuestros cálculos. En ese caso, el cálculo de Δ sería:



$3000 - \Delta\, 1000 = 1000 - 0$

Observe que la opción genera un retorno de 1000 si el flujo de fondos asciende a 3000, pero su valor es cero cuando el mismo desciende a 1000. Despejando, el coeficiente de *hedge* es:

$\Delta = 2$

Por lo tanto deberíamos emitir 2 opciones de compra por cada acción y el flujo del portafolio sería igual a $ 1.000 tanto si la acción sube como si baja. En estas condiciones, su valor presente es igual a:

$$\frac{1000}{1{,}05} = 952{,}38$$

Obtenemos el valor de la opción de compra despejando *Co*, igualando la composición de nuestro portafolio en el momento cero con su valor presente obtenido en el paso anterior:

$S - \Delta\, Co = \text{valor presente del portafolio}$

$1600 - 2 \times Co = 952.38$

$Co = 323{,}80$

Un atajo: cálculo del valor de la opción a partir de las probabilidades neutras ponderadas

Por supuesto, un cálculo mucho más rápido y directo es calcular el valor de la opción como el valor presente del producto de las probabilidades neutras en relación al riesgo por los flujos de fondos esperados:

Siendo p y 1- p:

$$p = \frac{(1+rf)-D}{U-D} = \frac{1{,}05-0{,}625}{1{,}875-0{,}625} = 0{,}34 \qquad \text{y} \qquad 1\text{-}\ p = 0{,}66$$

$$c = \frac{cu.p + cd.(1-p)}{(1+rf)} = \frac{1000\ x\ 0{,}34 + 0\ x\ 0{,}66}{1{,}05} = 323{,}8$$

Nuevamente el resultado es igual al obtenido con el portafolio espejo. El valor de la opción es igual a 304,76 + 323,8 = 628,57

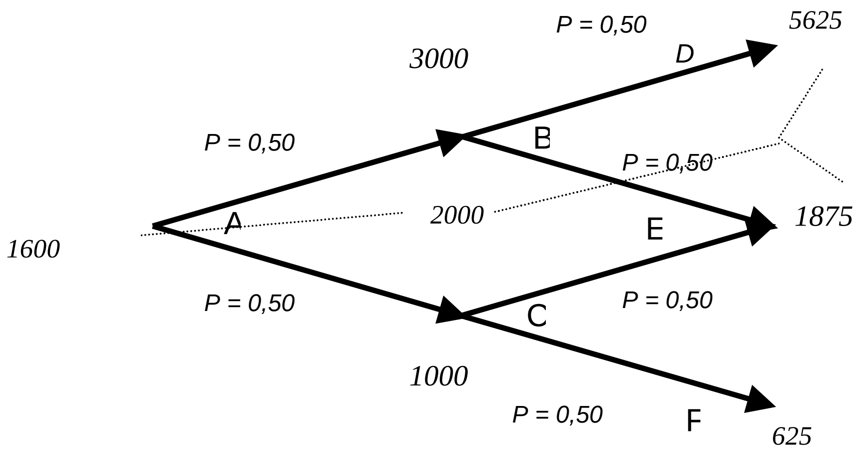
Observe que cuando el valor presente del proyecto es negativo o cero, el valor que obtenemos mediante el método de la neutralidad ante el riesgo, es igual al valor presente del proyecto con flexibilidad, y no el valor de la opción por separado.

Las probabilidades neutras en relación al riesgo (o probabilidades de hedge) NO son las probabilidades objetivas en que pensamos generalmente cuando estimamos la probabilidad de ocurrencia de un evento. Son simplemente una convención matemática destinada a ajustar los flujos de caja, de moda que puedan ser descontados con una tasa libre de riesgo.
Observe también que las probabilidades de retornos favorables son inferiores a las probabilidades objetivas (34 % vs. 50 %) y que las probabilidades de retornos desfavorables son superiores (66 % vs. 50 %). De esa forma, los retornos con certeza equivalente son inferiores a los retornos objetivos, pero al ser descontados a una tasa menor como es la tasa libre de riesgo, el valor presente del proyecto es el mismo que en el abordaje del portafolio replicado.

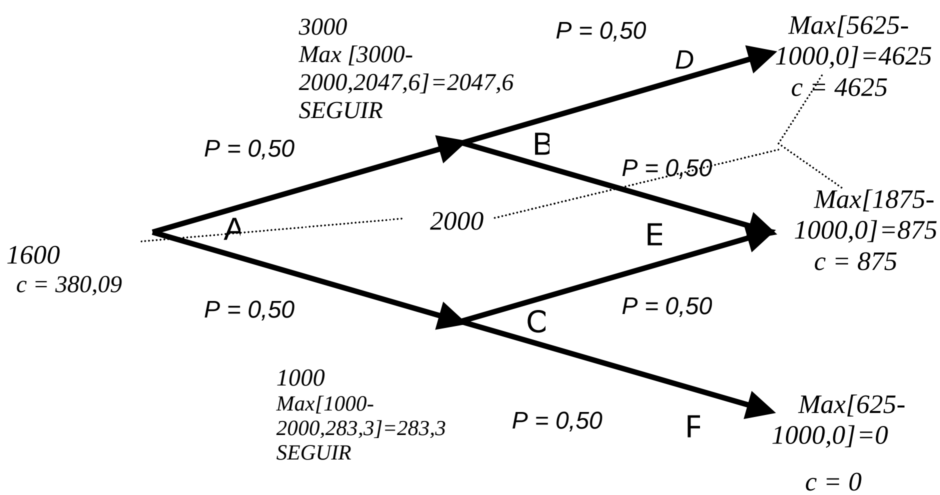
1. Las probabilidades neutras en relación al riesgo NO son probabilidades objetivas
2. Los retornos con certeza equivalente son inferiores a los retornos objetivos, pero al ser descontados a una tasa menor como es la tasa libre de riesgo, el valor presente del proyecto es el mismo que en el abordaje del portafolio replicado.

1.4 Comparación: portafolio replicado y neutralidad ante el riesgo

A lo largo de la sección anterior, algunas diferencias entre ambos métodos fueron evidentes: el método del portafolio replicado descuenta flujos de fondos riesgosos con tasas ajustadas por el riesgo, mientras que la neutralidad ante el riesgo descuenta flujos seguros con una tasa libre de riesgo. Para poder apreciar mejor otras diferencias, trabajaremos con un ejemplo que tenga más períodos. Suponga que nuestro proyecto nos ofrece la opción de "amarrar" los flujos de caja para siempre invirtiendo $ 1000 adicionales, con lo cual tenemos una opción de compra americana a lo largo de dos períodos cuyo precio de ejercicio es de $ 1000, siendo ahora los valores que figuran en los nodos, iguales a los valores presentes que genera esa inversión adicional. Así por ejemplo, en el nodo D 5625 representa el valor presente de los flujos que seguirán a nuestra inversión de $ 1000, y lo mismo en el nodo E y F. Calculamos entonces el valor de una opción de diferir con más de un período. Las probabilidades objetivas de suba y baja son de 50 / 50:



Seguidamente, transformamos nuestro árbol de eventos en un árbol de decisión:



Cálculo del valor de la opción asumiendo neutralidad ante el riesgo:

Nodo B:

$$P = \frac{p \ x \, cu + (1-p) \ x \ cd}{(1+rf)} = \frac{0{,}34 \ x \ 4625 + 0{,}66 \ x \ 875}{1{,}05} = 2047{,}6$$

Nodo C:

$$P = \frac{p \ x \, cu + (1-p) \ x \ cd}{(1+rf)} = \frac{0{,}34 \ x \ 875 + 0{,}66 \ x \ 0}{1{,}05} = 283{,}3$$

En el nodo C el valor de la opción de diferir es cero, puesto que es cero en los nodos E y F, al no convenir realizar la inversión cuando los retornos son menores al monto que implica el desembolso inicial de $ 2000. Finalmente, calculamos el valor de la opción de expansión en el nodo A:

Nodo A:

$$P = \frac{p \ x \, cu + (1-p) \ x \ cd}{(1+rf)} = \frac{0{,}34 \ x \ 2047{,}6 + 0{,}66 \ x \ 283{,}3}{1{,}05} = 841{,}13$$

Como el VAN del proyecto era negativo (-304,76), el valor de la opción de diferimiento resulta ser:

C = 841,13 - (-304,76) = 1145,89

Control mediante el método del portafolio replicado:

Comenzamos nuestro análisis con el valor de la opción en el nodo B:

Nodo B:

En la situación ascendente: $\Delta\, 5625 + B\,(1{,}05) = 4625$
En la situación descendente: $\Delta\, 1875 + B\,(1{,}05) = 875$

$$\begin{array}{r} \Delta\, 5625 + B\,(1{,}05) = 4625 \\ \underline{-\ \Delta\, 1875 + B\,(1{,}05) = 875} \\ \Delta\, 3750 + 0 = 3750 \end{array}$$

Despejando resultan $\Delta = 1$ y $B = -952{,}38$

Multiplicando por el valor presente del proyecto en B y sumando el valor de los bonos obtenemos el valor del proyecto en el nodo B:

Valor del Nodo B: $1 \times 3000 - 952{,}38 = 2047{,}62$

Nodo C:

En la situación ascendente: $\Delta\, 1875 + B\,(1{,}05) = 875$
En la situación descendente: $\Delta\, 625 + B\,(1{,}05) = 0$

$$\begin{array}{l} \ \ \Delta\, 1875 + B\,(1{,}05) = 875 \\ \underline{-\ \Delta\, 625 \quad + B\,(1{,}05) = 0} \\ \ \Delta\, 1250 \quad + \quad 0 \qquad = 875 \end{array}$$

Despejando resultan $\Delta = 0{,}70$ y $B = -416{,}66$

Multiplicando Δ por el valor presente del proyecto en C y sumando el valor de los bonos B obtenemos el valor del proyecto en el nodo C:

Valor del Nodo C: $0{,}70 \times 1000 - 416{,}66 = 283{,}33$

Nodo A:

$$\begin{array}{l} \ \ \Delta\, 3000 + B\,(1{,}05) = 2047{,}62 \\ \underline{-\ \Delta\, 1000 \ + B\,(1{,}05) = \ 283{,}33} \\ \ \Delta\, 2000 \quad + \quad 0 \qquad = \ 1764{,}29 \end{array}$$

Despejando resultan $\Delta = 0{,}8821$ y $B = -570{,}3$

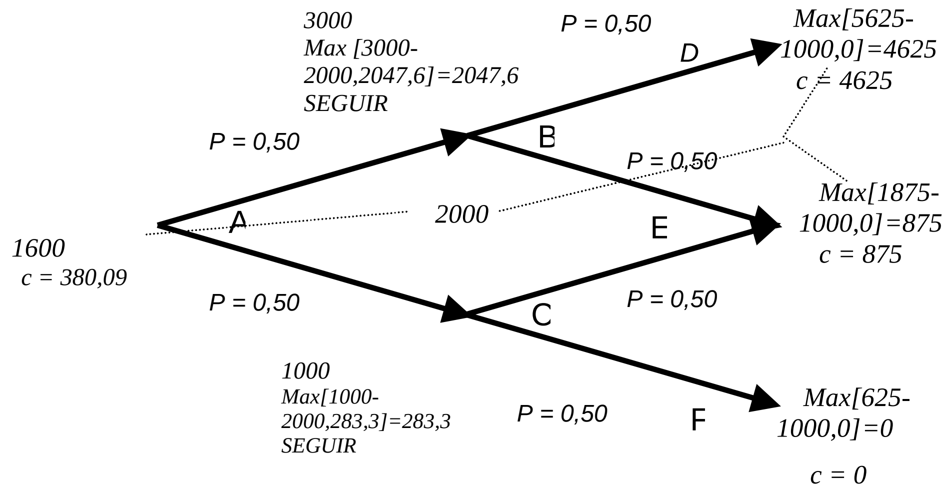
Finalmente, multiplicando Δ por el valor del proyecto en A y sumando el valor de B obtenemos el valor del proyecto con flexibilidad:

$0{,}882 \times 1600 - 570{,}3 = 841{,}1$

Valor de la opción de expansión : valor presente del proyecto con flexibilidad – valor presente del proyecto sin flexibilidad:

$C = 841{,}1 - (-304{,}76) = 1145{,}8$

1.4.1 Tasas ajustadas al riesgo



En el nodo B:

$$2047,6 = \frac{0,50\ x\ 4625 + 0,50\ x\ 875}{(1+TAR)}$$

Donde TAR = 34,3 %

En el nodo C:

$$283,33 = \frac{0,50\ x\ 875 + 0,50\ x\ 0}{(1+TAR)}$$

Donde TAR = 54,41 %

Y finalmente, en el nodo A:

$$1145,8 = \frac{0,50\ x\ 2047,6 + 0,50\ x\ 875}{(1+TAR)}$$

Donde TAR = 27,54 %

Las tasas ajustadas al riesgo pueden obtenerse como un subproducto de nuestro análisis. La tasa de retorno ajustada al riesgo varía dependiendo de nuestra localización en el árbol de decisión, porque el riesgo de los resultados también varía. Recuerde que esta es la razón principal por la cual el análisis del árbol de decisión no funciona, ya que la técnica DTA presupone equivocadamente una tasa de descuento constante.

1.4.2 Probabilidades objetivas y probabilidades hedge

Usted también debería haber observado que las probabilidades objetivas (50 / 50) son diferentes a nuestras “probabilidades de hedge”. Mientras las primeras varían a lo largo del árbol de decisión, las probabilidades de hedge se mantienen constante, siendo más amigables para el trabajo en planilla de cálculo.

Podemos ahora establecer las siguientes diferencias entre los dos métodos:

1. En el método del portafolio replicado, la tasa de descuento ajustada al riesgo varía de nodo a nodo, reflejando las alteraciones en el riesgo de los retornos.
2. La ventaja del abordaje de la probabilidad neutra en relación al riesgo es que las probabilidades permanecen constantes de nodo a nodo, facilitando su implementación en las computadoras personales
3. Las probabilidades neutras en relación al riesgo no dependen de la situación en el árbol, sino que son apenas una función de la tasa libre de riesgo y de los movimientos ascendentes y descendentes, u y d, variables todas que permanecen fijas.
4. En cambio, las probabilidades objetivas varían de nodo a nodo, al aparecer la probabilidad compuesta cuando progresamos de un nodo a otro.

1. *Las probabilidades objetivas varían de nodo a nodo, mientras que en el abordaje de la probabilidad neutra en relación al riesgo las probabilidades permanecen constantes*
2. *La tasa de descuento ajustada al riesgo varía de nodo a nodo, reflejando las alteraciones en el riesgo de los retornos.*