Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Valoración de opciones financieras. Backtesting de estrategias de inversión en opciones.

Autor: Christian Castillejo Arcos
Tutor: José Miguel León Blanco

Dep. Organización Industrial y Gestión de Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2016

Trabajo Fin de Grado
Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

Valoración de opciones financieras. Backtesting de estrategias de inversión en opciones.

Autor:
Christian Castillejo Arcos

Tutor:
José Miguel León Blanco
Profesor colaborador

Dep. Organización Industrial y Gestión de Empresas I
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2016

Trabajo Fin de Grado: Valoración de opciones financieras. Backtesting de estrategias de inversión en opciones.

Autor: Christian Castillejo Arcos

Tutor: José Miguel León Blanco

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2016

El Secretario del Tribunal

A mis padres y a mi hermana.

A mi tutor.

Resumen

Este trabajo tiene como objetivos realizar una introducción teórica de las opciones financieras, sus métodos de valoración y las posibles estrategias a seguir, para posteriormente realizar un *backtest* mediante un algoritmo en VBA en el que se implementen dichas estrategias y así para poder analizar la relación que tiene la volatilidad de los subyacentes con los beneficios obtenidos a través de dichas estrategias.

Abstract

The paper’s objective is to introduce financial options, their assessment methods and possible strategies, to later do backtest with a VBA algorithm where the strategies are implemented and write we can analyse the relation between the volatility of the underlying assets and the profit made with those strategies.

Índice

ÍNDICE DE FIGURAS

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivos realizar una introducción teórica de las opciones financieras, sus métodos de valoración y las posibles estrategias a seguir, para posteriormente realizar un *backtest* mediante un algoritmo en VBA en el que se implementen dichas estrategias y así para poder analizar la relación que tiene la volatilidad de los subyacentes con los beneficios obtenidos a través de dichas estrategias.

Como consecuencia de la evolución de los mercados financieros a lo largo de los últimos años, cada vez es más importante el papel que desempeñan en ellos los productos derivados, es decir instrumentos financieros que dependen de un activo subyacente, ya sean acciones, índices, materias primas, etc.

En la actualidad existen numerosos productos financieros, entre los que se encuentran los futuros, que son contratos que obligan al comprador y al vendedor a realizar una transacción determinada en una fecha determinada a un precio también previamente determinado, y las opciones, que difieren con los futuros en que solo el vendedor está obligado por contrato a vender su posición si el comprador, que es libre de ejercer su derecho, decide hacerlo. A cambio el comprador le paga una prima al vendedor.

La prima pagada por el comprador es, como se verá a lo largo de este trabajo una cantidad compleja de determinar pues depende de varios factores. El cálculo de esta prima y la exposición de los modelos para calcularla, será también objeto del trabajo.

En la primera parte, que abarca los capítulos 2, 3, 4, y 5, se va a hacer una introducción teórica de las opciones financieras en la que se van a detallar sus características, sus usos, sus orígenes y la diferentes formas de valorarlas. En el capítulo 2 se definen y clasifican las opciones financieras, detallando sus características, y la relación existente con el activo subyacente. En el capítulo 3 se expone el modelo binomial que trata de determinar el valor de una prima en tiempo discreto. En el capítulo 4 se expone el modelo Black-Scholes, que cambió la historia de las opciones y en parte de los mercados financieros en general, obteniendo una fórmula que determina el valor de la prima de manera mucho más exacta que el modelo binomial. A lo largo del capítulo 4 se hace un repaso por la historia de sus descubridores, y de otros investigadores que les precedieron y de los que tomaron los resultados de sus trabajos para ayudar a elaborar el modelo. Se expondrá la manera de calcular el valor de una opción mediante este método y realizara un caso práctico del uso de la formula. En el capítulo 6 se exponen las estrategias que se pueden seguir usando opciones, junto con los beneficios o pérdidas que se pueden obtener y las situaciones de mercado en las que se pueden usar.

En los capítulos 6, 7, 8, 9 y 10 se realizará un backtest de estrategias de inversión en opciones mediante un algoritmo en VBA que permita analizar la relación entre la volatilidad implícita calculada a partir de la volatilidad histórica de los subyacentes a partir de distintos periodos con los beneficios obtenidos por las estrategias.

Por ultimo en el capítulo 11 se expondrán las conclusiones que se extraen de este trabajo.

2 OPCIONES FINANCIERAS

A lo largo de este capítulo se va a llevar a cabo una introducción sobre las opciones financieras, las razones por las que surgieron, las posibilidades que aportan a los inversores, las diferentes clasificaciones que se pueden hacer con ellas y las relaciones existentes entre éstas y factores como el tiempo o el valor del mercado del activo subyacente.

2.1 Introducción histórica

Las opciones financieras han sido usadas a lo largo de la historia principalmente para la tarea de cubrir los riesgos derivados de la operativa con otros productos financieros debidos a la fluctuación que los precios de éstos podían sufrir. Con el tiempo, debido a que la volatilidad en los mercados ha ido en aumento en las últimas décadas, las opciones financieras han adquirido más relevancia, aumentándose el volumen de las negociaciones.

Aunque las primeras negociaciones con opciones datan del s. XVIII tanto en Europa como en EE.UU., no fue hasta 1973 cuando se estableció el primer mercado organizado de opciones, el CBOE (Chicago Board Options Exchange), que actualmente sigue a la vanguardia tanto en innovación como en importancia a nivel mundial.

En España el mercado oficial de opciones es el MEEF (Mercado Oficial de Futuros y Opciones Financieros) que está supervisado por la CNMV (Comisión Nacional del Mercado de Valores) y el Ministerio de Economía.

2.2 Definición de una opción financiera

Una opción financiera es un contrato por el cual se le otorga a su poseedor el derecho a comprar o vender un producto subyacente a un determinado precio en un determinado plazo de tiempo a cambio de una prima fijada entre las dos partes.

Las opciones pueden ser tanto de compra como de venta, las primeras son llamadas *calls* y las segundas *puts*.

La opción *call* permite a su poseedor comprar un activo subyacente con las características de precio y fecha de vencimiento previamente pactadas, y a su vendedor le obliga de vender dicho activo subyacente si el comprador decidiera ejercer su derecho de compra.

Por su parte la adquisición de una opción *put* le da la posibilidad a su poseedor de vender un activo subyacente en las condiciones acordadas previamente, mientras que el vendedor de la opción adquiere la obligación de comprar el activo subyacente si el poseedor de la opción decide ejercer su derecho de venta.

Tanto las opciones *calls* como las *puts* pueden ser vendidas y compradas libremente, lo que permite la formación de un mercado de libre comercio en el que el activo a comerciar son las propias opciones financieras, estableciéndose un mercado de productos derivados, como el que también podemos encontrar de futuros, warrants, etc.

Existen dos modalidades principales de opciones financieras; las americanas y las europeas. Las opciones europeas solo permiten ejercer el derecho de compra o venta en la fecha de vencimiento, mientras que las americanas permiten hacerlo en cualquier momento de su vida hasta llegada dicha fecha de vencimiento. Tanto las americanas como las europeas pueden ser comercializadas en cualquier parte del mundo, sin restricciones geográficas, como pudiera hacer pensar su nombre.

En la práctica no hay mucha diferencia a la hora de tratar ambos tipos, por lo que en lo que sigue las modelaremos ambas como europeas, salvo que se indique lo contrario, por su simplicidad a la hora de la exposición.

2.3 Tipos

2.3.1 Opciones de compra o calls

Adquiriendo una opción de compra, como hemos enunciado antes, el comprador adquiere el derecho de comprar un activo subyacente, que puede ser una acción, un índice, una divisa, etc., a un precio determinado, llamado precio de ejercicio o strike, en una determinada fecha, denominada fecha de expiración, a cambio de pagar un precio que se conoce como prima.

Por su parte el vendedor se compromete por contrato, a cambio de cobrar la prima, a vender dicho activo subyacente al precio acordado y en la fecha de vencimiento, si el comprador de la opción decide ejercer su derecho.

Los beneficios o pérdidas se representan en la Figura 2-1 por medio del eje vertical, mientras que el eje horizontal muestra el valor que podría tomar el subyacente en el momento de la ejecución. A indica el precio de ejercicio. En este caso se muestran las gráficas de una opción americana, que puede ejecutarse antes del plazo de expiración, incluyéndose cómo se comportan los beneficios/perdidas en el caso de ejercerla a 60 o 90 días de la fecha de expiración si esta fuese americana).

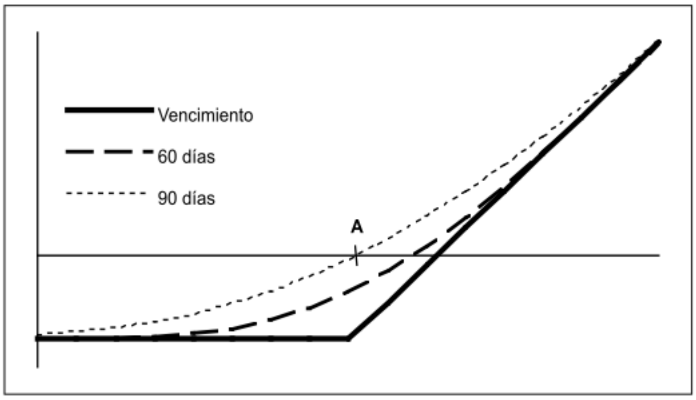

Figura 2-1. Compra de *call* [1].

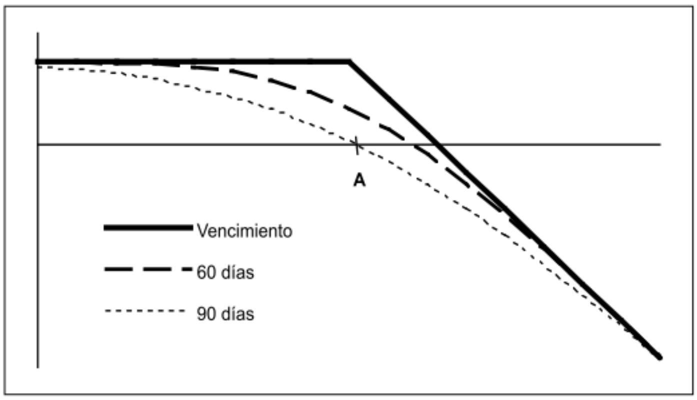

Figura 2-2. Venta de *call* [1].

Como se aprecia, el comprador obtendrá beneficios si el precio del subyacente se sitúa por encima de la suma formada por el precio de ejercicio más la prima pagada, y éstos serán mayores cuanto mayor sea el aumento del precio del subyacente. Por otra parte incurrirá en pérdidas si el precio del subyacente es menor que la suma de del precio de ejercicio más la prima, dicha perdida será como máximo el precio pagado por la prima.

Por otra parte el vendedor obtendrá beneficios cuando el comprador obtenga perdidas, y perdidas cuando éste obtenga beneficios.

Si el precio del subyacente es igual a la suma precio de ejercicio más prima, ninguno obtendrá perdidas ni ganancias.

Una vez establecidos los rangos de pérdidas y ganancias y, puesto que las opciones le dan al comprador la posibilidad o no de ejercer el derecho a comprar, veremos cuando a éste le interesa llevarlo a cabo:

Será beneficioso para esta parte ejecutar la compra una vez el precio del subyacente, en la fecha de expiración, hubiere superado el precio de ejercicio pactado, aunque como veremos, eso no significa que vaya a obtener beneficios netos. Como se aprecia en la figura 1a hay un tramo en el que, a pesar de haberlo superado, aún el comprador está incurriendo en pérdidas. A pesar de ello, éstas serán menores que si no ejerciera el derecho a compra, pues por así decirlo, se estaría recuperando una parte de la prima pagada.

Los beneficios obtenidos por esta parte se obtienen al comprar las acciones a las que tiene derecho a un precio menor que el que marca el mercado a fecha de expiración, por lo que una vez realizada la compra puede vender en el mercado las acciones obteniendo el beneficio pertinente de la transacción.

2.3.2 Opciones de venta o *puts*

Una opción de venta o *put* es un contrato por el cual el comprador adquiere la posibilidad de vender un activo subyacente a un precio determinado en una fecha determinada a cambio de pagar una prima acordada.

La parte emisora incurre en la obligación de comprar dicho activo al precio y en la fecha pactada a cambio del cobro de la prima.

Siguiendo con el ejemplo anterior, se establecen gráficamente las pérdidas y ganancias obtenidas por ambas partes si se negocia una opción *put*.

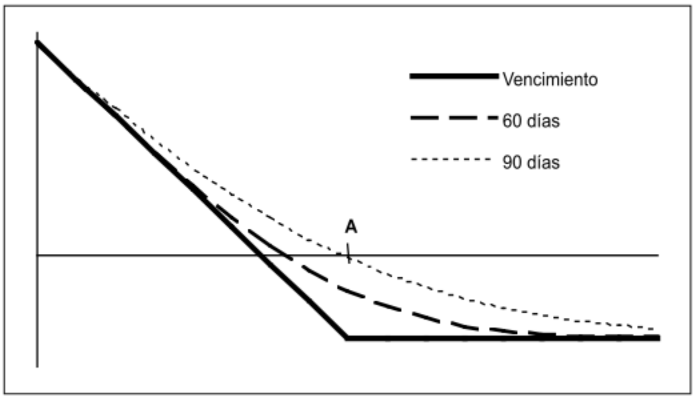

Figura 2-3. Compra de *put* [1].

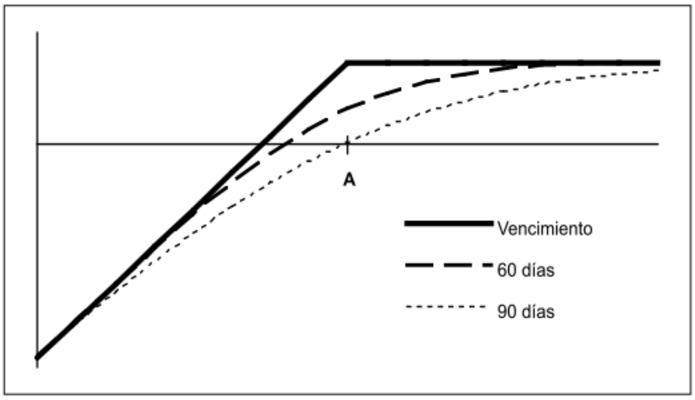

Figura 2-4. Venta de *put* [1].

Como se aprecia en las Figuras 2-3 y 2-4, la parte compradora debería ejercer el derecho a venta si el precio de mercado del subyacente es menor que el precio de ejercicio. Pero no empezará a obtener beneficio hasta que el precio del subyacente sumado a la prima sea menor que el precio de ejercicio.

Mientras tanto la parte emisora, al igual que ocurría con las opciones *calls*, obtendrá beneficios netos cuando el comprador obtenga pérdidas netas.

Así mismo habrá un punto en el que ninguna de las dos partes obtenga beneficios ni perdidas, éste será en el que el precio de mercado del subyacente menos la prima sea igual al precio de ejercicio. Este concepto de que el precio de ejercicio de una opción está por encima, por debajo o igualado al precio de mercado nos lleva a una nueva forma de clasificación que detallaremos seguidamente.

2.4 Relación del precio de ejercicio con el precio de mercado del subyacente

Una vez tipificadas las opciones en *calls* y *puts* se establece una nueva clasificación de éstas atendiendo a la relación que guarda el precio de ejercicio con el precio de mercado.

Enfocándonos en primer lugar en las opciones de compra o *Calls* estableceremos lo siguiente:

- Se llamará opciones *call In the money* a aquellas que cumplen que el precio de mercado es mayor que el precio de ejercicio. Si llegada la fecha de vencimiento se da este caso, a la parte poseedora de la opción le interesara ejercer la compra del activo subyacente al precio pactado K para posteriormente venderlo al precio de mercado S, obteniendo con ello unos beneficios netos iguales a $S - K - prima$.
- Si el precio de ejercicio es igual al precio de mercado se dice que la opción *call* está *At the money*. Si llegada la fecha de vencimiento se da esta situación al poseedor de la opción le resultará indiferente ejercer la compra o no, ya que de ambas formas obtendrá unas pérdidas netas iguales a la prima pagada.
- Si el precio de mercado es inferior al precio de ejercicio se dice que la opción *call* está *Out the money*. Si llegada la fecha de vencimiento se da este escenario el poseedor de la opción no ejercerá su derecho, percibiendo unas pérdidas iguales a la prima. En el caso de que ejerciere el derecho a compra estaría adquiriendo un activo subyacente a un precio mayor del que podría hacerlo en el mercado, por lo que obtendría aún mayores pérdidas.

Con las opciones de venta o *puts* se podría hacer otra clasificación similar:

- Si el precio de mercado es inferior al precio de ejercicio, la opción *put* estará *In the money*. Si llegada la fecha de vencimiento se da esta situación, desde el punto de vista del poseedor de la opción de venta, la estrategia para obtener beneficio sería ejercer el derecho a venta al precio K para posteriormente comprar dicho activo subyacente en el mercado al precio S, resultando un beneficio neto de $S - k - prima$. A esta forma de venta-compra se le conoce como operar en corto.
- Una opción *put* está *At the money* cuando el precio de mercado es igual al de ejercicio, por lo que si llegada la fecha de vencimiento se diera esta situación al poseedor de la opción le seria indistinto ejercerla o no. En ambos casos obtendría unas pérdidas iguales a la prima.
- Por ultimo una opción *put* está *Out the money* cuando el precio de mercado es superior al precio de ejercicio. Llegada la fecha de vencimiento, el poseedor de la opción obtendría las pérdidas producidas por el pago de la prima. Al igual que en el caso de las opciones *call Out the money* no le interesaría ejercer su derecho, en este caso de venta, pues las perdidas serían mayores.

La parte emisora de la opción obtendrá beneficios cuando la parte compradora de ésta obtenga pérdidas y viceversa.

Como puede verse, la situación deseada por los poseedores de las opciones es que ésta esté *In the money*, ya que es cuando obtendrían beneficios. Por el contrario, si la opción esta *At the money* u *Out the money*, obtendría perdidas, aunque estas nunca irían más allá de la prima. Esta clasificación nos hace introducir dos nuevos conceptos, con los que podemos discernir las partes en las que se divide el valor de una opción.

2.5 Valor intrínseco y valor extrínseco de la prima

El valor de una prima está formado por dos componentes: el valor intrínseco y el extrínseco.

El valor intrínseco es el valor que tendría la opción si fuere ejercida inmediatamente, es decir, es la diferencia entre el precio de ejercicio y el precio de mercado. Dicho de otra forma es el valor que tendría la opción por sí misma. Este valor es siempre igual o mayor que 0.

El valor extrínseco es la diferencia entre el precio de la prima y el valor intrínseco. Es subjetivo y es directamente proporcional a tres parámetros: la volatilidad, el tiempo hasta ejecución y el tipo de interés a corto plazo.

El valor intrínseco de las opciones *At the money* y *Out the money*, tanto las de tipo *call* como *put*, es cero, por lo que el precio de la prima solo está formado por su valor extrínseco. En las opciones *In the money* el precio de su prima está compuesto tanto por su valor intrínseco como extrínseco.

El valor que adquieren las primas de una opción, tanto cuando está *In the money*, *At the money* y *Out the money*, acompañadas de su valor intrínseco y extrínseco, veremos como el valor extrínseco aumenta progresivamente desde las posiciones más *Out the money* hasta alcanzar el máximo en la opción *At the money* para posteriormente disminuir de forma progresiva hasta las más *In the money*.

La Figura 2-5 representa el valor de la prima frente al precio del subyacente en el momento de la ejecución, desglosado en su parte intrínseca y extrínseca. Se puede apreciar como cuando el precio de ejercicio se encuentra en la parte izquierda, es decir *Out the money*, el valor intrínseco aumenta a medida que el precio del subyacente se aleja del precio de ejercicio A. Cuando el precio del subyacente es igual o superior que el de ejercicio, el valor de intrínseco cae hasta cero, tomando la prima únicamente su valor extrínseco, como se puede ver en la gráfica al solaparse las líneas VE y Valor prima.

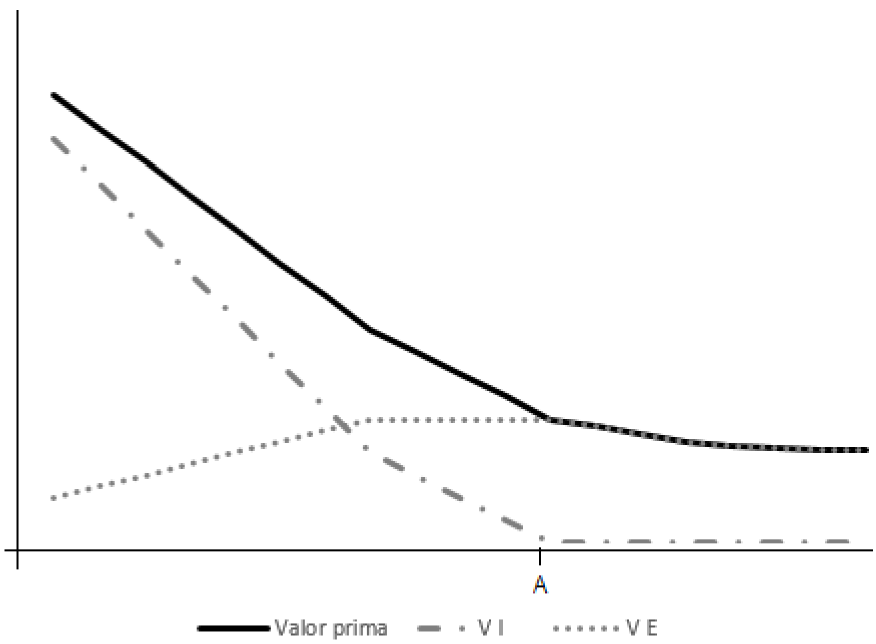

Figura 2-5. Valor prima desglosado – Precio del subyacente. Elaboración propia.

Otra comparación que se puede hacer es la que relaciona cómo afecta la distancia al tiempo de vencimiento al valor intrínseco y al extrínseco.

En el eje vertical se representa el valor de la prima y en el horizontal el tiempo hasta la fecha de expiración.

Como se puede apreciar en la siguiente gráfica, al valor intrínseco, por su naturaleza, no le afecta, manteniéndose constante, mientras que el valor extrínseco aumenta al aumentar la distancia a la fecha de ejecución.

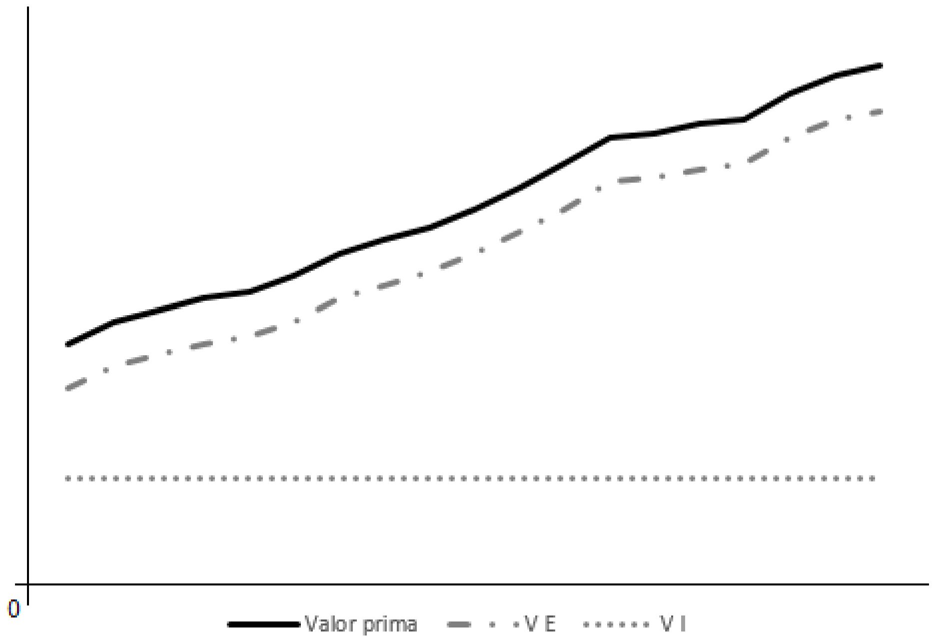

Figura 2-6. Valor prima desglosado – Tiempo hasta fecha de expiración. Elaboración propia.

Como conclusión al tema, y una vez expuestas las características principales de las opciones financieras surge la cuestión de establecer el precio correcto de una prima, que haga que comprador y vendedor se pongan de acuerdo para llevar a cabo la transacción. Sobre este tema se ha teorizado mucho a lo largo de la historia reciente.

Para obtener una respuesta es necesario tener en cuenta varios factores, y en base a éstos, distintos investigadores han llevado a cabo trabajos que han dado como resultado algunos métodos de valoración de opciones. En los siguientes capítulos se expondrán dichos métodos y una aplicación práctica de ellos.

3 MÉTODO BINOMIAL

Una de las técnicas más sencillas para valorar opciones financieras es el desarrollo de un árbol binomial consistente en un diagrama en el que el precio del activo subyacente solo podrá tomar dos valores por cada paso. Cox, Ross y Rubinstein en su trabajo "Options pricing: a simplified approach" [2] desarrollaron este método de valoración que tiene la ventaja de que además de ser muy intuitivo utiliza una matemática muy sencilla.

A lo largo del capítulo se mostrara el modelo y se realizarán una aplicación práctica para poner de manifiesto su funcionamiento.

El desarrollo de este capítulo ha estado fundamentado principalmente en el libro "Introducción a los mercados de futuros y operaciones" [2] y en los artículos [6] y [11].

3.1 Árbol binomial de un paso

Se considera un activo subyacente, una acción en este caso, cuyo precio inicial es S_0 y una opción sobre dicha acción cuyo precio actual es f.

Durante el tiempo de vida T de la opción puede subir su precio a S_0u, o bajar a S_0d, estando $d < 1 < u$.

En el primer caso el beneficio obtenido es f_u y en el segundo f_d.

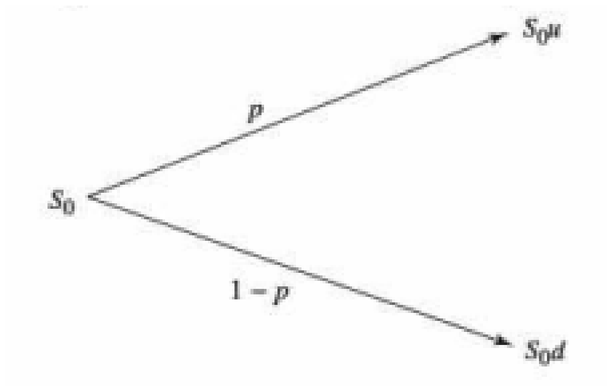

Figura 3-1. Precios de la acción y opción en un árbol binomial de un paso. [3]

Si se imagina que se dispone de una cartera formada por una posición larga en Δ acciones y una corta con una opción. Se puede calcular el valor de Δ que hace a la cartera libre de riesgo como sigue:

Si el precio de la acción sube, el valor de la cartera es:

$$S_0 u \Delta - f_u \tag{3.1}$$

Si el precio de la acción baja, el valor de la cartera es:

$$S_o d \Delta - f_d \tag{3.2}$$

Si se igualan ambos:

$$S_0 u\, \varDelta \; - \; f_u \; = \; S_0 d\, \varDelta \; - \; f_d \tag{3.3}$$

Se obtiene:

$$\varDelta = \frac{f_u - f_d}{S_0 u - \; S_0 d} \tag{3.4}$$

Por lo que la cartera quedaría libre de riesgo y se obtendría el beneficio de la tasa libre de riesgo.

Se observa que en Δ es la relación entre lo que varía el precio de la opción y lo que varía el precio de la acción al desplazarse entre los nodos en el tiempo T.

El coste inicial de asumir la cartera fue $S0\varDelta - f$. Si se tiene en cuenta que r es la tasa de interés libre de riesgo, se puede representar el valor presente de la cartera como $(S_0 \mathrm{u}\ \Delta - \mathrm{fu})\mathrm{e}^{-rT}$, por lo que si se iguala

$$S_0\Delta - \mathrm{f} = (S_0 \mathrm{u}\ \Delta - f_u)\mathrm{e}^{-rT} \tag{3.5}$$

y se despeja el coste de la opción queda:

$$f = \; S_0\varDelta(1 - ue^{-rT}) + \; f_u e^{-rT} \tag{3.6}$$

Teniendo en cuenta que: $\Delta = \frac{\mathrm{fu-fd}}{\mathrm{S0u- S0d}}$ se obtiene:

$$f = e^{-rT}(pf_u + (1-p)f_d) \tag{3.7}$$

Donde $p = \frac{e^{-rT}-d}{u-d}$ es la probabilidad de un aumento de precio. Obteniendo así el precio de una opción en el momento de su compra.

Una de las características de la fórmula que desarrollada es que no es sensible a la variación de la probabilidad de aumento o disminución del precio, pues no se está valuando la opción en términos absolutos, sino calculando su valor en términos del precio de la acción subyacente, y las posibilidades de aumentar o disminuir ya están incluidas en el precio, por lo que no hay que volver a tomarlas en cuenta de nuevo.

Si p se define como la probabilidad de un aumento en el precio de la acción, 1 – p será la probabilidad de una disminución del mismo. Así pues, $pf_u + (1-p)f_d$ será el beneficio esperado de la opción, y f el beneficio esperado futuro descontando la tasa de interés libre de riesgo.

3.2 Árbol binomial de dos pasos

Al igual que en el caso de un solo paso, se parte de una acción que tiene un precio de S_0. En cada intervalo de tiempo aumenta u veces o disminuye d veces, quedando de esta forma:

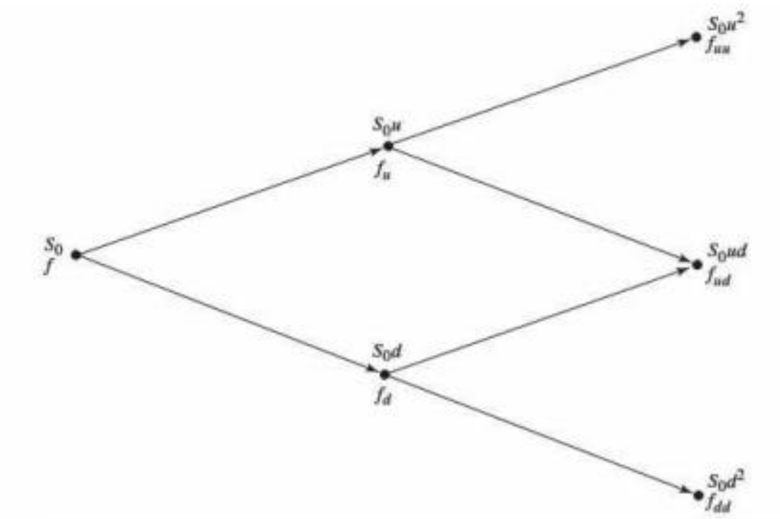

Figura 3-2. Precios de la acción y opción en un árbol binomial de dos pasos. [3]

Si se supone que la tasa de interés libre de riesgo es r y que la desviación del intervalo de tiempo es Δt años en lugar de T, se obtiene:

$$f = e^{-r\Delta t}(pf_u + (1-p)f_d) \tag{3.8}$$

donde $p = \frac{e^{-r\Delta t}-d}{u-d}$.

En cada uno de los demás nodos se podrá hacer los mismos cálculos quedando:

$$f_u = e^{-r\Delta t}(pf_{uu} + (1-p)f_{du}) \tag{3.9}$$

$$f_d = e^{-r\Delta t}(pf_{ud} + (1-p)f_{dd}) \tag{3.10}$$

De la combinación de estas dos ecuaciones se obtiene:

$$f = e^{-2r\Delta t}(p^2 f_{uu} + 2p(1-p)f_{ud}) + (1-p)^2 f_{dd}) \tag{3.11}$$

Donde p^2, $2p(1-p)$ y $(1-p)^2$ son las probabilidades de que se alcancen los nodos finales.

El precio de la opción es igual a su beneficio esperado menos la tasa de interés libre de riesgo.

3.2.1 Aplicación práctica de un árbol binomial de dos pasos

Si se tiene que el precio de una acción a dos años de su vencimiento es de 20€, su precio de ejercicio es de 18€, la volatilidad es del 25% anual y la tasa de interés libre de riesgo es del 5% anual. Se puede calcular el valor de la opción *call* europea de compra de dicha acción.

$$u = 1.25 \qquad d = 0.75$$

$$\Delta t = 1 \qquad r = 0.05$$

$$p = \frac{e^{0.05x1} - 0.75}{1.25 - 0.75} = 0.6025$$

Los posibles precios en t=2 son: 31.25€, 18.75€ y 11.25€.

En estos casos, f_{uu}= 13.25€, f_{ud}=0.75€ y f_{dd}=0.

Con estos datos se puede obtener f de la siguiente forma:

$$\mathrm{f} = \mathrm{e}^{-2\mathrm{x}0.05\mathrm{x}1}(0.6025^2\mathrm{x}13.25 + 2\mathrm{x}0.6025\mathrm{x}0.3975\mathrm{x}0.75 + 0.3975^2\mathrm{x}0) = 4.68€$$

Obteniéndose un precio de 4.68€ para esta opción call europea.

3.3 Técnica de la variable de control

Una manera de aumentar la precisión en la valuación de opciones americanas consiste en usar el mismo árbol para calcular el precio de dicha acción por el método Black-Scholes, que se verá en el siguiente capítulo. Así, asumiendo que el error cometido por el árbol es igual para las acciones americanas que para las europeas, se puede corregir dicho error mediante la siguiente relación:

$$f = f_A + f_{BS} - f_E \tag{3.12}$$

donde f es el precio de la acción corregida, f_A y f_E son los precios de las acciones americana y europea respectivamente valuadas mediante el método del árbol binomial y f_{BS} el precio de la opción europea valuada mediante el método de Black-Scholes.

De esta forma se establece una mejor aproximación del precio de la opción americana.

3.4 Conclusiones

En este capítulo se ha introducido una primera forma de valuar opciones, mostrando desde un análisis inicial de la valuación de opciones de un periodo hasta el uso de árboles binomiales con varios periodos de tiempo, consistente en dividir la vida de la opciones en pequeños periodos de tiempo, y asumiendo que el precio al inicio de un intervalo puede dar lugar únicamente a uno de los dos precios alternativos al final del intervalo.

Una de las debilidades que presenta este método es que la precisión es dependiente, entre otros factores, del número de pasos usados en su cálculo, puesto que es un modelo de tiempo discreto. Lo cual hace que se consiga mayor presión al otorgarle un número de pasos mayor. Si el número de pasos tiene al infinito se asemejaría a un modelo continuo en el tiempo.

En el siguiente capítulo se va a pasar del modelo discreto al continuo en el tiempo, estableciendo nuevos supuestos y dando lugar al modelo más usado hoy día para valorar opciones y que hizo posible un cambio que ha sido fundamental para el crecimiento y el éxito de la ingeniería financiera en los últimos 30 años, el modelo de Black-Scholes.

4 MODELO DE BLACK-SCHOLES

A Lo largo de este capítulo se va a exponer el modelo de Black-Scholes. Se analizará su contexto histórico y se mostrará la fórmula que permite obtener de manera sencilla y precisa el valor de una opción europea. Además se analizara en detalle la volatilidad y se expondrá un ejemplo práctico del uso de la fórmula de Black-Scholes para valuar una opción europea.

Algunos de los desarrollos matemáticos y conceptos se han basados en las publicaciones [2], [5], [6], [7], [8], [9], [11] y [12].

4.1 Evolución de la valuación de derivados

La valoración o valuación de opciones se empezó a abordar a finales del siglo XIX por Charles Castelli en "The Theory of Options in Stocks and Shares" [4]. Pasados los años, Louis Bachelier, retomo el tema en su tesis doctoral "Theorie de la Speculation", en la que proponía un movimiento Browniano como modelo asociado a los precios de las acciones, obteniendo la primera formalización de un camino aleatorio.

El movimiento Browniano toma el nombre de su descubridor, Robert Brown. Éste estaba estudiando el movimiento de unas partículas de polen suspendidas en el agua cuando llego a la conclusión de que dichas partículas se movían sin cesar de forma errática a causa del golpeteo de las partículas de agua que se movían en línea recta en cortas trayectorias y que cambiaban bruscamente de dirección para seguir así indefinidamente, además estas trayectorias eran completamente imposibles de predecir basándose en su trayectoria anterior.

Bachelier realizo la formulación matemática del movimiento browniano, y lo aplico al movimiento de los precios en los mercados, llegando a la conclusión de que se ajustaba de manera precisa a la forma en que éstos cambiaban, pues una vez que los precios alcanzaban un valor era completamente imposible predecir su variación futura basándose en su valor anterior. Tanto el movimiento de las partículas de polen en suspensión en el agua como los precios de los mercados se manifestaban como casos límite de caminos aleatorios.

Una de las conclusiones del trabajo de Bachelier consistió que si se hiciera un registro de los precios durante un tiempo, y se consideran las diferencias entre un día y el siguiente, las frecuencias con las que aparecerían dichas diferencias serian estadísticamente independientes, lo que permitía aplicar métodos estadísticos en el estudio de los precios.

Esto lleva a establecer que, ya que los precios siguen un camino aleatorio, la información anterior que se tenga de éstos será irrelevante para su estudio, ya que el valor actual de los precios debe tener incorporada ya toda la información anterior de los mercados, por lo que la variación actual solo dependerá de los hechos actuales.

Dicho en otras palabras, los precios cambian cuando el mercado recibe nueva información, lo que se llama Hipótesis de Mercados Eficientes.

4.2 La época de Black y Scholes

El trabajo de Bachelier fue tomado como base por otros economistas, que añadieron modificaciones y refinaron el punto de partida de Bachelier. Entre los cambios más sustanciales que hicieron se encuentran una distribución más realista de los precios de las acciones, la suposición de una tasa de interés y la idea de que los inversores son adversos al riesgo, es decir para estar dispuestos a asumir un riesgo mayor, exigirían una prima.

El economista Paul Samuelson, premio nobel en 1970, mejoró las aportaciones que Bachelier había hecho décadas atrás al introducir el movimiento browniano geométrico, en el que se establece que los precios están sujetos a incertidumbre, especialmente en el caso del activo subyacente, lo que hace que el precio siga una distribución logaritmo-normal, en lugar de la distribución normal, evitando de esta forma que los precios tomaran valores negativos. Además introducía el concepto de prima de riesgo sobre la tasa de interés libre de riesgo, es decir la prima que recibirían los inversores para aceptar el riesgo que su inversión conllevaba comparada con una inversión libre de riesgo.

Años después los economistas Fischer Black y Myron Scholes propusieron un modelo más realista, que dio lugar a la formula conocida con el nombre de Black-Scholes. Inicialmente Black y Scholes comenzaron estudiando la relación que existe entre el riesgo y la rentabilidad valuando opciones, con el fin de crear arbitraje. Para ello trataron de determinar una fórmula que incluyese todos los factores que afectan a la variación del precio de las acciones y a la vez cuantas opciones sufrirían la misma variación que el precio del activo subyacente. Tras varios intentos rechazados y una vez probada empíricamente la validez del modelo, en 1972 recibieron la aceptación por parte del Journal of Political Economy de publicar su artículo "The Pricing of Options and Corporate Liabilities" [5].

Posteriormente, fue Merton el que realizó varias aportaciones al modelo. Entre ellas estableció que un cambio continuo en la opción o en el subyacente permitía mantener una relación estable entre ellos libre de riesgo. Además observo que para poder valuar opciones no es necesario que el mercado este en equilibrio, solo es necesario que no haya oportunidades de arbitraje.

Estos estudios propiciaron que le otorgaran el Premio Nobel de Economía en 1997 a Myron Scholes y a Robert Merton. De igual manera, el jurado también reconoció las aportaciones de Fischer Black, pero no pudo compartir el premio con sus colegas por haber fallecido en 1995.

4.3 Supuestos subyacentes al Modelo Black-Scholes

Black y Scholes establecieron los siguientes supuestos para deducir la fórmula que lleva sus nombres:

- No hay oportunidades de arbitraje que estén libres de riesgo.
- Los precios de las acciones siguen un comportamiento logarítmico normal con μ y σ constantes.
- Todos los títulos son perfectamente divisibles, no habiendo costes de transacción ni impuestos.
- Se establece una negociación de valores continua.
- Los inversores pueden asumir y otorgar préstamos a la misma tasa de interés que la tasa de interés libre de riesgo.
- La tasa de interés libre de riesgo a corto plazo, r, es constante.

4.4 Modelo de Black-Scholes para valorar una opción europea

El modelo desarrollado por Black y Scholes resuelve el problema fundamental de la valoración de opciones consistente en que dados el tiempo que falta hasta el vencimiento de la opción, T, la tasa de interés libre de riesgo, r, el precio de ejercicio de la opción, K y la volatilidad implícita, σ, se pretende determinar la relación existente entre el precio de la opción europea y el precio de la acción del subyacente, S_0.

Disponiendo de un modelo que ofreciese tal relación, cada día se podría determinar que opciones se encuentran infravaloradas y cuales sobrevaloradas mediante la simple resolución de la siguiente ecuación:

$$c = S_0 \emptyset(d_1) - Ke^{-rT} \emptyset(d_2) \tag{4.1}$$

Con:

$$d_1 = \frac{ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r + \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} \qquad d_2 = \frac{ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r - \frac{\sigma^2}{2}\right)T}{\sigma\sqrt{T}} = d_1 - \sigma\sqrt{T} \tag{4.2}$$

donde $\emptyset(\mathrm{d}_1)$ es la función de distribución de la variable aleatoria normal de media nula y desviación típica unitaria.

Por su parte una opción de venta europea valdría:

$$p = Ke^{-rT}\,\emptyset(-d_2) - S_0\,\emptyset(-d_1) \tag{4.3}$$

Dado que S_0, K, T y r son conocidos, la valoración de una opción depende fundamentalmente de la estimación que se haga de la volatilidad implícita. Así pues, la estimación de la volatilidad implícita se establece como un aspecto fundamental para la negociación con opciones. En el siguiente punto se expondrá todo lo relacionado con la volatilidad y en la segunda parte del proyecto se llevara a cabo un *backtest* para analizar la relación entre la volatilidad implícita y los resultados obtenidos realizando varias inversiones con opciones.

4.5 Volatilidad

La volatilidad se define como el rango de variación que experimenta el precio de un subyacente en un espacio de tiempo determinado.

Estadísticamente se puede expresar como la velocidad de los movimientos del subyacente, por lo que se puede modelar como la desviación típica de éste.

En el mercado de las opciones cuanto mayor es la volatilidad que tenga el subyacente mayor será el rango en el que se espera que se mueva el precio de este, por lo que mayores posibilidades tendrán los compradores de opciones y mayor riesgo asumirán los vendedores, por lo que el precio de la prima aumentara. Si las condiciones son las contrarias el precio de la prima descenderá.

La relación de la prima con el tiempo hasta la ejecución de la opción es directamente proporcional, porque al aumentar el tiempo aumenta la incertidumbre sobre la volatilidad, por lo que también aumenta la prima, y al contrario.

4.5.1 Tipos de volatilidad

4.5.1.1 Volatilidad histórica

La volatilidad histórica hace referencia a la dispersión de los precios del subyacente de una opción durante un periodo de tiempo determinado.

Ésta, aun siendo un dato cierto, no tiene cabida en un modelo teórico de valoración de opciones, pues se necesitaría la volatilidad que se va a tener en un periodo futuro, pero sí que establece un punto de partida para calcular la volatilidad implícita, que como se verá posteriormente es la que se usa para aplicar en el modelo.

La volatilidad histórica se puede calcular mediante varios métodos. En estos principalmente se definen dos parámetros: el periodo histórico a considerar y el intervalo que se tiene en cuenta entre los datos que se toman.

Si se toman periodos largos de tiempo se obtendrá un promedio más general, mientras que si se toman periodos más cortos de tiempo se podrán estudiar casos más concretos, resaltando sus características concretas.

En cuanto al intervalo de tiempo existente entre los datos tomados para el estudio se expondrán dos; por un lado se pueden tomar los máximos y mínimos en las sesiones de negociación, o por otro se puede centrar el estudio en los datos de cierre de sesión. Éste último es el método más usado en la actualidad, principalmente por dos razones; proporcionan una menor discontinuidad en los datos obtenidos, y tienen una mayor exactitud así como mayor facilidad de obtención.

La variación del precio del subyacente se calcula mediante la fórmula:

$$r_t = \ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \tag{4.4}$$

Donde:

r_t= rendimiento del subyacente de t a $t-1$

S_t = Precio del subyacente en t

S_{t-1} = Precio del subyacente en $t-1$

4.5.1.2 Volatilidad futura

La volatilidad futura es un dato desconocido pues aún no se ha dado. Debido a que en el modelo teórico hay que introducir la volatilidad que tendrá un activo subyacente habrá que estimarlo, y a esta estimación se le llama volatilidad implícita.

4.5.1.3 Volatilidad implícita

Puesto que, como se ha dicho, la volatilidad futura es un dato desconocido, hay que estimarla.

En el *backtest* realizado en este estudio se ha optado por calcularla mediante una media ponderada móvil. En la cual se calcula la volatilidad histórica de varios periodos, y realiza una media de ellos asignándole distintos pesos a cada periodo dependiendo de la aplicación que se busque cubrir. En el anexo se muestra el algoritmo que se ha usado para calcular en el *backtesting* la volatilidad implícita.

A veces se observa que en el mercado existen varios precios de la prima para una opción determinada. Si se elige un método de valoración, como en el Método de Black-Scholes, todos los parámetros a excepción de la volatilidad, son datos conocidos y constantes, la diferencia en el precio de la prima reside en la estimación que cada cual haga de la volatilidad, lo que pone de manifiesto, como se ha comentado anteriormente, la importancia de una correcta interpretación y estimación de ésta.

La volatilidad implícita depende tanto del método para estimarla como de la exactitud de los datos tomados.

Si una opción tiene un valor alto y una prima baja se optara por comprar una opción *call*, mientras que si se dan las circunstancias contrarias, se optara por venderla, obteniéndose, en teoría, un beneficio.

4.5.2 Cálculo de la volatilidad

4.5.2.1 Volatilidad histórica

La volatilidad histórica se puede calcular de varias formas. Aquí se va a exponer su cálculo mediante el desarrollo matemático de la desviación típica de los precios de cierre, cuya base teórica es la siguiente:

El rendimiento porcentual se calcula como:

$$r_t = \frac{C_t - C_{t-1}}{C_{t-1}} \tag{4.5}$$

Para suavizar la muestra se calcula el cuadrado de su logaritmo neperiano:

$$r_t' = (\ln(1 + r_{t)})^2 \tag{4.6}$$

Se calcula el cuadrado de la desviación media como:

$$Desv.Media = (r_t' - \frac{1}{t}\sum r_t')^2 \tag{4.7}$$

Se define:

$$\sigma = \sqrt{\sum (r_t) \cdot\ Desv.Media} \tag{4.8}$$

Finalmente se calcula la Volatilidad Histórica como:

$$Volatilidad\ Histórica =\ \sigma \cdot \sqrt{t} \tag{4.9}$$

4.5.2.2 Volatilidad implícita que se ha usado para calcular una prima

Para calcular la volatilidad implícita de una opción de la cual ya se ha calculado el valor de su prima se necesita un método de cálculo iterativo. En este caso se va a exponer el método de Newton-Raphson que se fundamenta en la siguiente formula:

$$\sigma_{n+1} = \frac{\sigma_n - V_{MKT} - V_{BS}(\sigma_n)}{\frac{dV_{BS}(\sigma_n)}{d\sigma}} \tag{4.10}$$

Donde:

V_{MKT} es el precio de mercado de la opción.

V_{BS} es el precio de la opción dado por el método Black-Scholes.

σ es la volatilidad.

Para obtener la volatilidad mediante este método se necesita recurrir a la formula Black-Scholes, en la cual se tiene como parámetros en este caso el precio de la opción, el precio del activo, el precio de la tasa libre de riesgo, el tiempo hasta ejecución. En el anexo se muestra un algoritmo que calcula mediante el método Newton-Raphson asociado a la fórmula de Black-Scholes el valor de la volatilidad que se ha usado para la estimación del precio de la prima.

4.5.3 Relación entre volatilidad histórica y volatilidad implícita

El análisis de esta relación puede ser de utilidad, ya que ayuda a determinar si el mercado se encuentra ante un entorno de volatilidad alto o bajo:

- Si la volatilidad implícita es inferior a la histórica cabe esperar que ambas tiendan a igualarse mediante, claro está, un aumento en la volatilidad futura, por lo que se puede adoptar una estrategia que consista en la compra de opciones con el objetivo de beneficiarse de un futuro incremento de su precio.
- Si por el contrario la volatilidad implícita está por encima de la volatilidad histórica, siguiendo la misma lógica, cabría esperar que la volatilidad disminuirá en un fututo, con el consiguiente descenso del precio de las opciones, por lo que aquí la estrategia consistiría en vender opciones

4.6 Aplicación práctica de la fórmula de Black-Scholes para una opción europea

Si se tiene que el precio de un activo subyacente, como una acción, a 9 meses del vencimiento de una opción emitida sobre ésta, es de 20€, el precio de ejercicio elegido es de 18€, la volatilidad es del 15% anual y la tasa de interés libre de riesgo es del 5% anual. Se puede a calcular el precio de la opción europea de compra de dicha acción mediante el uso de la fórmula de Black-Scholes:

$$d_1 = \frac{ln\left(\frac{20}{18}\right) + \left(0.05 + \frac{0.15^2}{2}\right)\frac{9}{12}}{0.15\sqrt{\frac{9}{12}}} = 1.1647$$

$$d_2 = \frac{ln\left(\frac{20}{18}\right) + \left(0.05 - \frac{0.15^2}{2}\right)\frac{9}{12}}{0.15\sqrt{\frac{9}{12}}} = 1.0347$$

y

$$c = 20\ \emptyset(1.1647) - 17{,}3375\ \emptyset(1.0347) = 2.83€$$

$$p = 17{,}3375\ \emptyset(-1.0347) - 20\emptyset(-1.1647) = 0.19€$$

Estableciéndose así el precio de compra de la opción *call* europea en 2.83€, y el precio de compra de una opción *put* europea de esta acción en 0.19€.

4.7 Conclusiones

A lo largo de este capítulo se ha expuesto el contexto en el que desarrolló el modelo de Black-Scholes. Se ha mostrado como se calcula la prima de una opción y se ha realizado un caso práctico de su uso que era uno de los objetivos de este trabajo.

Además se ha definido la volatilidad implícita y se ha resaltado su importancia en la valoración de opciones. Puesto que es el único valor no conocido que influye en el precio de una opción, a continuación se introducirán las principales estrategias que se pueden seguir usando opciones financiera, y posteriormente algunas de ellas serán implementadas mediante un algoritmo que permita analizar la relación de la volatilidad implícita con los beneficios obtenidos en dichas estrategias, y ver si es suficiente el cálculo de la volatilidad implícita para acometer las estrategias.

5 Introducción de las estrategias con Opciones

A lo largo de este capítulo se van a exponer y comentar las distintas estrategias que se pueden seguir usando solo opciones, así como la representación gráfica de sus posibles beneficios y pedidas. Además se indica el momento en el que podrían ser usadas, y como les afecta el paso del tiempo.

Las gráficas corresponden al momento de ejecución de la opción tienen el siguiente formato: en el eje horizontal se representan los posibles precios que puede tomar el subyacente en dicho momento entorno al precio de ejercicio, indicado por A (B o C), y en el eje horizontal los beneficios o pérdidas producidos por la estrategia.

Todas estas estrategias han sido obtenidas de la publicación [1].

5.1 Estrategias básicas

5.1.1 *Call* comprada

Esta es la posición que ofrece mayor apalancamiento en un mercado alcista.

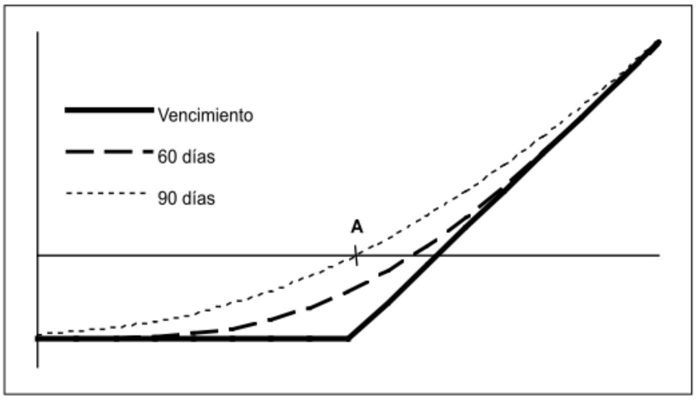

Figura 5-1. *Call* comprada [1].

Se seguirá esta estrategia cuando se espere un mercado alcista, cuanto más alcista sean las expectativas del mercado se deberá comprar a un precio de ejercicio más alto.

Si el precio del activo subyacente se sitúa por encima de la suma del precio de ejercicio más la prima, la estrategia obtendría beneficios, aumentando un punto por cada punto que aumente el activo subyacente.

Las pérdidas están limitadas al precio de la prima. Las perdidas máximas se alcanzan si el subyacente está por debajo del precio de ejercicio, disminuyendo hasta hacerse cero si a medida que este se va acercando a la suma del precio de ejercicio más la prima.

El valor de la posición va disminuyendo a medida que el tiempo pasa. Con respecto a la volatilidad, la pérdida de valor es menor si la volatilidad aumenta y mayor si disminuye.

5.1.2 *Call* vendida

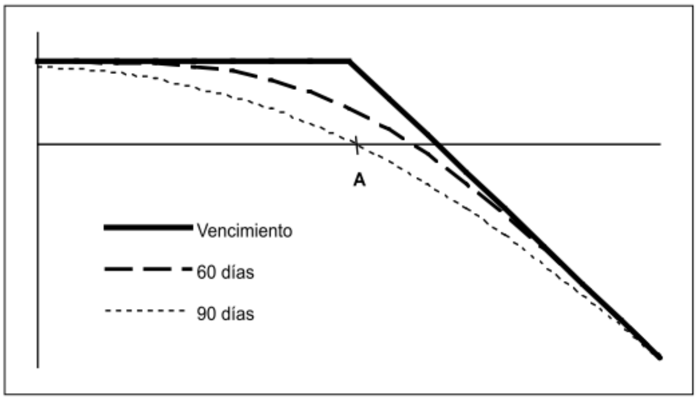

Figura 5-1. *Call* vendida [1].

Se usa cuando se cree que el mercado no va a subir.

Los beneficios se limitan a la prima recibida, y se producen de manera máxima si el precio del subyacente se sitúa por debajo del precio de ejercicio. A medida que el precio aumenta, los beneficios van disminuyendo hasta que el precio se sitúa en el valor equivalente a la suma del precio de ejercicio más la prima.

Se incurre en pérdidas si el precio se sitúa por encima de dicha suma.

A medida que pasa el tiempo la opción aumenta su valor.

5.1.3 *Put* comprada

Esta posición es la que ofrece mayor apalancamiento en un mercado bajista.

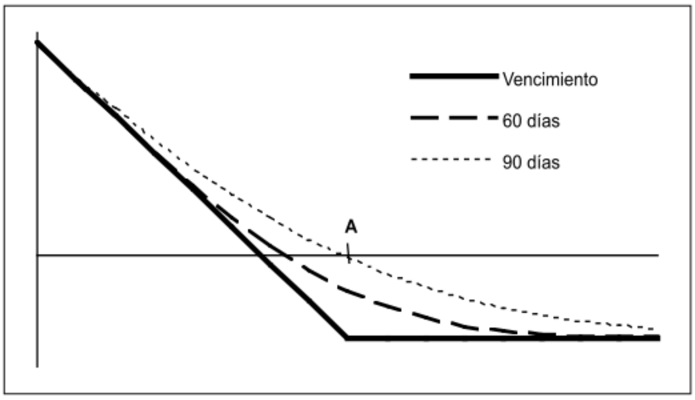

Figura 5-1. *Put* comprada [2].

Se usa cuando las expectativas sobre el mercado son bajistas, de manera similar al caso de la compra de *Calls*, se comprará a un precio más bajo cuanto más bajistas sean las expectativas.

Al disminuir el precio del subyacente por debajo del precio de ejercicio menos la prima se obtendrán los resultados, aumentando de manera proporcional a la bajada del precio.

Las perdidas máximas están limitadas por el precio de la prima, siendo máximas cuando el precio se sitúa por encima del precio de ejercicio y disminuyendo hasta cero a medida que disminuye el precio hasta llegar a la posición del precio de ejercicio menos la prima.

La posición pierde valor con el paso del tiempo, al igual que lo hace si la volatilidad disminuye, y aumente si ésta aumenta.

5.1.4 *Put* vendida

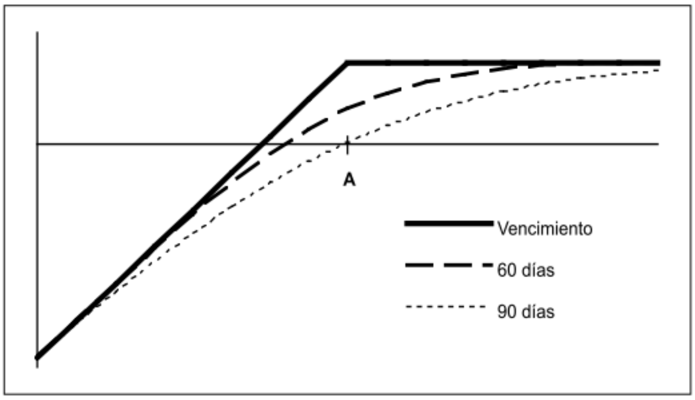

Figura 5-1. *Put* vendida [1].

Se usa cuando se cree que el mercado no va a bajar.

Los beneficios máximos se dan si el precio se sitúa por encima del precio de ejercicio, en este caso se obtiene el valor de la prima. Si el precio disminuye, los beneficios se ven mermados a medida que éste baja, llegándose a cero cuando el precio se sitúa en el punto del precio de ejercicio menos la prima.

Las pérdidas se dan a medida que el precio va disminuyendo a partir del punto del precio de ejercicio menos la prima.

Con el paso del tiempo la posición se revaloriza.

5.2 Estrategias compuestas

Las estrategias compuestas están formadas por la compra y/o venta de varios tipos de acciones

5.2.1 Spread alcista

Para construir esta estrategia se compra una *call* a un precio A y se vende una *call* al precio B, siendo A<B.

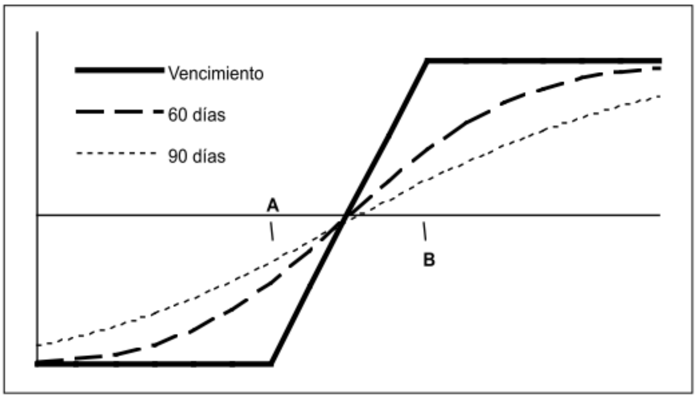

Figura 5-5. *Spread* alcista [1].

Se usa cuando se espera una tendencia alcista y a la vez se quiere neutralizar un riesgo en el cambio del nivel de volatilidad, además de neutralizarse de esta forma un riesgo frente a una caída del mercado.

Los beneficios empiezan cuando el precio del subyacente si sitúa por encima de A más las primas pagadas por A menos la prima percibida por B, y aumenta hasta quedar limitado cuando el precio se sitúa por encima de B.

Las perdidas también están limitadas. A medida que el precio disminuye por debajo del precio de A, quedando limitadas a la prima pagada por A menos la prima ingresada por B.

El paso del tiempo aumenta los beneficios si el precio se sitúa por encima del precio B y acelera las perdidas si se sitúa por debajo de A.

5.2.2 Spread bajista

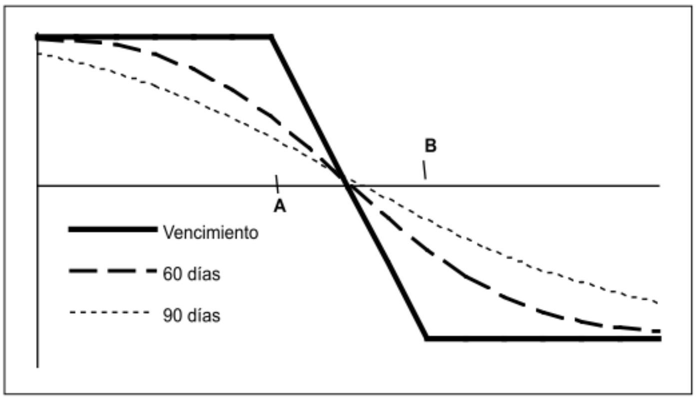

Figura 5-6. *Spread* bajista [1].

Se construye comprando una *put* a un precio de ejercicio B y vendiendo otra *put* a un precio A, con A < B.

Se utiliza esta estrategia cuando se estima una tendencia bajista en el mercado de forma gradual, neutralizando el riesgo ante subidas inesperadas del mercado y cambios en el nivel de volatilidad.

Los beneficios, al igual que las perdidas, son limitados, estableciéndose máximos cuando el precio cierra por debajo del punto A.

Las perdías son máximas cuando el precio sube por encima de B.

El paso del tiempo acelera los beneficios si el precio está por debajo de A, y acelera las perdidas si está por encima de B.

5.2.3 Túnel comprado

Esta posición es una réplica de una compra de un futuro pero con una zona plana entre los puntos A y B.

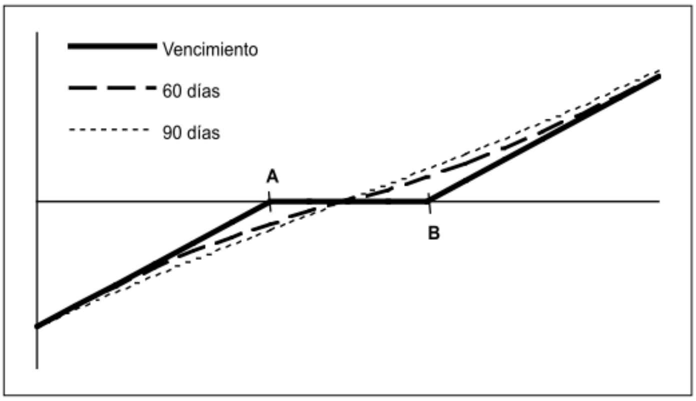

Figura 5-7. Túnel comprado [1].

Se construye comprando una *call* a precio de ejercicio B y vendiendo una *put* a precio de ejercicio A, con A < B.

Se utiliza cuando, previendo un entorno alcista, se quiere tener una zona de protección entorno a un precio, en la que la variación de volatilidad implícita tiene poca influencia sobre la posición

Los beneficios aumentan a medida que el precio aumente por encima de B.

Las pérdidas aumentan a medida que el precio disminuya por debajo de A.

El paso del tiempo no afecta a esta posición.

5.2.4 Túnel vendido

De manera similar al túnel comprado, el túnel vendido recrea una venta de un futuro, con la diferencia de que existe una zona intermedia entre A y B en la que se gana o se pierde muy poco.

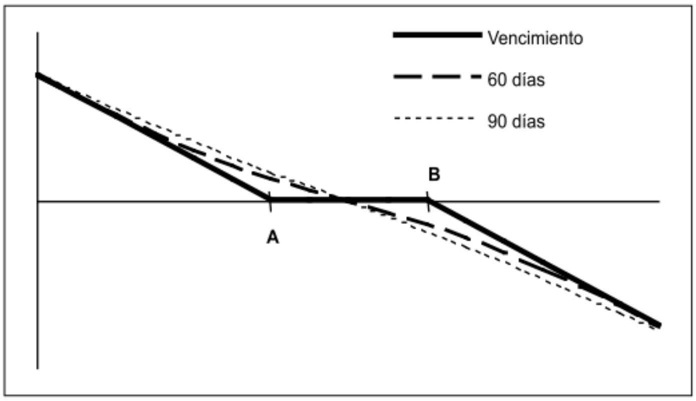

Figura 5-8. Túnel vendido [1].

Se construye vendiendo una *call* a precio B y comprando una *put* a precio A.

Se utiliza cuando, previendo un entorno bajista, se quiere tener una zona de protección entorno a un precio, en la que la variación de volatilidad implícita tiene poca influencia sobre la posición

Los beneficios aumentan a medida que el precio se sitúa por debajo de A.

Las pérdidas aumentan a medida que el precio se sitúa por encima de B.

El paso del tiempo no afecta a esta posición.

5.2.5 Cono comprado

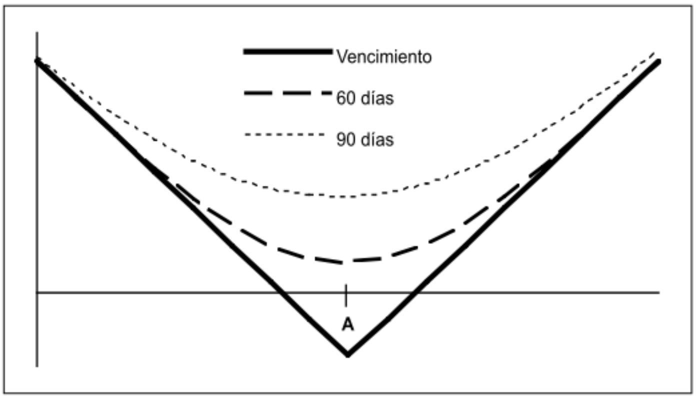

Figura 5-9. Cono comprado [1].

Se construye comprando una *put* y una *call* al mismo precio.

Se utiliza cuando se prevé un mercado con volatilidad alta, en la que no sabemos a priori su tendencia, normalmente después de que el mercado haya estado tranquilo un tiempo y esperemos movimientos bruscos en uno u otro sentido.

El beneficio aumenta, bien al aumentar el precio por encima del valor de A más los precios de las primas de la *call* y la *put*, o bien al disminuir por debajo del valor de A menos los precios de las primas pagadas por la *call* y la *put*.

Las perdidas aparecen si el precio se sitúa entre los márgenes descritos anteriormente.

El tiempo afecta negativamente a esta posición.

5.2.6 Cono vendido

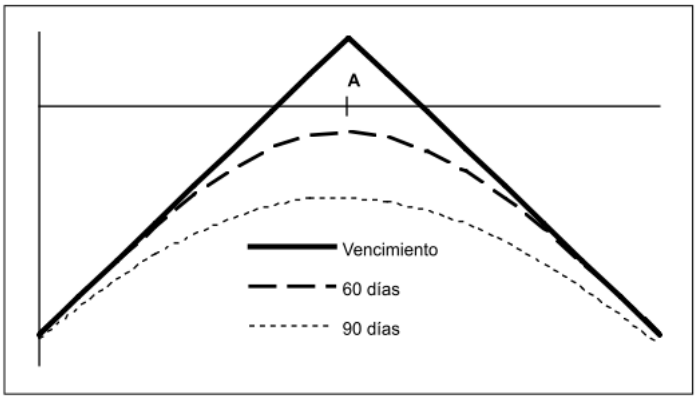

Figura 5-10. Cono comprado [1].

Se construye vendiendo una *call* y una *put* al mismo precio.

Se usa cuando se prevé un mercado estable con una volatilidad implícita relativamente alta.

El beneficio es limitado, alcanzándose su máximo en el punto A y disminuyendo paulatinamente a medida que el mercado se desplace a un lado o al otro hasta llegar a cero en los puntos equivalentes a restar y sumar el valor A a los precios pagados por las primas.

Las pérdidas son ilimitadas y aumenta al alejarse el precio del punto A a partir de los dos puntos nombrados anteriormente.

El paso del tiempo afecta positivamente a esta posición.

5.2.7 Cuna comprada

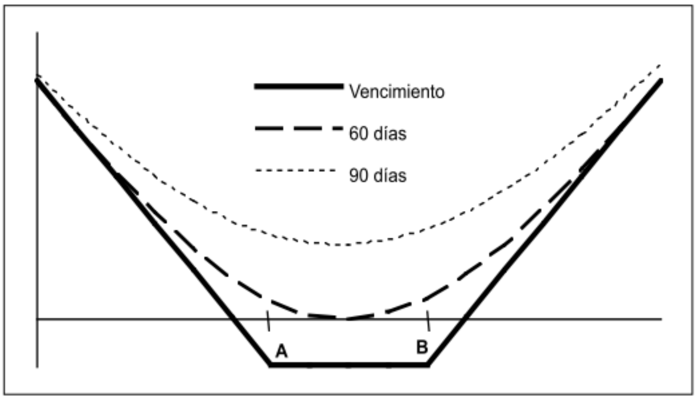

Figura 5-11. Cuna comprada [1].

Se construye mediante la compra de una *put* a un precio A y la venta de una *call* a un precio B, siendo A < B.

Se usa cuando se esperan grandes movimientos en el mercado, en un sentido o en el otro. Al comprar *Out the money* el desembolso es menor, pero se necesitaran movimientos mayores que en el caso del cono comprado para obtener beneficios.

El beneficio es ilimitado, y aumenta al aumentar el precio por encima de B más las primas pagadas, o al disminuir el precio por debajo de A menos las primas pagadas.

Las pérdidas son limitadas, siendo como máximo el precio de las primas.

El tiempo afecta negativamente a esta posición, aunque no tan rápidamente como en el cono comprado.

5.2.8 Cuna vendida

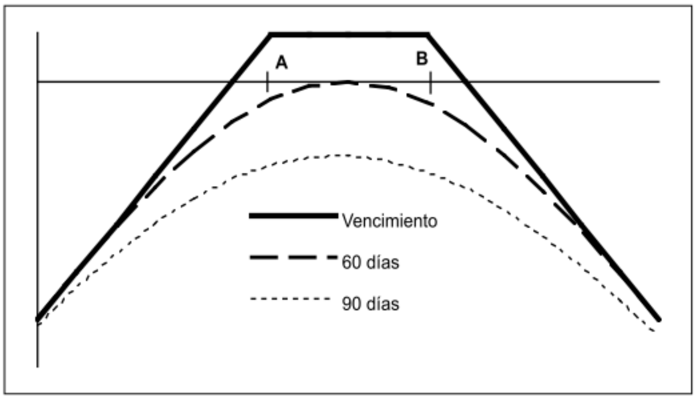

Figura 5-12. Cuna vendida [1].

Se construye vendiendo una *put* a un precio A y vendiendo una *call* a un precio B.

Se usa en el caso de que se esperen movimientos pequeños en un mercado con unos niveles de volatilidad altos que se espera se reduzcan.

El beneficio está limitado al precio de las primas siempre que el precio se sitúe entre los puntos resultantes de restar las primas a A y de sumárselas a B.

Las pérdidas son ilimitadas y aumentan a medida que el precio se aleja de estos puntos.

El paso del tiempo actúa favorablemente a esta posición.

5.2.9 Mariposa comprada

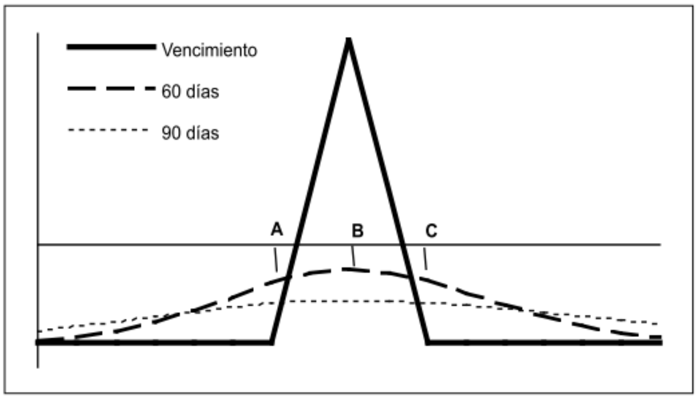

Figura 5-13. Mariposa comprada [1].

Se construye comprando una *call* a un precio A, vendiendo dos *put* a precio B y comprando otra *call* a un precio C, siendo A < B < C y la distancia A-B igual a B-C.

Se usa cuando se espera que el mercado se tome un descanso, permaneciendo estable durante un tiempo. Se diferencia de un cono comprado en que aunque el beneficio es menor, las pérdidas son limitadas.

Los beneficios son limitados y se alcanza su máximo cuando se sitúa el precio en B.

Las pérdidas son limitadas, haciéndose máximas cuando el precio aumenta por encima de C o disminuye por debajo de A, en ambos casos es igual a las primas pagadas.

El paso del tiempo afecta positivamente siempre que el precio esté en el intervalo A-C, afectando negativamente si esta fuera de ese intervalo

5.2.10 Mariposa vendida

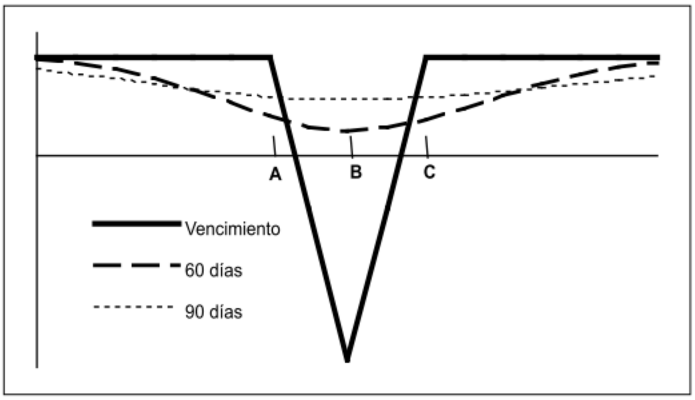

Figura 5-14. Mariposa vendida [1].

Se construye vendiendo una *call* a precio A, comprando dos *call* a precio B y vendiendo una *call* a precio C, siendo A < B < C y la distancia A-B igual a B-C.

Se utiliza cuando se espera un notable movimiento en el mercado en una u otra dirección. Se diferencia del cono vendido en que se opta a menor beneficio pero las pérdidas son limitadas.

El beneficio máximo se hace constante cuando el precio baja de A o sube de C.

Las pérdidas se hacen máximas cuando el precio se sitúa en B.

EL paso del tiempo afecta de manera negativa si el precio se encuentra en el tramo A-C, y positivamente fuera de él.

5.2.11 Ratio *call* Spread

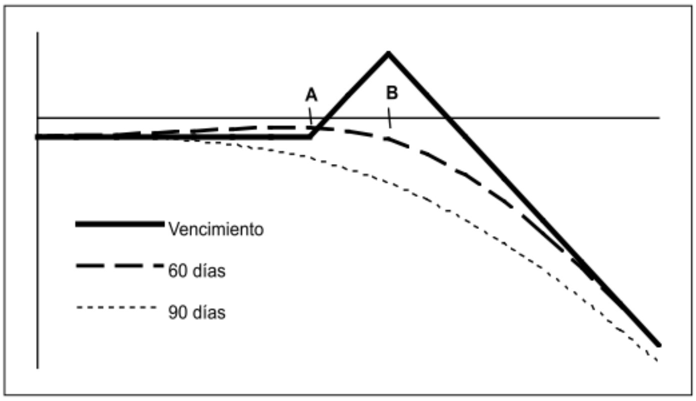

Figura 5-15. Ratio *call* Spread [1].

Se construye comprando una *call* a un precio A y vendiendo dos *call* a un precio B, siendo A < B.

Se usa cuando se espera que haya movimientos leves al alza pero no se descarta que los haya bruscos a la baja.

Normalmente se usa el ratio 1:2, descartándose ratios mayores por los riesgos en los que se incurre.

El beneficio máximo se alcanza cuando el precio se sitúa en B y será igual a B – A- prima neta.

Las pérdidas pueden ser ilimitadas si el precio aumenta por encima de B, si disminuye por debajo de A estas son limitadas.

El tiempo afecta positivamente a esta posición si el precio se sitúa en torno a B, mientras que por debajo de A afecta negativamente.

5.2.12 Ratio *put* Spread

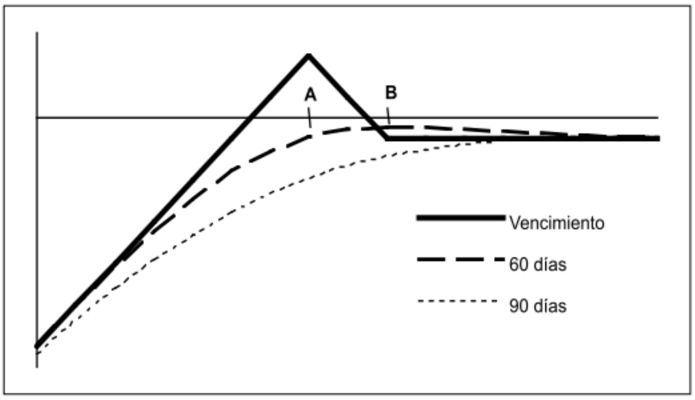

Figura 5-16. Ratio *put* Spread [1].

Se construye vendiendo dos *put* a un precio A y comprando una *put* a un precio B, siendo A < B. Normalmente se usa un ratio 1:2.

Se utiliza cuando se esperan movimientos bajistas leves pero no se descarta una subida brusca del precio.

Los beneficios máximos se obtienen cuando el precio se sitúa en A.

Las pérdidas son limitadas cuando el precio aumenta de B e ilimitadas a medida que el predio baja de A.

El tiempo afecta positivamente si el precio se sitúa en torno a A, y de manera negativa si está por encima de B.

5.3 Conclusiones

En este capítulo se han mostrado las características de las estrategias que se pueden seguir usando opciones, dependiendo del momento del mercado y de la previsión futura. En los siguientes capítulos, pertenecientes a la segunda parte del trabajo, se expondrá el desarrollo que se ha seguido para realizar un bactesting mediante VBA de algunas de las estrategias que se han mostrado en este capítulo, así como sus resultados y conclusiones.

6 PLANTEAMIENTO DEL *BACKTESTING*

En esta segunda parte del trabajo se va a realizar un *backtest* de algunas de las estrategias mostradas en la primera parte sobre las empresas que cotizan en el NASDAQ 100 y que emiten opciones, tomando datos reales del mercado y los precios que un bróker cobra por la compra y venta de opciones.

Antes de realizar cualquier inversión, sobre todo en el ámbito profesional y cada vez más en el particular, es necesario comprobar la validez que habría tenido una estrategia si se hubiese aplicado en el pasado. Aunque en el mundo financiero el que hago haya sucedido en el pasado no significa que deba volver a pasar, si es importante realizar simulaciones pasadas en circunstancias similares a las que se pretenda aplicar en un futuro, por lo que en esta segunda parte se va a desarrollar una herramienta de *backtesting* para comprobar los resultados estas estrategias.

El objetivo es cuantificar los beneficios y/o pérdidas que cada una de estas estrategias habría obtenido en tres estudios distintos: las opciones que expiraron el 15/01/2016, las que lo hicieron el 15/04/2016 y las que lo hicieron el 20/05/2016, todas ellas emitidas el 01/10/2015.

Todos los cálculos han sido realizados mediante algoritmos programados en Visual Basic y presentados en hojas de cálculo de MS Excel, todos incluidos en los anexos y en los archivos de extensión .xlsm adjuntos a esta publicación.

7 OBTENCIÓN DE DATOS HISTÓRICOS

La obtención de datos históricos de activos y derivados financieros, y más de manera gratuita, en la web es uno de los grandes escollos a los que se enfrenta un inversor particular a la hora de realizar una investigación sobre cualquier técnica de inversión.

En la mayoría de los casos acceder a esta información requiere del desembolso de grandes sumas de dinero, pues su utilización es imprescindible a la hora de comprobar la validez de una técnica o un método.

A lo largo de este capítulo se va a exponer la forma de la que se han obtenido los datos necesarios para llevar a cabo este estudio. Se han necesitado para ello los datos de los precios de todos los subyacentes durante un periodo anterior a la fecha de emisión, para calcular la volatilidad implícita basándose en la histórica, y los precios posteriores a ésta para comprobar los resultados de las estrategias, además de para hacer un análisis de la variación que han tenido éstos entre la fecha de emisión y la de expiración de las opciones y poder así sacar conclusiones. También han sido necesarios los datos históricos de las opciones para realizar la simulación, incluyéndose los precios de las primas que ofrece un bróker real.

7.1 Datos históricos de los precios diarios de las acciones

En el caso que aquí se presenta se ha recurrido al portal Yahoo! Finance que ofrece de forma gratuita los precios de cierre diarios de cualquier empresa. Normalmente, cuando se realiza un *backtest* de manera profesional, sobre todo en el campo de la inversión con acciones, esta información no es suficiente, pues los precios de las acciones cambian en milésimas de segundo, sobre todo desde la irrupción de los ordenadores en el mundo financiero, a lo que sea llamado finanzas cuantitativas. Acceder a esta información es realmente cara, sin embargo para este estudio no es necesario tal nivel de información, pues el horizonte temporal usado es de varios meses, por lo que la variación del precio de marera diaria es suficiente.

Como se ha dicho, para obtener los precios de cierre de cualquier acción se puede entrar en finance.yahoo.com, pero debido a la gran cantidad de datos necesarios para realizar el estudio se ha necesitado la ayuda de un algoritmo que permita acceder a los datos de la web y tratarlos para ofrecerlos en el formato necesitado para su posterior uso.

Para ello se ha descargado de www.investexcel.com un algoritmo en código de Visual Basic for Applications (VBA) que posteriormente se ha modificado y adaptado para poder obtener la información requerida en el formato adecuado para el estudio. Este ha sido el único código que no es totalmente de creación propia. Está formado por tres módulos: mdlCommon, mdlMain, y mdlWin32API, que se detallan en el anexo en "Descarga e importación de datos de Yahoo! Finance".

Este algoritmo realiza la tarea de importar los datos de las acciones de las empresas necesarias para realizar el estudio desde la fecha 01/10/2014 (un año antes de la emisión de las opciones) hasta la fecha 16/09/2016 (día que se obtuvieron los datos), y los exportan a una hoja de cálculo de MS Excel, llamada "Precios Acciones", de manera que en la primera columna aparece la fecha y en las siguientes los precios de cada una de las diferentes empresas, o símbolos, con los precios haciendo referencia a las casillas de la primera columna donde se expone la fecha.

Una vez importados los datos, tratados correctamente y exportados, aparecen en la hoja de cálculo con el formato que aparece en la Figura 7-1.

	AAL	AAPL	ADBE	ADI	ADSK	AKAM	ALXN	AMAT
16/09/2016	35,490002	114,919998	98,93	62,049999	67,599998	50,98	131,460007	30,049999
15/09/2016	36,41	115,57	99,620003	62,650002	67,389999	51,380001	129,699997	30,15
14/09/2016	36,389999	111,769997	98,790001	6092,00%	65,510002	51,650002	129,419998	29,43
13/09/2016	37,369999	107,949997	98,769997	60,450001	65,779999	51,869999	126,790001	29,379999
12/09/2016	38,34	105,440002	100,32	60,619999	67,349998	53,09	129,289993	29,59
09/09/2016	38,490002	103,129997	99,379997	59,619999	66,839996	52,5	124,919998	28,860001
08/09/2016	39,349998	105,519997	101,879997	61,41	68,809998	53,5	130,059998	29,790001
07/09/2016	38,75	108,360001	103	61,650002	68,599998	54,080002	125,089996	29,91
06/09/2016	36,959999	107,699997	103,5	62,73	67,690002	55,5	125,849998	29,98
02/09/2016	36,529999	107,730003	103,57	63,150002	68,010002	55,330002	123,669998	30,02
01/09/2016	36,240002	106,730003	102,900002	63,060001	67,370003	55,07	125,629997	30,290001
31/08/2016	36,299999	106,099998	102,309998	62,560001	67,400002	54,900002	125,860001	29,84
30/08/2016	37,049999	106	102	62,900002	68,029999	54,889999	128,220001	29,99
29/08/2016	36,169998	106,82	102,300003	62,889999	68,32	55,040001	127,989998	30,049999
26/08/2016	36,23	106,940002	102,059998	62,959999	68,870003	55,310001	129,630005	29,969999
25/08/2016	36,720001	107,57	101,690002	62,720001	63,700001	54,560001	129,169998	29,65
24/08/2016	36,650002	108,029999	101,139999	62,700001	63,169998	53,98	132,119995	29,700001
23/08/2016	36,400002	108,849998	101,139999	63,379998	63,459999	53,599998	137,419998	29,950001
22/08/2016	36	108,510002	100,239998	63,419735	63,290001	52,98	136,529999	29,049999
19/08/2016	36,490002	109,360001	100,32	63,71776	63,740002	52,950001	132,139999	29,538318
18/08/2016	36,669998	109,080002	100,669998	63,707823	63,5	52,349998	132,429993	27,585043
17/08/2016	36,599998	109,220001	99,699997	63,777362	62,790001	52,34	133,059998	27,196381
16/08/2016	36,75	109,379997	100,599998	64,452886	62,650002	52	133,759995	27,12662
15/08/2016	35,869999	109,480003	100,93	64,840318	62,98	52,049999	136,070007	27,375762
12/08/2016	34,919998	108,18	101,040001	63,8171	61,830002	51,970001	133,440002	27,086758
11/08/2016	34,959999	107,93	101,669998	63,71776	61,709999	51,41	133,669998	26,727992
10/08/2016	34,18	108	100,620003	63,370065	60,299999	52,02	132,669998	26,319399
09/08/2016	34,59	108,809998	98,870003	63,399867	60,34	50,220001	135	26,698097
08/08/2016	34,349998	108,370003	98,489998	63,022367	59,369999	50,209999	136,080002	26,737958
05/08/2016	34,439999	107,480003	99,040001	63,270721	59,330002	50,66	137,110001	26,718027
04/08/2016	33,580002	105,870003	97,089996	62,923027	58,25	49,43	135,429993	26,279537
03/08/2016	33,48	105,220002	96,669998	62,45612	57,950001	49,439999	137,660004	26,11012
02/08/2016	33,409999	103,917063	96,050003	62,426318	57,869999	49,959999	133,610001	25,880908
01/08/2016	35,493762	105,478603	97,720001	63,558813	59,740002	50,599998	133,5	26,17988
29/07/2016	35,394062	103,648513	97,860001	63,409803	59,450001	50,529999	128,600006	26,199812
28/07/2016	36,231556	103,77781	98,440002	63,797235	59,450001	50,689999	130,399994	26,52868
27/07/2016	36,091974	102,3953	97,93	62,913094	59,619999	50,509998	129,779999	26,807718
26/07/2016	36,440928	96,149138	97,910004	62,45612	58,75	58,09	126,650002	26,718027

Figura 7-1. Precios de los activos subyacentes. Elaboración propia.

En Figura 7-1 se expone una muestra de los precios de 8 símbolos desde el 26/07/2016 hasta el 16/09/2016. Como se puede apreciar, en la primera columna las fechas en las que fueron tomados los precios, y en el resto los precios en esas fechas, acompañados por el símbolo de la empresa a al que corresponden.

7.2 Datos históricos de las opciones

Una vez se dispone de los datos de los precios de las acciones es necesario obtener los de las opciones. Encontrar datos históricos de opciones no es tan sencillo como obtenerlos de las acciones, pues los derivados financieros no se negocian en cantidades tan enormes como los activos financieros, y es necesario recurrir a brókeres especializados en opciones para poder operarlos u obtener información.

Los datos actuales de las opciones emitidas sobre acciones se pueden encontrar en un bróker especializado en opciones financieras. Sin embargo tener acceso a los históricos de las opciones financieras que ya se han emitido y/o expirado, es más complejo, tanto por la menor negociación que se hacen con derivados, como por la ingente cantidad de dados que una opción lleva asociadas. Mientras que en el caso de las acciones, los archivos históricos solo incluyen, en la mayoría de los casos, fecha, precio de apertura, de cierre, máximo, mínimo, volumen negociado y ajuste de cierre, en el caso de las opciones financieras, como se verá a continuación se incluye mucha más información que es necesaria, lo que hace los archivos mucho más pesados.

Después de hacer un estudio intenso sobre portales que ofrecen dicha información, se optó por tomarlos de www.deltaneutral.com que proporciona dichos históricos previo pago y que a modo de ejemplo ofrece los históricos de las opciones sobre las acciones de las cerca de 5.000 empresas que cotizan en el mercado americano durante cada uno de los días de Octubre de 2015.

Puesto que el presente trabajo está basado en un horizonte temporal de varios meses, la diferencia entre las opciones emitidas dentro del mismo mes no tiene especial relevancia, por lo que se tomaron para el estudio las emitidas el día 01/10/2015. Los datos se obtuvieron el 16/09/2016.

Del bróker se obtuvo un archivo de extensión .csv que se exportó a Excel obteniéndose una tabla con las siguientes columnas: UnderlyingSymbol, UnderlyingPrice, Exchange, OptionSymbol, OptionExt, Type, Expiration Data, Date Strike, Last, Bid, Ask, Volume, OpenInterest, IV, Delta, Gamma, Theta y Vega. De todos estos datos son útiles para este estudio solo seis:

- OptionSymbol: Activo subyacente al que hace referencia la opción.
- Type: Tipo de opción: *call* o *put*.
- Expiration Data: Fecha de expiración de la opción.
- Stike: Precio de ejecución de la opción.
- Bid: Precio al que el mercado (en este caso el bróker) le compra a un inversor las opciones.
- Ask: Precio al que el mercado (en este caso el bróker) le vende a un inversor las opciones.

Sobre un índice cualquiera hay empresas que influyen mucho más sobre dicho índice que otras. En el NASDAQ, que es el índice en el que cotizan las empresas tecnológicas de Estados Unidos, las cien empresas que más influyen son las que componen el NASDAQ 100, por lo que se van a tomar estas 100 para el estudio.

Una vez importado el archivo en Excel es necesario filtrar las empresas sobre las que se va a realizar el estudio. Dadas las casi 5000 empresas, y las más de 800.000 filas del archivo histórico, el filtrado es una tarea larga por lo que se ha creado el siguiente algoritmo "Filtrado NASDAQ 100" que filtra solo las empresas que cotizan en el NASDAQ 100. Para ello busca en cada fila si el subyacente de la opción se encuentra en un vector que contiene las cien empresas del NASDAQ 100, y si no está se elimina la fila completa.

Una vez solo quedan las empresas del NASDAQ 100, es necesario elegir una de las tres fechas de expiración que se van a estudiar. Para ello se elige la fecha de expiración y se realiza un nuevo filtrado mediante el algoritmo "Filtrado por fechas de expiración".

En este código se sigue una operativa similar al anterior, eliminando las filas que contengan una fecha de expiración distinta a la propuesta. En el anexo se muestra el ejemplo del primer Estudio, con la fecha de expiración del 15/01/2016.

Una vez filtradas las empresas necesarias para el estudio quedan en la hoja de cálculo llamada "Opciones" únicamente las empresas que cumplen las dos condiciones anteriores, con el formato que aparece en la Figura 7-2.

UnderlyingS\	UnderlyingP	Exchange	OptionSymb	OptionExt	Type	Expiration	DataDate	Strike	Last	Bid	Ask
AAL	39,2	*	AAL160115C(	a	call	15/01/2016	01/10/2015	13	27	24,45	26,7
AAL	39,2	*	AAL160115C00015000		call	15/01/2016	01/10/2015	15	25,1	22,75	24,4
AAL	39,2	*	AAL160115C00018000		call	15/01/2016	01/10/2015	18	22,75	19,7	21,35
AAL	39,2	*	AAL160115C00019000		call	15/01/2016	01/10/2015	19	23	18,8	20,35
AAL	39,2	*	AAL160115C00020000		call	15/01/2016	01/10/2015	20	20,8	17,8	19,4
AAL	39,2	*	AAL160115C00021000		call	15/01/2016	01/10/2015	21	19,85	16,85	18,4
AAL	39,2	*	AAL160115C00022000		call	15/01/2016	01/10/2015	22	19,1	15,85	17,4
AAL	39,2	*	AAL160115C00023000		call	15/01/2016	01/10/2015	23	18,7	14,5	16,45
AAL	39,2	*	AAL160115C00024000		call	15/01/2016	01/10/2015	24	15,2	13,95	15,55
AAL	39,2	*	AAL160115C00026000		call	15/01/2016	01/10/2015	26	14,56	12,1	13,6
AAL	39,2	*	AAL160115C00027000		call	15/01/2016	01/10/2015	27	14,35	11,15	12,7
AAL	39,2	*	AAL160115C00028000		call	15/01/2016	01/10/2015	28	11,55	10,25	11,8
AAL	39,2	*	AAL160115C00029000		call	15/01/2016	01/10/2015	29	14,09	10,05	10,9
AAL	39,2	*	AAL160115C00030000		call	15/01/2016	01/10/2015	30	9,28	9	9,95
AAL	39,2	*	AAL160115C00031000		call	15/01/2016	01/10/2015	31	11,81	8,4	9,1
AAL	39,2	*	AAL160115C00032000		call	15/01/2016	01/10/2015	32	7,5	7,6	8,25
AAL	39,2	*	AAL160115C00033000		call	15/01/2016	01/10/2015	33	9,25	6,85	7,45
AAL	39,2	*	AAL160115C00034000		call	15/01/2016	01/10/2015	34	7,4	6,5	6,7
AAL	39,2	*	AAL160115C00035000		call	15/01/2016	01/10/2015	35	5,45	5,75	6
AAL	39,2	*	AAL160115C00036000		call	15/01/2016	01/10/2015	36	4,5	5,05	5,3
AAL	39,2	*	AAL160115C00037000		call	15/01/2016	01/10/2015	37	4,55	4,5	4,65
AAL	39,2	*	AAL160115C00038000		call	15/01/2016	01/10/2015	38	3,5	3,95	4,05
AAL	39,2	*	AAL160115C00039000		call	15/01/2016	01/10/2015	39	3,45	3,4	3,55
AAL	39,2	*	AAL160115C00040000		call	15/01/2016	01/10/2015	40	2,92	2,93	2,98
AAL	39,2	*	AAL160115C00041000		call	15/01/2016	01/10/2015	41	2,5	2,5	2,54
AAL	39,2	*	AAL160115C00042000		call	15/01/2016	01/10/2015	42	2,12	2,11	2,16
AAL	39,2	*	AAL160115C00043000		call	15/01/2016	01/10/2015	43	1,81	1,74	1,82
AAL	39,2	*	AAL160115C00044000		call	15/01/2016	01/10/2015	44	1,27	1,47	1,51

Figura 7-2. Ejemplo de la hoja “Datos de las opciones”. Elaboración propia.

El formato respeta los nombres y el orden de columnas originales del archivo histórico descargado. En el ejemplo aparecen opciones *call* sobre el símbolo AAL. Solo se han incluido las primeras 12 columnas a fin de una mejor visualización, pues las demás columnas no aportan nada al estudio.

8 ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN CON OPCIONES

Cuando los datos están en el formato correcto se pasan a realizar los cálculos necesarios para el *backtest*. En este capítulo se explicarán de manera detallada los procesos intermedios que dan lugar a los resultados que en siguiente capítulo se comentaran y analizaran.

8.1 Cálculo de la volatilidad implícita

En primer lugar se calcula la volatilidad implícita que se espera tenga cada una de las empresas en el periodo entre la fecha de emisión y la de expiración. Para estimar la volatilidad implícita hay numerosos métodos matemáticos, que en la mayoría de los casos escapan de los objetivos que se pretenden en este estudio.

En este estudio se ha optado por una media móvil con asignación de pesos dependiendo del tiempo hasta vencimiento de las opciones para el que se vaya a usar. En el Estudio 1, dado que las acciones que expiran el 15/06/2016 (a los 3 meses), se ha asignado un peso del 50% a la volatilidad histórica de los 3 últimos meses, un 35% a la de los 6 últimos meses y un 15% a la del último año. En el Estudio 2, las opciones expiran a los 6 meses, por lo que se ha optado por unos del 35% a la volatilidad histórica de los 3 últimos meses, un 50% a la de los 6 últimos meses y un 15% a la del último año y en el Estudio 3 en el que las opciones expiran a los 7 meses se han asignado unos pesos del 30% a la volatilidad histórica de los 3 últimos meses, un 50% a la de los 6 últimos meses y un 20% a la del último año.

Para el cálculo de la volatilidad histórica se han usado los precios a cierre de día que se descargaron de Yahoo! Finance.

Para calcular cada una de las volatilidades históricas se ha usado el método expuesto en la primera parte, teniendo en cuenta la variación de los pesos asignados, y cuyo código se encuentra en el anexo como “Calculo volatilidad implícita”

8.2 Estrategias a usar

Dado que el objetivo del trabajo es hacer un *backtest* de estrategias con opciones basándose en la volatilidad implícita de los subyacentes, se han tenido en cuenta para la simulación únicamente las estrategias simétricas respecto al precio inicial, es decir, las que no se tienen en cuenta si el precio del subyacente en el momento de la fecha de expiración ha aumentado o disminuido con respecto al precio inicial, sino en cuanto se ha alejado de éste. Así pues, se han descartado las estrategias que esperan movimientos únicamente alcistas o únicamente bajistas, por estar fuera de los objetivos de este trabajo, usándose las siguientes estrategias: cono comprado, cono vendido, mariposa comprada y mariposa vendida. Cuna comprada y cuna vendida no se han incluido por ofrecer unos resultados muy similares a cono comprado y cono vendido, y no mejora las limitaciones de los primeros.

El *backtest* tendrá el siguiente procedimiento: en primer lugar se van a dividir las estrategias en dos partes, por un lado estarán la estrategia del cono comprado y la del cono vendido, y por otro lado la de la mariposa comprada y la de la mariposa vendida. Así pues, las estrategias se implementaran por parejas y se hará un estudio en cada uno de los escenarios de volatilidad esperada.

8.2.1 Cono comprado – cono vendido

Como se puede ver en la Figura 8-1, al proponer una estrategia cono comprado - cono vendido se establecen cinco zonas distintas en las que podría situarse el precio del subyacente en la fecha de expiración de la opción. Estas cinco zonas, al ser la estrategia que estamos usando simétrica con respecto al precio inicial del subyacente, se pueden clasificar en tres categorías.

- i): en esta zona se obtendrían beneficios si se usara un cono vendido, y éstos serían igual a las primas generadas de la venta de una *call* y una *put* al precio inicial, S_0, menos el valor absoluto de la diferencia entre el precio inicial, S_0, y el precio que alcance el subyacente en el momento de la expiración. Por su parte si se usara un cono comprado se obtendrían perdidas.
- ii): en esta zona se obtendrían perdidas tanto se si usara un cono comprado como un cono vendido. Estas pérdidas están generadas por el spread, que es la diferencia entre el precio al que el bróker vende y compra las opciones.
- iii) en esta zona se obtendrán beneficios si se usara un cono comprado, y estos serían iguales al valor absoluto de la diferencia entre el precio que alcance el subyacente en el momento de la expiración de las opciones menos el precio de ejercicio, S_0. A este valor absoluto habría que restarle las primas pagadas por comprar una *call* y una *put*. Por su parte si se usara un cono vendido se obtendrían perdidas.

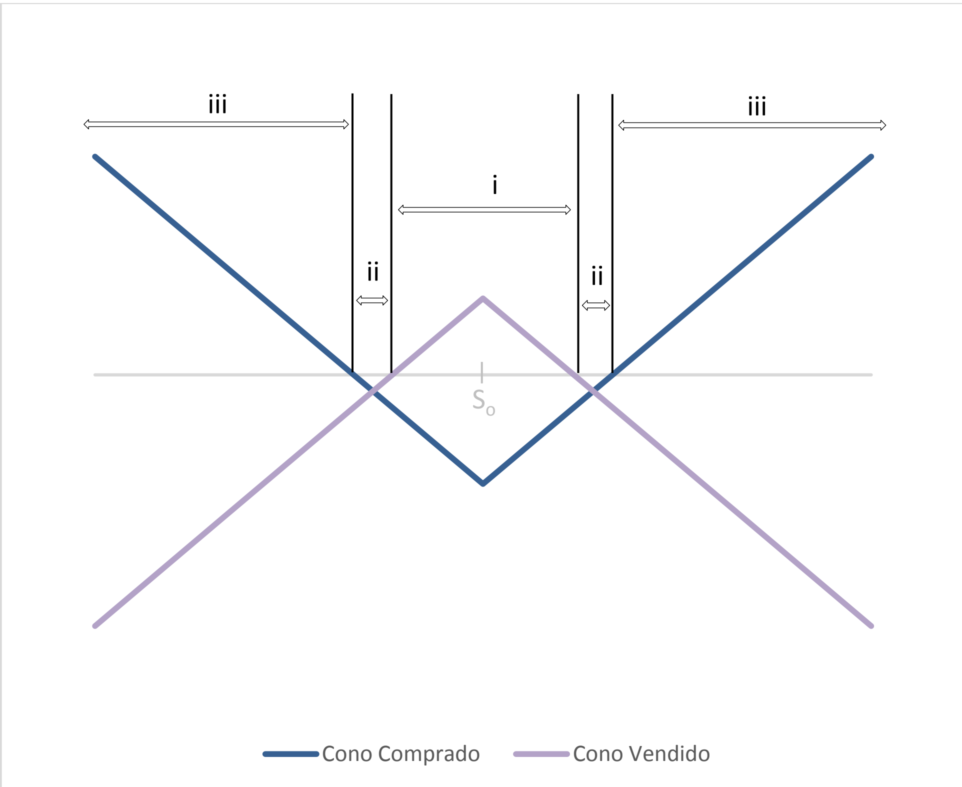

Figura 8-1. Pareja cono comprado – cono vendido. Elaboración propia.

Por lo tanto se usará esta estrategia solo si se espera que el precio del subyacente en la fecha de expiración pueda situarse en las zonas i) y iii), no haciéndolo en la zona ii) pues se obtendrían perdidas.

8.2.2 Mariposa comprada – mariposa vendida

De manera similar se puede establecer un gráfico para una estrategia mariposa vendida - mariposa comprada. En este caso, como se aprecia en la Figura 8-2 aparecen 7 zonas distintas, que por simetría se pueden clasificar en cuatro grupos:

- i): en esta zona se obtendrían beneficios al usar una mariposa vendida. Para calcular los beneficios se haría distinción entre la parte a la izquierda de B, donde serían iguales al precio que alcance el subyacente menos las primas pagadas por comprar una *call* en A y otra en C más la prima recibida por vender dos *calls* en B menos el valor de A, y la parte a la derecha de B en la que los beneficios serian iguales a las primas recibidas por vender dos *calls* en B menos las primas pagadas por comprar una *call* en A y otra en C menos el valor de A dos veces el valor de B menos el precio que alcance el subyacente en la fecha de expiración. Si se usara una mariposa vendida se obtendrían perdidas.
- ii): en esta zona se obtendrían perdidas al usar cualquiera de las dos mariposas debido a las comisiones que genera el bróker al comprar y vender opciones.
- iii): en esta zona, al seguir una estrategia de mariposa vendida, se obtendrían beneficios iguales a las primas percibidas al vender una *call* en A y otra en C menos las primas a pagar por comprar dos *calls* en B más el valor de A menos el precio que alcance el subyacente si el subyacente se sitúa en la zona iii) de la izquierda, mientras que lo hace en el de la derecha se obtendrían unos beneficios iguales a las primas percibidas al vender una *call* en A y otra en C menos las primas a pagar por comprar dos *calls* en B más el valor de A menos dos veces el valor de B más el precio que alcance el subyacente. Si se usase una mariposa comprada se obtendrían perdidas.
- iv): en esta zona si se sigue la estrategia de mariposa vendida se obtendrían unos beneficios iguales a las primas percibidas al vender una *call* en A y otra en C menos las primas a pagar por comprar dos *calls* en B. Si se usase una mariposa comprada se obtendrían perdidas.

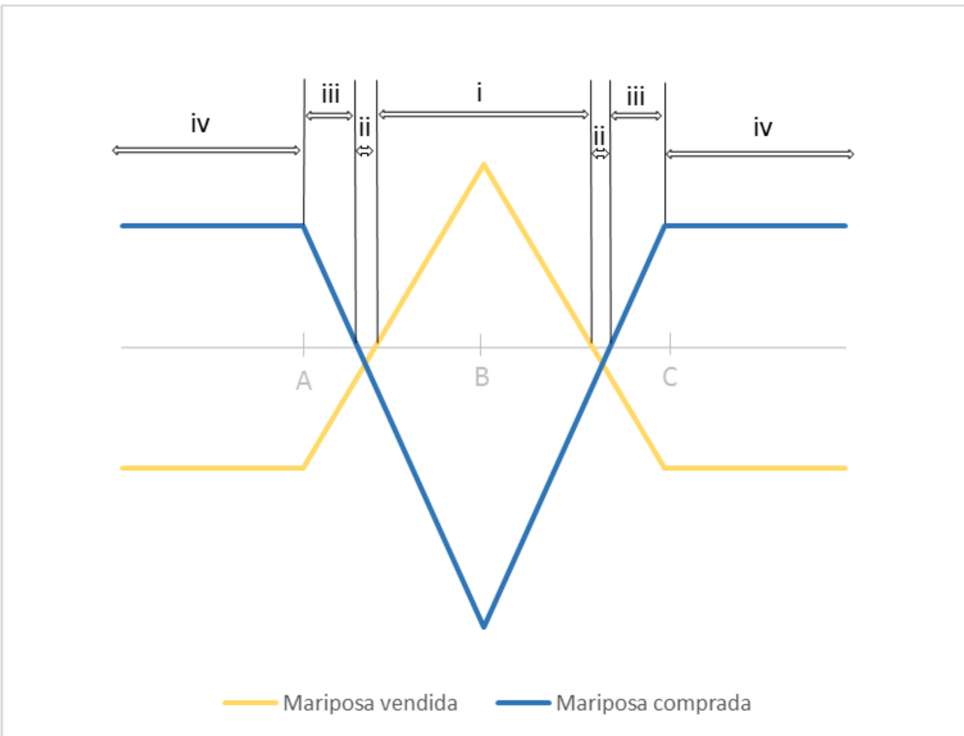

Figura 8-2. Pareja mariposa comprada – mariposa vendida. Elaboración propia. Elaboración propia.

8.3 Implementación de las estrategias

Para poder implementar las estrategias se usarán los datos de los precios de las acciones y de las opciones importadas y las volatilidades calculadas previamente.

El algoritmo simulará las estrategias que se han expuesto anteriormente en cinco escenarios distintos, estos son los que establecen que el precio del subyacente podría tener en el futuro una variación entre las fechas de emisión y expiración de las opciones de:

- El doble de la volatilidad implícita.
- Un 50% mayor que la volatilidad implícita.
- El mismo valor de la volatilidad implícita.
- La mitad de la volatilidad implícita.
- El 25% de la volatilidad implícita.

En cada uno de estos escenarios el algoritmo elegirá, dependiendo de en qué zona espere que se sitúe el precio del subyacente en la fecha de expiración que estrategia usar en de cada pareja de estrategias.

Posteriormente comprobará el precio real que alcanzó el subyacente en la fecha de expiración y calculará los beneficios o pérdidas que se habrían obtenido al usarse la estrategia elegida para cada empresa y en cada uno de los escenarios.

Puesto que se han elegido tres estudios con tres fechas de expiración distinta, este proceso se llevará a cabo en cada uno de ellos.

Al ejecutar el algoritmo se busca establecer la relación que existe entre la volatilidad implícita calculada como medias móviles ponderadas y la variación real que experimenta el precio entre la fecha de emisión de las opciones y la de expiración. Para ello se establecen los 5 escenarios distintos, en los que dos esperan dicha variación sea mayor, dos en los que se espera que sea menor y uno en el que se espera que sea similar.

		Simbolos	AAL	AAPL	ADBE	ADI	ADSK	AKAM
Estrategia elegida	Volatilidad esperada	Vol Imp / Neto	24,78%	19,18%	16,41%	22,70%	17,42%	16,24%
Cono Comprado	2 x Vol	-395,82	-6,50	-4,32	-5,48	-3,54	-0,37	15,01
	1.5 x Vol	-387,49	-6,50	-4,32	-5,48	-3,54	-0,37	15,01
	Vol	-48,69						
	0,5 x Vol	0,00						
	0,25 x Vol	0,00						
Cono Vendido	2 x Vol	18,20						
	1.5 x Vol	21,37						
	Vol	306,40	6,30	4,12	5,13		0,16	-15,26
	0,5 x Vol	312,69	6,30	4,12	5,13	2,94	0,16	-15,26
	0,25 x Vol	347,82	6,30	4,12	5,13	2,94	0,16	-15,26
Mariposa Comprada	2 x Vol	0,00						
	1.5 x Vol	0,00						
	Vol	-3,20						-3,21
	0,5 x Vol	75,02	5,55	-0,32	3,65	1,46		-3,21
	0,25 x Vol	46,63	5,55	-0,32	3,65	1,46	-2,75	-3,21
Mariposa Vendida	2 x Vol	-254,79	-6,83	-0,10	-4,63	-3,56	1,46	2,49
	1.5 x Vol	0,00						
	Vol	0,00						
	0,5 x Vol	0,00						
	0,25 x Vol	0,00						

Figura 8-3. Ejemplo de resultados por símbolo y escenario. Elaboración propia.

En la Figura 8-3 se exponen a modo de ejemplo los beneficios o pérdidas que se obtendrían en cada uno de los escenarios y para cada una de las empresas al aplicar al aplicar la estrategia que el algoritmo considere más indicada basándose en la volatilidad esperada para cada símbolo. Para una mejor claridad visual se indican automáticamente en verde los beneficios y en rojo las pérdidas.

En la primera columna aparecen las estrategias por parejas, eligiéndose como máximo únicamente una de las dos estrategias de cada pareja para la inversión. En la segunda se indica la volatilidad esperada que se ha usado para realizar los cálculos, en la tercera aparece el sumatorio de los beneficios y pérdidas que cada una de las estrategias en cada uno de los escenarios ha generado en el total de las empresas usadas para la simulación. En este caso se han presentado los resultados de las seis primeras empresas por orden alfabético que emiten opciones con fecha de expiración el 15/01/2016. Además aparecen resaltados en verde y rojo las estrategias que mejores y peores resultados han obtenido en cada pareja de estrategias. A partir de la cuarta columna se expone el símbolo de cada empresa, la volatilidad implícita calculada previamente y los resultados reales en € (sin contar la capitalización del dinero) que se habrían obtenido de haber realizado la inversión indicada.

Toda esta información aparecerá en la hoja de cálculo llamada "Estrategias".

9 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Una vez comentado el funcionamiento del algoritmo y los cálculos que conlleva es el momento de exponer el formato en que se presentaran los resultados que se han obtenido mediante la implementación de las estrategias cono comprado – cono vendido y mariposa comprada – mariposa vendida.

En primer lugar se va a mostrar la hoja de cálculo en la que se exponen los resultados, posteriormente se mostraran las gráficas de la evolución que siguen los precios entre la fecha de emisión y la de expiración además de unas graficas comprando la volatilidad implícita con la variación real que han tenido los precios de las acciones entre ambas fechas.

9.1 Resultados obtenidos por las estrategias

Tras la realización del *backtest* se obtendrá automáticamente en la hoja de cálculo "Resultados" la siguiente información:

Estrategia elegida	Volatilidad esperada	Benficios netos	Nº de aciertos	Nº de fallos	Porcentaje de aciertos (%)	Promedio de beneficios
Cono Comprado	2 x Vol Imp	-395,82	16	62	20,51%	-5,07
	1,5 x Vol Imp	-387,49	15	59	20,27%	-5,24
	Vol Imp	-48,69	3	3	50,00%	-8,12
	0,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	0,25 x Vol Imp	0,00	0	0		
Cono Vendido	2 x Vol Imp	18,20	1	0	100,00%	18,20
	1,5 x Vol Imp	21,37	2	0	100,00%	10,68
	Vol Imp	306,40	51	14	78,46%	4,71
	0,5 x Vol Imp	312,69	59	19	75,64%	4,01
	0,25 x Vol Imp	347,82	60	19	75,95%	4,40
Mariposa Comprada	2 x Vol Imp	0,00	0	0		
	1,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	Vol Imp	-3,20	1	3	25,00%	-0,80
	0,5 x Vol Imp	75,02	27	18	60,00%	1,67
	0,25 x Vol Imp	46,63	39	31	55,71%	0,67
Mariposa Vendida	2 x Vol Imp	-254,79	25	54	31,65%	-3,23
	1,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	Vol Imp	0,00	0	0		
	0,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	0,25 x Vol Imp	0,00	0	0		

Figura 9-1. Ejemplo de los resultados globales. Elaboración propia.

Este ejemplo corresponde al mismo caso usado para todos los anteriores. Como se puede apreciar, en la primera columna se indican las estrategias a seguir, en la segunda los escenarios de volatilidad esperada que se han usado, en la tercera un sumatorio de los beneficios y/o pérdidas generadas por cada estrategia en cada escenario para cada empresa, en la tercera el número de veces que tras haber usado una determinada estrategia se han obtenido beneficios, en la cuarta el número de veces que tras haber seguido una estrategia se han obtenido pérdidas, en la quinta el porcentaje de aciertos de cada estrategia en cada escenario y en la sexta el promedio de beneficios o pérdidas que cada estrategia en cada escenario ha obtenido.

9.2 Evolución de los precios de las acciones entre la fecha de emisión y la de expiración de las opciones

Para una mejor valoración de los resultados y una aclaración de a que son debidos es interesante ver cuál ha sido la evolución que han seguido los precios de los subyacentes desde la emisión de las opciones hasta su fecha de expiración.

Ya que una gráfica en las que apareciera la evolución de los precios de todas las acciones no sería nada clarificadora, se ha establecido una gráfica en la que se muestra la evolución que ha seguido la suma de los precios de todas las acciones:

Figura 9-2. Ejemplo de la variación de la suma de precios. Elaboración propia.

De esta gráfica se pueden sacar conclusiones importantes que ayuden a explicar el porqué de los resultados de las estrategias. La dispersión que tienen los precios durante un periodo hacen que la volatilidad sea mayor o menor, pero lo realmente importante para obtener beneficios o perdidas mediante las estrategias que se usan en este estudio es la variación que existe entre el precio del subyacente en la fecha de emisión y el de la fecha de expiración, por lo que poder analizar la posible estacionalidad de estos precios y su evolución en el tiempo es de suma importancia a la hora de ajustar estas estrategias para usarlas en un futuro.

9.3 Comparación entre la volatilidad implícita calculada y la variación real entre los precios en la fecha de emisión y en la de expiración.

Al igual que la evolución de los precios entre la fecha de emisión y la de expiración de las opciones, también es interesante establecer una comparación entre la volatilidad implícita que se había calculado y la variación que realmente ha habido para cada empresa entre ambas fechas. Como se verá a continuación, la volatilidad implícita no es el único factor a tener en cuenta a la hora de establecer estrategias con opciones.

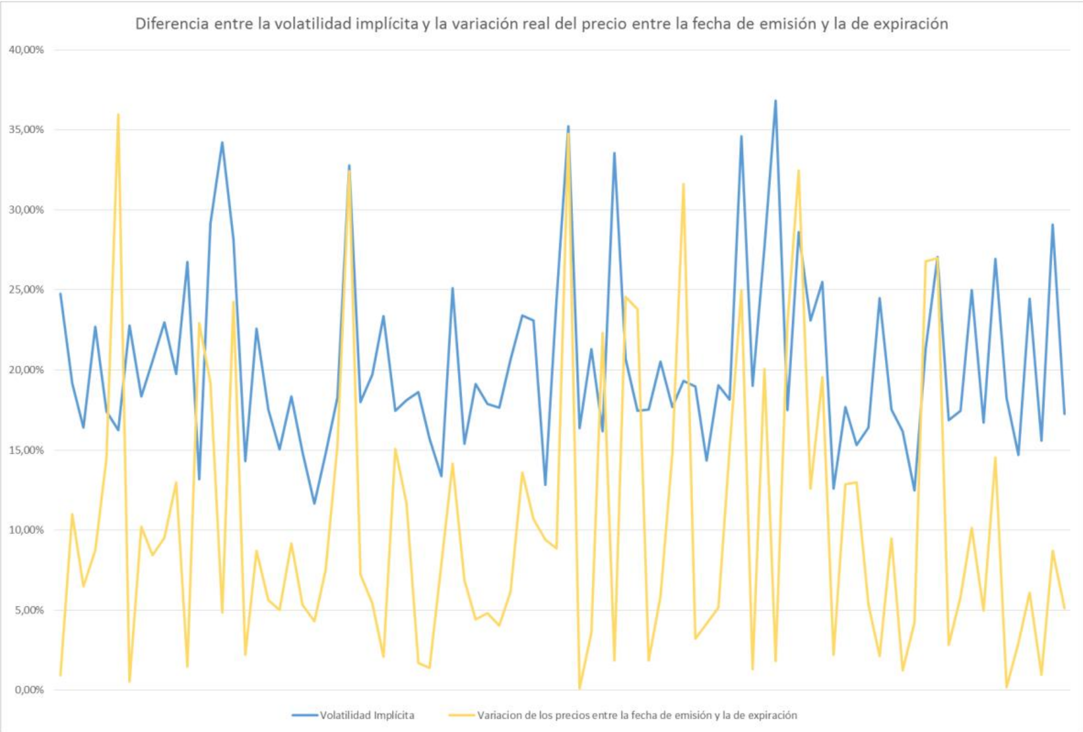

Figura 9-3. Ejemplo de la diferencia entre la volatilidad implícita y la variación real del precio. Elaboración propia.

En la Figura 12-3 se muestra un ejemplo de esta comparación. Como se puede observar en este caso la variación de los precios de los subyacente entre ambas fechas es mucho menor que la volatilidad implícita. La causa de esta diferencia se puede extraer de la Figura 9-2, en la que se ve como los precios de los subyacentes se alejan del valor que tenían en la fecha de emisión para después volver a un nivel de precios similares en la fecha de expiración.

9.4 Conclusiones

Una vez se ha expuesto la forma de llevar a cabo el *backtest* de una serie de opciones sobre acciones y las herramientas que permiten hacer un análisis de los beneficios y pérdidas de las estrategias implementadas se va a realizar y valorar un caso práctico en el siguiente capítulo. De esta forma se podrán observar y sacar conclusiones de ejemplos reales que serán una primera aproximación a la hora de relacionar los resultados de las estrategias con la volatilidad implícita y otros actores como la estacionalidad del mercado. Además se establecerán conclusiones basándose en el estudio hecho, que aunque no pueden llevar a una generalización, que por otro lado en los mercados financieros no existe, si se podrán analizar los resultados obtenidos.

10 CASO PRÁCTICO

En el presente capítulo se va a presentar un caso práctico consistente en aplicar las herramientas de *backtesting* que se han desarrollado a un caso concreto. Para ello se van a detallar los tres estudios independientes y los escenarios en los que se va a desarrollar, así como las hipótesis sobre las que se sustenta y las conclusiones que de él se pueden sacar.

10.1 Planteamiento

Este caso práctico consiste en la realización de un *backtesting* de estrategias con opciones financieras que se emitieron el 01/10/2015 y que expiraron en tres momentos distintos: los días 15/01/2016, 15/04/2016 y 20/05/2016.

Para ello se ha calculado, como se explicó anteriormente, la volatilidad implícita y se han propuesto para cada escenario cinco escenarios distintos que ya se enunciaron en capítulos anteriores. , éstos establecen que el precio del subyacente podría tener en el futuro una variación entre las fechas de emisión y expiración de las opciones de:

- El doble de la volatilidad implícita.
- Un 50% mayor que la volatilidad implícita.
- El mismo valor de la volatilidad implícita.
- La mitad de la volatilidad implícita.
- El 25% de la volatilidad implícita.

Así pues, se ha realizado la simulación para cada uno de ellos mediante una herramienta de *backtesting*, que, situándose en la fecha de la emisión, el 01/10/2015, y sin saber qué ocurrirá después, elige que estrategia de cada pareja tiene más probabilidades de obtener beneficios dependiendo de la volatilidad que se espere tenga el activo subyacente, y la aplica.

Posteriormente el algoritmo, ya que se conocen los precios que alcanzaron los subyacentes los días de expiración de las opciones, calcula los beneficios reales que habría obtenido cada estrategia aplicada sobre cada empresa en cada escenario y en cada escenario, arrojando así los datos de los resultados, que posteriormente serán analizados mediante tablas y gráficos.

Este caso práctico se ha realizado sobre las empresas del NASDAQ 100 que emitieron opciones que expiraban en cada uno de las tres fechas, y dado que hay fechas en las que más empresas expiran sus opciones y otras en las que menos, en cada escenario hay un número distinto de empresas, dato que se ha tenido en cuenta a la hora de realizar el estudio.

10.2 *Backtesting*

10.2.1 Estudio 1: Opciones que expiran el 15/01/2016

Para la realización de este *backtesting* se usaron datos de todas las empresa del NASDAQ100 que emitieron opciones que expiraban en esta fecha, un total de 88 las empresas. Se obtuvieron los datos de las cotizaciones diarias de todas estas empresas a lo largo de los dos últimos años y los datos de las opciones que se emitieron el día 01/10/2015. Posteriormente se calculó la volatilidad implícita de todas ellas y se realiza la simulación.

Los resultados que se recogen en las siguientes dos figuras pertenecen a simulación de la pareja cono comprado – cono vendido. En ella aparecen, junto a los símbolos, los beneficios y/o pérdidas que se habrían obtenido de haber realizado alguna de estas dos estrategias. Las casillas que están en blanco indican que el algoritmo, en base a la volatilidad implícita y al escenario concreto usado, estableció que no era interesante hacer una inversión en esas condiciones.

	Estrategia elegida	Cono Comprado					Cono Vendido				
Simbolos	Volatilidad esperada	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp
AAL	24,78%	-6,50	-6,50	-6,50						6,30	6,30
AAPL	19,18%	-4,32	-4,32	-4,32						4,12	4,12
ADBE	16,41%	-5,48	-5,48	-5,48						5,13	5,13
ADI	22,70%	-3,54	-3,54	-3,54						2,94	2,94
ADSK	17,42%	-0,37	-0,37	-0,37						0,16	0,16
AKAM	16,24%	15,01	15,01	15,01						-15,26	-15,26
ALXN	22,77%	-30,04	-30,04	-30,04						28,44	28,44
AMAT	18,33%	-0,80	-0,80	-0,80						0,73	0,73
AMGN	20,55%	-8,70	-8,70	-8,70						8,40	8,40
AMZN	22,96%	-36,64	-36,64	-36,64						34,24	34,24
ATVI	19,74%	-0,44	-0,44	-0,44						0,32	0,32
AVGO	26,73%	-23,82	-23,82	-23,82						22,82	22,82
BBBY	13,16%	6,39	6,39	6,39						-6,69	-6,69
BIDU	29,15%	1,14	1,14	1,14						-1,14	-1,14
BIIB	34,20%	-36,73	-36,73	-36,73							35,13
BMRN	28,14%	-5,75	-5,75							2,35	2,35
CA	14,29%	-2,57	-2,57	-2,57						2,37	2,37
CELG	22,58%	-9,05	-9,05	-9,05						8,55	8,55
CERN	17,53%	-5,32	-5,32	-5,32						4,62	4,62
CHKP	15,02%	-4,80	-4,80	-4,80						4,30	4,30
CHTR	18,35%	-10,61	-10,61	-10,61						6,91	6,91
CMCSA	14,83%	-3,70	-3,70	-3,70						3,49	3,49
COST	11,66%	-6,50	-6,50	-6,50						6,00	6,00
CSCO	14,76%	-1,08	-1,08	-1,08						0,99	0,99
CSX	18,27%	0,37	0,37	0,37						-0,48	-0,48
CTRP	32,78%						18,20	18,20	18,20	18,20	18,20
CTSH	18,01%	-3,54	-3,54	-3,54						3,14	3,14
CTXS	19,71%	-6,70	-6,70	-6,70						5,70	5,70
DISCA	23,36%	-3,92	-3,92	-3,92						3,62	3,62
DISH	17,46%	-1,44	-1,44							0,84	0,84
DLTR	18,10%	-0,94	-0,94	-0,94						0,24	0,24
EA	18,60%	-10,01	-10,01	-10,01						9,51	9,51
EBAY	15,69%	-2,99	-2,99	-2,99						2,90	2,90
ESRX	13,38%	-2,67	-2,67	-2,67						2,37	2,37
EXPE	25,10%	-4,39	-4,39	-4,39						3,69	3,69
FAST	15,41%	-2,32	-2,32	-2,32						1,92	1,92
FB	19,14%	-9,78	-9,78	-9,78						9,53	9,53
FOX	17,86%	-2,25	-2,25	-2,25						1,85	1,85
FOXA	17,66%	-2,41	-2,41	-2,41						2,11	2,11
GILD	20,65%	-9,84	-9,84	-9,84						9,49	9,49
GOOG	23,41%	6,06	6,06	6,06						-6,06	-6,06
GOOGL	23,10%	-12,81	-12,81	-12,81						10,71	10,71
HSIC	12,81%	-2,27	-2,27	-2,27						0,77	0,77
ILMN	24,40%	-23,36	-23,36	-23,36						16,96	16,96
INCY	35,24%	6,48	6,48	6,48						-11,28	-11,28

Figura 10-1. Resultados particulares de la simulación cono comprado – cono vendido sobre opciones que expiraron el 15/01/2016 (i/ii). Elaboración propia.

INTC	16,36%	-3,64	-3,64	-3,64						3,56	3,56
INTU	21,30%	-8,02	-8,02	-8,02						7,02	7,02
ISRG	16,16%	34,08	34,079993	34,08						-34,08	-34,08
JD	33,53%	-5,86	-5,86	-5,86						5,41	5,41
LBTYA	20,67%	3,40	3,40	3,40						-4,25	-4,25
LBTYK	17,45%	2,43	2,43							-3,48	-3,48
LLTC	17,54%	-5,07	-5,07	-5,07						4,77	4,77
LRCX	20,54%	-6,97	-6,97	-6,97						6,57	6,57
MAR	17,70%	1,09	1,09	1,09						-1,59	-1,59
MAT	19,31%	2,80	2,80	2,80						-2,80	-2,80
MCHP	18,96%	-4,79	-4,79	-4,79						4,14	4,14
MDLZ	14,34%	-4,12	-4,12	-4,12						3,58	3,58
MNST	19,05%	-13,87	-13,87	-13,87						11,77	11,77
MSFT	18,15%	1,66	1,66	1,66						-1,66	-1,66
MU	34,59%	-0,16	-0,16	-0,16						-0,32	-0,32
MXIM	18,99%	-4,08	-4,08	-4,08						3,68	3,68
MYL	27,67%	-0,05	-0,05	-0,05						0,05	0,05
NFLX	36,81%	-25,56	-25,56	-25,56						25,11	25,11
NTAP	17,49%	2,39	2,39	2,39						-2,70	-2,70
NTES	28,60%	13,40	13,40	13,40						-13,40	-13,40
NVDA	23,07%	-0,75	-0,75	-0,75						0,66	0,66
NXPI	25,50%	-0,81	-0,81	-0,81						-0,69	-0,69
PAYX	12,58%	-3,27	-3,27	-3,27						3,02	3,02
PCLN	17,67%	-11,76	-11,76	-11,76						6,06	6,06
QCOM	15,30%	-0,09	-0,09	-0,09						-0,21	-0,21
QVCA	16,41%	-2,19	-2,19	-2,19						1,89	1,89
REGN	24,49%	-75,78	-75,78	-75,78						70,18	70,18
ROST	17,51%	-1,80	-1,80	-1,80						1,30	1,30
SBUX	16,16%	-6,15	-6,15	-6,15						5,95	5,95
SIRI	12,49%	-0,31	-0,31	-0,31						0,24	0,24
STX	21,35%	3,23	3,23	3,23						-3,45	-3,45
SWKS	27,04%	4,83	4,83	4,83						-5,73	-5,73
SYMC	16,86%	-3,58							3,17	3,17	3,17
TMUS	17,46%	-3,49	-3,49	-3,49						3,09	3,09
TRIP	24,99%	-5,20	-5,20	-5,20						4,30	4,30
TSCO	16,72%	-8,16	-8,16	-8,16						7,16	7,16
TSLA	26,93%	-11,41	-11,41	-11,41						10,51	10,51
TXN	18,23%	-5,92	-5,92	-5,92						5,79	5,79
ULTA	14,68%	-19,94	-19,94							17,14	17,14
VIAB	24,45%	-5,17	-5,17	-5,17						4,57	4,57
VOD	15,59%	-3,53	-3,53	-3,53						3,29	3,29
VRTX	29,07%	-18,28	-18,28	-18,28						12,98	12,98
WBA	17,27%	-5,98	-5,98	-5,98						5,63	5,63

Figura 10-2. Resultados particulares de la simulación cono comprado – cono vendido sobre opciones que expiraron el 15/01/2016 (ii/ii). Elaboración propia.

En las figuras se puede ver cómo, en la mayoría de los casos, como es lógico, se optó por la estrategia de cono comprado cuando se esperaba que el mercado tuviera una volatilidad elevada y por la estrategia de cono vendido cuando se esperaban unas condiciones de menor volatilidad.

También se observa que hay mayores beneficios en la estrategia cono vendido que en la de cono comprado, lo que hace suponer que el mercado se comportó mayormente de manera poco volátil en este periodo.

Otra característica de los resultados es que para un mismo símbolo, las ganancias posibles son siempre un poco menores que las pérdidas posibles, y esto es debido a las comisiones que cobra el bróker por llevar a cabo las operaciones.

En la siguiente figura se aprecian de manera global los resultados generales:

Estrategia elegida	Volatilidad usada	Neto	Nº aciertos	Nº fallos	Porcentaje de aciertos (%)	Promedio de beneficios
Cono Comprado	2 x Vol Imp	-479,42	16	71	18,39%	-5,51
	1,5 x Vol Imp	-475,84	16	70	18,60%	-5,53
	Vol Imp	-451,14	15	67	18,29%	-5,50
	0,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	0,25 x Vol Imp	0,00	0	0		
Cono Vendido	2 x Vol Imp	18,20	1	0		18,20
	1,5 x Vol Imp	18,20	1	0		18,20
	Vol Imp	21,37	2	0		10,68
	0,5 x Vol Imp	384,07	68	19	78,16%	4,41
	0,25 x Vol Imp	419,20	69	19	78,41%	4,76

Figura 10-3. Resultados globales de la simulación cono comprado – cono vendido sobre opciones que expiraron el 15/01/2016. Elaboración propia.

A la luz de estos resultados se puede establecer que el escenario que más se acercó a la realidad fue el que establecía la volatilidad futura en un 25% de la volatilidad implícita calculada. Esto hizo que la estrategia más adecuada para esta situación fuera la de cono vendido, obteniendo 419,20€ con un 78,41% de aciertos.

En la primera parte se vio que la compra de una *call* era la forma más apalancada de operar en el mercado cuando se espera que sea alcista, y que por su parte la compra de una *put* lo era cuando se esperaba que el mercado fuera bajista, además este tipo de operaciones tienen unas perdidas limitadas. Este apalancamiento es debido a que solo hay que pagar el precio de la prima.

Si se usa una estrategia cono comprado, en realidad lo que se está haciendo es comprar dos opciones, una *call* y una *put*, por lo que las características del posible beneficio ilimitado y las posibles pérdidas limitadas se sigue cumpliendo. Sin embargo cuando se toma partido en una estrategia cono vendido, lo que se está haciendo es vender una *call* y una *put*, por lo que en este caso los papeles se cambian, y los posibles beneficios pasan a ser limitados (la prima percibida por la venta de las opciones) y las posibles pérdidas pasan a ser potencialmente ilimitadas, por lo que ésta, pese a poder tener unos beneficios elevados (aunque limitados) no es una opción muy recomendable.

Si se recuerda la introducción que se hizo de las opciones en la primera parte, se indicó que una de los usos (y razones de la existencia de éstas) es la posibilidad de cubrir posiciones en acciones mediante opciones. Este razonamiento lleva a buscar una posible estrategia en la que mediante la compra de opciones se cubran las posibles pérdidas derivadas de la venta de otras opciones. Así se llega a la estrategia mariposa comprada, y como consecuencia, a la estrategia mariposa vendida. Con estas dos estrategias, tanto los posibles beneficios como las posibles pérdidas son limitados. Como consecuencia se asumen mayores costes en concepto de pago de primas.

En las siguientes figuras se mostrarán los resultados que cada estrategia conseguiría al aplicarlo en cada empresa obtuvo al simular mediante un algoritmo que decide si es mejor aplicar la estrategia mariposa comprada o mariposa vendida, dependiendo del escenario en el que se encuentre:

	Estrategia elegida	Mariposa Comprada					Mariposa Vendida				
Simbolos	Volatilidad esperada	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp
AAL	24,78%				5,55	5,55	-6,83	-6,83			
AAPL	19,18%				-0,32	-0,32	-0,10	-0,10			
ADBE	16,41%				3,65	3,65	-4,63	-4,63			
ADI	22,70%				1,46	1,46	-3,56	-3,56			
ADSK	17,42%					-2,75	1,46	1,46			
AKAM	16,24%				-3,21	-3,21	2,49	2,49			
ALXN	22,77%				20,08	20,08	-26,43	-26,43			
AMAT	18,33%				-0,13	-0,13	-0,11	-0,11			
AMGN	20,55%					1,82	-3,76	-3,76			
AMZN	22,96%				17,40	17,40	-23,50	-23,50			
ATVI	19,74%				-0,67	-0,67	0,02	0,02			
AVGO	26,73%					14,02	-17,57	-17,57			
BBBY	13,16%				-2,92	-2,92	2,07	2,07			
BIDU	29,15%				-5,74	-5,74	2,53	2,53			
BIIB	34,20%					27,88	-33,93	-33,93			
BMRN	28,14%				-8,85	-8,85	-1,45	-1,45			
CA	14,29%					1,00	-2,00	-2,00			
CELG	22,58%					2,41	-4,65	-4,65			
CERN	17,53%						0,08	0,08			
CHKP	15,02%				3,91	3,91	-5,96	-5,96			
CHTR	18,35%					-4,03	-6,47	-6,47			
CMCSA	14,83%				2,35	2,35	-3,10	-3,10			
COST	11,66%				3,88	3,88	-5,91	-5,91			
CSCO	14,76%					-0,19	-0,09	-0,09			
CSX	18,27%				-1,56	-1,56	1,18	1,18			
CTRP	32,78%					-5,89	-0,61	-0,61			
CTSH	18,01%					0,28	-1,48	-1,48			
CTXS	19,71%					2,42	-6,17	-6,17			
DISCA	23,36%					1,24	-1,94	-1,94			
DISH	17,46%				-2,40	-2,40	0,80	0,80			
DLTR	18,10%				0,20	0,20	-3,10	-3,10			
EA	18,60%					2,98	-5,42	-5,42			
EBAY	15,69%				3,21	3,21	-3,47	-3,47			
ESRX	13,38%				0,46	0,46	-1,40	-1,40			
EXPE	25,10%				-0,63	-0,63	-2,87	-2,87			
FAST	15,41%					-0,46	-2,24	-2,24			
FB	19,14%				6,43	6,43	-7,00	-7,00			
FOX	17,86%					0,79	-1,64	-1,64			
FOXA	17,66%				1,95	1,95	-2,70	-2,70			
GILD	20,65%				5,67	5,67	-8,56	-8,56			
GOOG	23,41%					-19,28	13,53	13,53			
GOOGL	23,10%					-1,49	-5,66	-5,66			
HSIC	12,81%				-2,95	-2,95	-3,20	-3,20			
ILMN	24,40%				5,61	5,61	-14,51	-14,51			
INCY	35,24%					-22,02	11,52	11,52			
INTC	16,36%					2,32	-2,58	-2,58			
INTU	21,30%					2,82	-6,47	-6,47			
ISRG	16,16%				-34,20	-34,20	22,10	22,10			
JD	33,53%				4,15	4,15	-5,10	-5,10			
LBTYA	20,67%					-4,95	2,65	2,65			
LBTYK	17,45%				-2,05	-2,05	0,15	0,15			
LLTC	17,54%				3,25	3,25	-5,30	-5,30			
LRCX	20,54%				4,36	4,36	-5,56	-5,56			
MAR	17,70%				-3,78	-3,78	1,03	1,03			
MAT	19,31%				-1,15	-1,15	0,60	0,60			
MCHP	18,96%					2,05	-5,10	-5,10			
MDLZ	14,34%				1,61	1,61	-2,88	-2,88			
MNST	19,05%				7,29	7,29	-10,94	-10,94			
MSFT	18,15%					-2,66	1,70	1,70			
MU	34,59%					-1,14	0,11	0,11			
MXIM	18,99%					1,93	-3,83	-3,83			
MYL	27,67%					-3,70	0,46	0,46			
NFLX	36,81%				18,76	18,76	-21,28	-21,28			
NTAP	17,49%					-2,87	1,14	1,14			
NTES	28,60%					-21,85	15,45	15,45			
NVDA	23,07%				0,38	0,38	-1,25	-1,25			
NXPI	25,50%					-6,03	2,23	2,23			
PAYX	12,58%					1,84	-2,44	-2,44			
PCLN	17,67%				-30,99	-30,99	19,79	19,79			
QCOM	15,30%				-2,43	-2,43	1,24	1,24			
QVCA	16,41%				1,02	1,02	-1,77	-1,77			

Figura 10-4. Resultados particulares de la simulación mariposa comprada – mariposa vendida sobre opciones que expiraron el 15/01/2016 (i/ii). Elaboración propia.

REGN	24,49%				54,11	54,11	-64,51	-64,51			
ROST	17,51%				0,00	0,00	-2,15	-2,15			
SBUX	16,16%				4,87	4,87	-5,41	-5,41			
SIRI	12,49%					0,04	-0,20	-0,20			
STX	21,35%				-4,20	-4,20	3,12	3,12			
SWKS	27,04%					-12,29	10,39	10,39			
SYMC	16,86%					0,36	-1,35	-1,35			
TMUS	17,46%				1,59	1,59	-2,48	-2,48			
TRIP	24,99%				2,83	2,83	-4,73	-4,73			
TSCO	16,72%					2,34	-6,14	-6,14			
TSLA	26,93%				5,25	5,25	-8,00	-8,00			
TXN	18,23%					4,20	-4,67	-4,67			
ULTA	14,68%				8,84	8,84	-13,24	-13,24			
VIAB	24,45%				2,59	2,59	-4,04	-4,04			
VOD	15,59%					1,66	-2,37	-2,37			
VRTX	29,07%					3,45	-12,05	-12,05			
WBA	17,27%				2,97	2,97	-5,71	-5,71			

Figura 10-5. Resultados particulares de la simulación mariposa comprada – mariposa vendida sobre opciones que expiraron el 15/01/2016 (ii/ii).

En este caso para el cálculo dinámico de los precios de compra y venta de las opciones se han establecido los siguientes valores:

- $A = S_0\ x\ (1\ -\ \sigma')$
- $B = S_0$
- $C = S_0\ x\ (1 +\ \sigma')$

donde S_0 es el precio del subyacente en el momento de emisión de las opciones, y σ' es la volatilidad implícita previamente calculada.

Al igual que ocurrió en el caso de la pareja cono comprado - cono vendido, en esta pareja también existe una dicotomía entre cada una de las estrategias de la pareja, siendo aplicables en momentos totalmente opuestos. En el caso de la pareja que nos ocupa, si se supone un horizonte en el que la volatilidad se espera baja, la estrategia a usar será la de mariposa comprada, y por el contrario se espera que el mercado se mueva mucho, al alza o a la baja, se usaría la estrategia mariposa vendida.

Esto se refleja en la estrategia que el algoritmo ha usado dependiendo de la volatilidad esperada en cada escenario.

Los resultados reflejan que, debido a que el mercado a la fecha de expiración con respecto a la de emisión ha tenido un movimiento menor que el esperado por la volatilidad implícita, la estrategia que mejores resultados ha obtenido ha sido la de cono comprado. En la siguiente figura se detallan los datos globales:

Estrategia elegida	Volatilidad usada	Neto	Nº aciertos	Nº fallos	Porcentaje de aciertos (%)	Promedio de beneficios
Mariposa Comprada	2 x Vol Imp	0,00	0	0		
	1,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	Vol Imp	0,00	0	0		
	0,5 x Vol Imp	97,51	32	18	64,00%	1,95
	0,25 x Vol Imp	63,77	53	34	60,92%	0,73
Mariposa Vendida	2 x Vol Imp	-315,75	25	63	28,41%	-3,59
	1,5 x Vol Imp	-315,75	25	63	28,41%	-3,59
	Vol Imp	0,00	0	0		
	0,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	0,25 x Vol Imp	0,00	0	0		

Figura 10-6. Resultados globales de la simulación mariposa comprada – mariposa vendida sobre opciones que expiraron el 15/01/2016. Elaboración propia.

Lo primero que llama la atención de los resultados es que los beneficios que obtiene la estrategia ganadora son considerablemente menores que los obtenidos por la estrategia ganadora en la pareja cono comprado – cono vendido. Una de las razones, más allá de las características concretas de este escenario en concreto es que tanto en la estrategia mariposa comprada como en la mariposa vendida se compran y venden opciones, por lo que los cargos en concepto de primas son mayores que en el caso de la estrategia cono vendido.

Por otro lado también es interesante ver que en los dos casos en los que la estrategia elegida ha cosechado más perdidas en esta pareja, estás han sido menores que en la peor situación de la pareja cono comprado - cono vendido, esto se debe a que como se ha explicado, en las estrategias mariposa comprada - mariposa vendida las pérdidas son limitadas mediante la compra de opciones para cubrir posibles pérdidas.

Para un análisis de las condiciones de mercado que han llevado a obtener más beneficios a las estrategias que se usan en momentos en los que la volatilidad es pequeña, se exponen las siguientes gráficas, que muestran por un lado la evolución de la suma de los precios de todas las acciones día a día, y por otro una comparación de la volatilidad implícita con la variación real que han tenido los precios de los subyacente entre la fecha de emisión de las opciones y la fecha de expiración.

Figura 10-7. Evolución de la suma de los precios de los subyacentes desde la fecha de emisión a la de expiración. Elaboración propia.

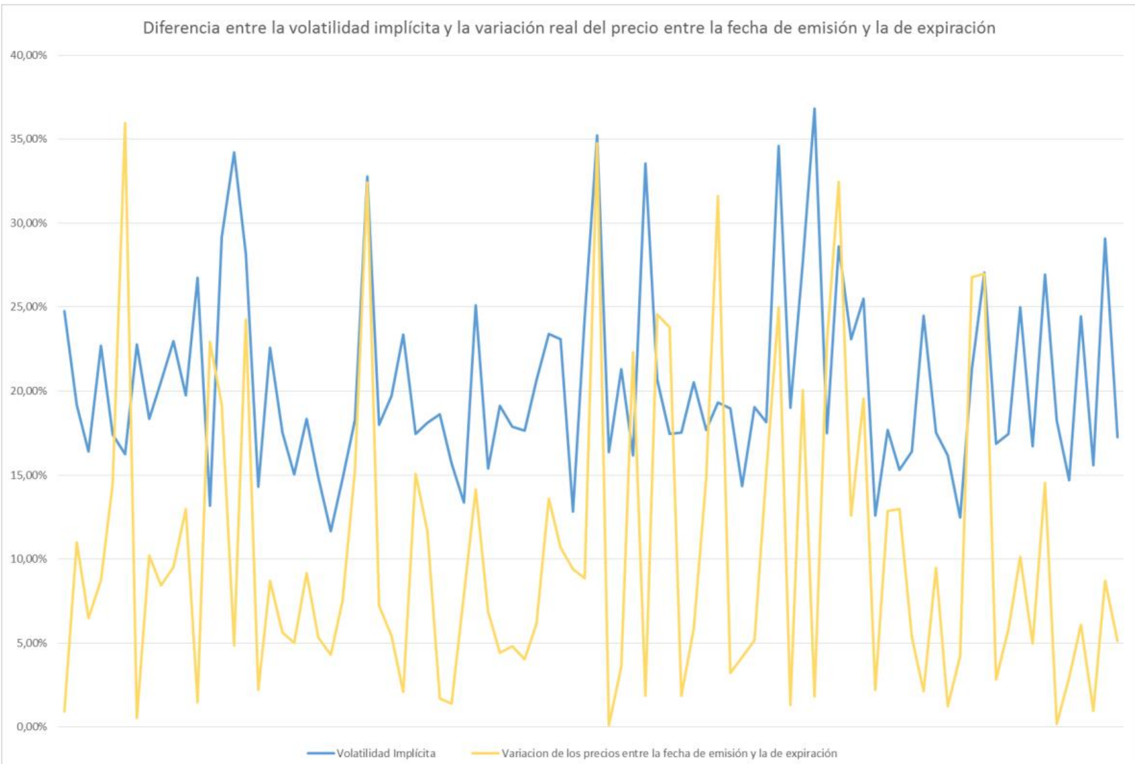

Figura 10-8. Comparación entre la volatilidad implícita y la variación real del precio entre la fecha de emisión y la de expiración. Elaboración propia.

Como se puede apreciar en la Figura 10-7, llama poderosamente la atención como los precios aumentan mucho y cuando se acerca la fecha de expiración recuperan el mismo valor que tenían en la fecha en la que se emitieron las opciones.

Esto explica perfectamente por qué hay tanta diferencia entre la volatilidad implícita y la variación real de los precios entre las fechas de emisión y de expiración que se aprecia en la Figura 10-8, en la que se ve claramente que en la mayoría de las empresas la variación entre la fecha de emisión y la de expiración está por debajo de la volatilidad implícita.

10.2.2 Estudio 2: Opciones que expiran el 15/04/2016

En este escenario se producen cambios con respecto al primero, derivados de la distinta fecha de expiración de las opciones, lo que implica variaciones también en las condiciones del mercado. Otro cambio se encuentra en el número de empresas cuyas opciones expiraron en esta fecha, que es considerablemente menor.

La volatilidad implícita en este caso se ha calculado asignando distintos pesos derivados de la distinta fecha hasta la expiración de las opciones. Se le ha asignado un 35% de importancia a la volatilidad histórica de los últimos 3 meses, un 50% a la de los últimos 6 meses y un 15% a la del último año.

Tras hacer una simulación siguiendo las mismas pautas que en el anterior escenario se observa que esta vez, aunque la volatilidad del mercado también está por debajo de la volatilidad implícita calculada, no hay tanta diferencia entre ellas, como se verá posteriormente, lo que se refleja en las estrategias que el algoritmo ha usado en cada caso, y como consecuencia en los resultados que ha obtenido. La razón de que no haya tanta diferencia es porque la diferencia de precios entre la emisión y la expiración de las opciones ha sido mayor que en el escenario anterior.

En la siguiente figura se exponen los resultados individuales de cada empresa:

	Estrategia elegida	Cono Comprado					Cono Vendido				
Simbolos	Volatilidad esperada	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp
AAPL	19,52%	-20,09	-20,09						19,74	19,74	19,74
ADBE	16,82%	-3,19	-3,19						2,79	2,79	2,79
ADSK	18,04%	6,58	6,58						-6,58	-6,58	-6,58
AMAT	19,02%	3,88	3,88						-3,88	-3,88	-3,88
AMGN	20,97%	-4,90	-4,90	-4,90						4,35	4,35
AMZN	23,86%	-9,83	-9,83	-9,83						6,53	6,53
AVGO	27,56%	-1,48	-1,48							1,48	1,48
BIIB	34,64%	-47,70	-47,70	-47,70						45,00	45,00
BMRN	28,98%	-17,56	-17,56						11,26	11,26	11,26
CELG	23,07%	-18,68	-18,68	-18,68						18,03	18,03
CHKP	15,57%	-3,75	-3,75	-3,75						3,15	3,15
CHTR	18,81%	-15,91	-15,91							11,11	11,11
CMCSA	15,18%	-3,91	-3,91						3,61	3,61	3,61
COST	11,98%	-7,98	-7,98							7,53	7,53
CSCO	15,06%	-1,41	-1,41						1,25	1,25	1,25
CTSH	18,67%	-8,00	-8,00	-8,00						7,50	7,50
DISCA	23,86%	-2,77	-2,77	-2,77						2,17	2,17
EBAY	16,14%	-4,03	-4,03						3,90	3,90	3,90
EXPE	25,75%	-18,29	-18,29	-18,29						16,59	16,59
FOX	18,11%	-2,22	-2,22	-2,22						1,77	1,77
FOXA	17,92%	-1,72	-1,72	-1,72						1,17	1,17
HSIC	13,19%	16,39	16,39							-16,39	-16,39
INTC	16,89%	-2,94	-2,94	-2,94						2,84	2,84
INTU	21,60%	0,05	0,05	0,05						-0,05	-0,05
ISRG	16,71%	83,15	83,15						-83,15	-83,15	-83,15
LBTYA	21,09%	-5,06	-5,06							3,16	3,16
LBTYK	17,85%	-5,84	-5,84						4,49	4,49	4,49
MAR	18,14%	-10,32	-10,32	-10,32						9,82	9,82
MAT	20,29%	9,93	9,93							-9,93	-9,93
MCHP	19,39%	-0,85	-0,85							0,15	0,15
MSFT	18,95%	4,80	4,80	4,80						-4,80	-4,80
MU	35,86%	-0,79	-0,79	-0,79						0,27	0,27
MYL	29,05%	-6,22	-6,22	-6,22						3,92	3,92

Figura 10-9. Resultados particulares de la simulación cono comprado – cono vendido sobre opciones que expiraron el 15/04/2016 (i/ii). Elaboración propia.

NXPI	26,08%	-22,54	-22,54							19,94	19,94
PCLN	18,09%	-145,88	-145,88							139,58	139,58
QCOM	15,71%	-7,66	-7,66						7,36	7,36	7,36
QVCA	16,90%	-4,19	-4,19							3,79	3,79
SBUX	16,56%	-5,87	-5,87	-5,87						5,62	5,62
SYMC	17,69%	-1,83							1,31	1,31	1,31
TSCO	17,15%	-13,22	-13,22							9,52	9,52
TXN	18,82%	2,94	2,94	2,94						-2,94	-2,94
VOD	16,03%	-2,62	-2,62							2,30	2,30
VRTX	29,64%	-10,42	-10,42							5,02	5,02
WBA	17,80%	-11,25	-11,25	-11,25						10,85	10,85

Figura 10-10. Resultados particulares de la simulación cono comprado – cono vendido sobre opciones que expiraron el 15/04/2016 (ii/ii). Elaboración propia.

Con solo una rápida visualización se puede apreciar que como de nuevo, al haber sido la variación de los precios, en general, menor que la volatilidad implícita calculada, la estrategia que mayores beneficios ha obtenido ha sido la de cono vendido.

Si se atiende a los resultados generales se observa algo curioso: como a pesar de haberse obtenido un porcentaje de aciertos de más de un 81% frente al 78% del escenario anterior que obtuvo la estrategia ganadora, en este caso los beneficios totales son menores. Esto se debe a que al no haber permanecido los precios en una situación tan similar en la fecha de emisión y la de expiración como ocurrió en el Estudio 1, los beneficios derivados de la estrategia cono vendido han sido menores, pues estos son inversamente proporcional a la diferencia entre los precios de ambas fechas. Por su parte las pérdidas también han sido menores en la estrategia que ha resultado menos efectivas.

Estrategia elegida	Volatilidad usada	Neto	Nº aciertos	Nº fallos	Porcentaje de aciertos (%)	Promedio de beneficios
Cono Comprado	2 x Vol Imp	-323,21	8	36	18,18%	-7,35
	1,5 x Vol Imp	-321,38	8	35	18,60%	-7,47
	Vol Imp	-147,46	3	16	15,79%	-7,76
	0,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	0,25 x Vol Imp	0,00	0	0		
Cono Vendido	2 x Vol Imp	0,00	0	0		
	1,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	Vol Imp	-37,89	9	3	75,00%	-3,16
	0,5 x Vol Imp	271,16	36	8	81,82%	6,16
	0,25 x Vol Imp	271,16	36	8	81,82%	6,16

Figura 10-11. Resultados globales de la simulación cono comprado – cono vendido sobre opciones que expiraron el 15/04/2016. Elaboración propia.

A continuación se exponen los resultados obtenidos con la pareja de estrategias mariposa comprada – mariposa vendida:

	Estrategia elegida	Mariposa Comprada					Mariposa Vendida				
Simbolos	Volatilidad esperada	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp
AAPL	19,52%				13,28	13,28	-13,98	-13,98			
ADBE	16,82%				-2,80	-2,80	1,79	1,79			
ADSK	18,04%				-2,42	-2,42	1,74	1,74			
AMAT	19,02%				-1,16	-1,16	0,69	0,69			
AMGN	20,97%				-4,55	-4,55	1,92	1,92			
AMZN	23,86%				-25,99	-25,99	17,64	17,64			
AVGO	27,56%				-16,30	-16,30	9,10	9,10			
BIIB	34,64%				33,33	33,33	-41,73	-41,73			
BMRN	28,98%				-3,32	-3,32	-8,38	-8,38			
CELG	23,07%				11,32	11,32	-13,92	-13,92			
CHKP	15,57%				1,70	1,70	-3,55	-3,55			
CHTR	18,81%				-4,10	-4,10	-6,70	-6,70			
CMCSA	15,18%				0,76	0,76	-1,94	-1,94			
COST	11,98%				3,30	3,30	-6,65	-6,65			
CSCO	15,06%				-0,59	-0,59	0,22	0,22			
CTSH	18,67%				6,06	6,06	-7,31	-7,31			
DISCA	23,86%					-0,73	-0,27	-0,27			
EBAY	16,14%				3,64	3,64	-4,05	-4,05			
EXPE	25,75%				8,21	8,21	-13,91	-13,91			
FOX	18,11%				0,24	0,24	-1,19	-1,19			
FOXA	17,92%				0,38	0,38	-1,33	-1,33			
HSIC	13,19%				-7,20	-7,20	-2,50	-2,50			
INTC	16,89%				0,97	0,97	-1,31	-1,31			
INTU	21,60%					-6,89	2,39	2,39			
ISRG	16,71%				-33,50	-33,50	18,00	18,00			
LBTYA	21,09%					-1,22	-3,78	-3,78			
LBTYK	17,85%					-1,47	-0,58	-0,58			
MAR	18,14%				6,19	6,19	-8,94	-8,94			
MAT	20,29%				-1,15	-1,15	0,25	0,25			
MCHP	19,39%				-1,86	-1,86	0,31	0,31			
MSFT	18,95%				-3,27	-3,27	2,40	2,40			
MU	35,86%				-0,82	-0,82	-0,27	-0,27			
MYL	29,05%					-0,25	-4,76	-4,76			
NXPI	26,08%				11,30	11,30	-16,95	-16,95			
PCLN	18,09%				66,16	66,16	-77,16	-77,16			
QCOM	15,71%				3,86	3,86	-5,25	-5,25			
QVCA	16,90%					1,45	-2,40	-2,40			
SBUX	16,56%				4,63	4,63	-5,42	-5,42			
SYMC	17,69%					-1,90	0,64	0,64			
TSCO	17,15%					1,62	-8,42	-8,42			
TXN	18,82%				-3,53	-3,53	2,80	2,80			
VOD	16,03%				0,33	0,33	-1,06	-1,06			
VRTX	29,64%				-7,99	-7,99	-3,81	-3,81			
WBA	17,80%				6,73	6,73	-7,81	-7,81			

Figura 10-12. Resultados particulares de la simulación mariposa comprada – mariposa vendida sobre opciones que expiraron el 15/04/2016. Elaboración propia.

Como era de esperar tras los resultados de la anterior pareja de estrategias, en este caso, al igual que en Estudio 1, los resultados han favorecido, aunque no de manera tan abultada como en el Estudio anterior, a la estrategia que se aplica cuando se espera volatilidad baja, la estrategia mariposa comprada, consistente en este estudio en la venta de dos opciones al precio que tiene el subyacente en el momento de la emisión de las opciones y la compra de dos opciones para cubrir las posibles pérdidas.

Para ahondar un poco más en los resultados se hará uso de la tabla que muestra los resultados generales.

Estrategia elegida	Volatilidad usada	Neto	Nº aciertos	Nº fallos	Porcentaje de aciertos (%)	Promedio de beneficios
Mariposa Comprada	2 x Vol Imp	0,00	0	0		
	1,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	Vol Imp	0,00	0	0		
	0,5 x Vol Imp	61,81	19	17	52,78%	1,72
	0,25 x Vol Imp	52,43	21	23	47,73%	1,19
Mariposa Vendida	2 x Vol Imp	-215,42	14	30	31,82%	-4,90
	1,5 x Vol Imp	-215,42	14	30	31,82%	-4,90
	Vol Imp	0,00	0	0		
	0,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	0,25 x Vol Imp	0,00	0	0		

Figura 10-13. Resultados globales de la simulación mariposa comprada – mariposa vendida sobre opciones que expiraron el 15/04/2016. Elaboración propia.

Se observa cómo, al igual que en el Estudio 1, tanto los beneficios como las pérdidas de estas dos estrategias son menores que en caso de la pareja anterior, pues es, como se indicó, una característica de éstas.

En la mariposa comprada el escenario que más beneficios obtiene es en el que la volatilidad es el 50% de la volatilidad implícita, este mayor beneficio comparada con el de escenario que establece la volatilidad en el 25% de la volatilidad implícita se debe a que, al suponer este último escenario que la volatilidad va a ser menor, implica un mayor número de inversiones, que en caso del escenario que establece la volatilidad en el 50% de la volatilidad implícita no se acometería por estar fuera de un rango de posibles beneficios, con lo que aumenta su eficacia en este escenario.

En este caso la estrategia que más beneficios ha obtenido en el global ha sido, al igual que en el Estudio 1, el cono vendido, aunque también es la que tiene más riesgos, pues las posibles pérdidas no son limitadas.

A continuación se muestra la evolución que ha seguido la suma de los precios de los subyacentes, para analizar el porqué de los resultados obtenidos por las estrategias.

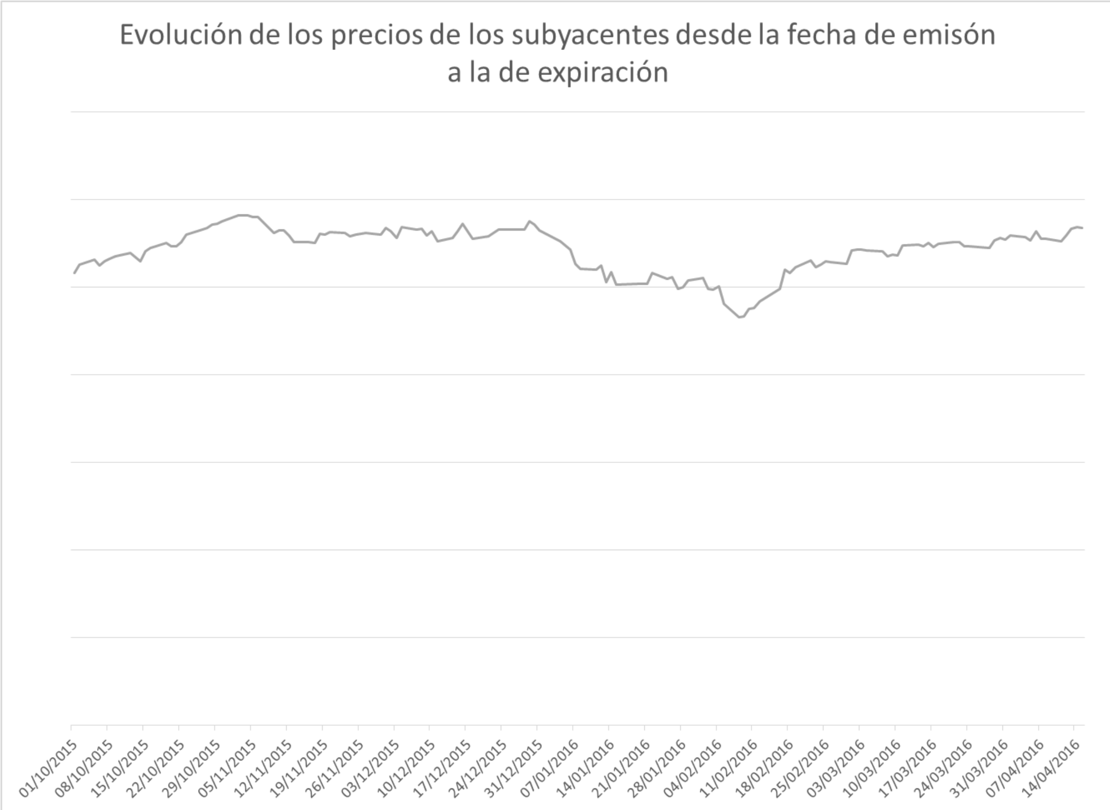

Figura 10-14. Evolución de la suma de los precios de los subyacentes desde la fecha de emisión a la de expiración. Elaboración propia.

En la fecha de expiración los precios se sitúan en una posición próxima a la que marcan los máximos en el periodo que nos ocupa, y su evolución sigue una trayectoria totalmente distinta a la que seguía en el Estudio 1, por lo que refleja la diferencia de volatilidad entre los dos estudios vistos hasta ahora.

Este hecho se aprecia también en la Figura 13-14, donde se ve que las variaciones de los precios entre las fechas de emisión y expiración son menores que la volatilidad implícita calculada, pero no hay tanta diferencia entre ellas como en el Estudio 1.

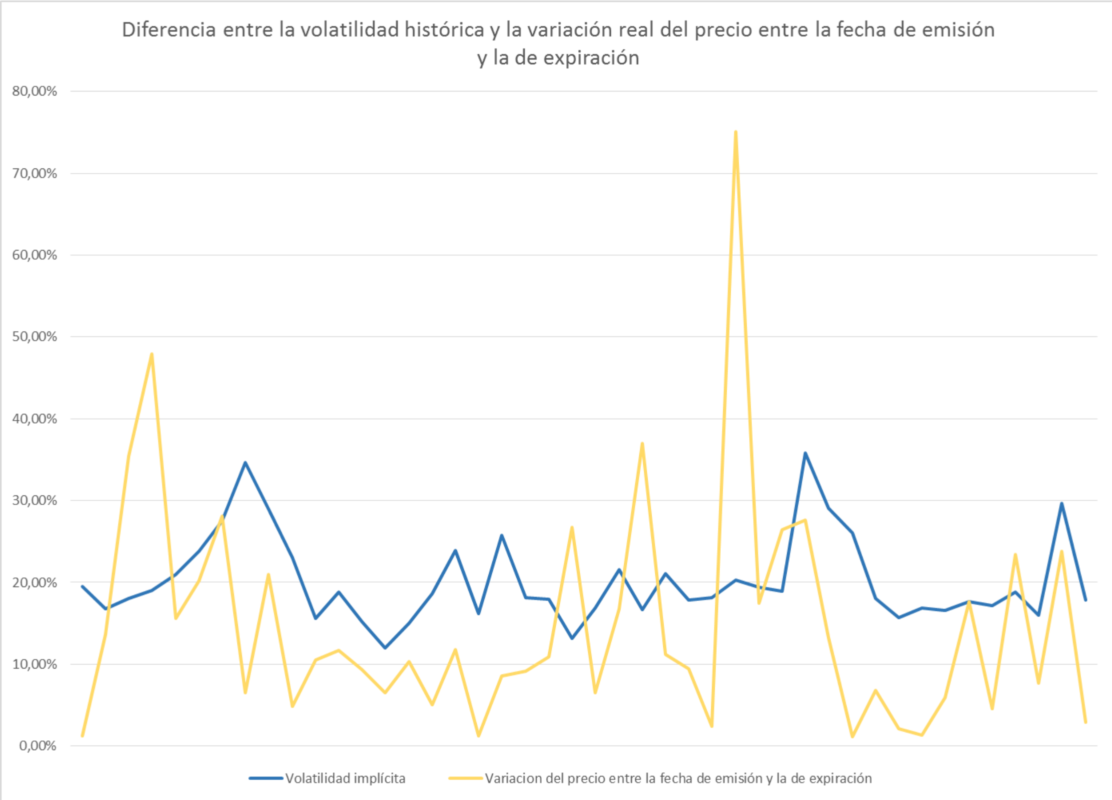

Figura 10-15. Comparación entre la volatilidad implícita y la variación real del precio entre la fecha de emisión y la de expiración. Elaboración propia.

10.2.3 Estudio 3: Opciones que expiran el 20/05/2016

En el último escenario se van a estudiar las opciones que expiran el 20/05/2016. En esta ocasión el número de empresas que emiten opciones cae hasta las 18. La mayoría de los brókeres no venden opciones a un plazo más largo por el peligro que les supone que los precios de los subyacentes acaben alejándose considerable de los precios de ejercicio. Este peligro se debe a que mientras más tiempo queda para que la opción expire, mayor es la probabilidad de que el precio varié. Hecho que hace que el precio de las opciones sea directamente proporcional al tiempo que queda hasta la expiración.

La volatilidad implícita se ha estimado asignando un 30% del peso a la volatilidad histórica de los 3 últimos meses, un 50% a la de los últimos 6 meses y un 20% a la del último año.

Los resultados individuales de cada empresa al aplicar la pareja de estrategias cono comprado – cono vendido son los siguientes:

	Estrategia elegida	Cono Comprado					Cono Vendido				
	Volatilidad esperada	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp
AAL	27,14%	-3,48	-3,48	-3,48						2,78	2,78
AKAM	17,20%	2,58	2,58						-2,93	-2,93	-2,93
ALXN	24,74%	-29,60	-29,60						24,00	24,00	24,00
ATVI	20,80%	0,38	0,38							-0,38	-0,38
BBBY	14,47%	5,10	5,10						-5,40	-5,40	-5,40
CA	15,14%	-0,19	-0,19						0,19	0,19	0,19
CHTR	19,43%	11,04	11,04						-11,04	-11,04	-11,04
CSX	19,60%	-4,37	-4,37							4,21	4,21
DLTR	19,03%	-3,35	-3,35	-3,35						2,55	2,55
ESRX	14,45%	-5,30	-5,30						4,90	4,90	4,90
FAST	16,37%	3,35	3,35						-3,35	-3,35	-3,35
GILD	22,04%	-7,43	-7,43						6,93	6,93	6,93
LLTC	18,32%	-1,50	-1,50						1,10	1,10	1,10
MXIM	19,92%	-2,24	-2,24							1,29	1,29
REGN	25,64%	-33,23	-33,23	-33,23						28,13	28,13
ROST	18,38%	-4,37	-4,37							3,77	3,77
SWKS	28,61%	-8,15	-8,15						6,45	6,45	6,45
TMUS	18,71%	-6,48	-6,48							5,88	5,88

Figura 10-16. Resultados particulares de la simulación cono comprado – cono vendido sobre opciones que expiraron el 20/05/2016. Elaboración propia.

Al igual que en los otros dos estudios, y puesto que la fecha no difiere mucho en el tiempo de la del Estudio 2, los resultados dejan claro que los escenarios que mejor se han ajustado a la realidad son los que predisponían una volatilidad menor que la volatilidad implícita.

En la mayoría de las empresas se obtienen beneficios en los casos en los que el algoritmo ha usado la estrategia cono vendido, y perdidas en las que ha usado la estrategia cono comprado.

Estrategia elegida	Volatilidad usada	Neto	Nº aciertos	Nº fallos	Porcentaje de aciertos (%)	Promedio de beneficios
Cono Comprado	2 x Vol Imp	-87,24	5	13	27,78%	-4,85
	1,5 x Vol Imp	-87,24	5	13	27,78%	-4,85
	Vol Imp	-40,06	0	3		-13,35
	0,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	0,25 x Vol Imp	0,00	0	0		
Cono Vendido	2 x Vol Imp	0,00	0	0		
	1,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	Vol Imp	20,85	6	4	60,00%	2,08
	0,5 x Vol Imp	69,08	13	5	72,22%	3,84
	0,25 x Vol Imp	69,08	13	5	72,22%	3,84

Figura 10-17. Resultados globales de la simulación cono comprado – cono vendido sobre opciones que expiraron el 15/04/2016. Elaboración propia.

Se aprecia como los porcentajes de acierto son un poco menores que en el Estudio 2, y como los beneficios netos son mucho menores, esto se debe a que en este estudio hay muchas menos empresas sobre las que hacer la simulación, por lo que si se quisiesen obtener resultados similares en cantidad a los del Estudio 2, habría que hacer más de una inversión en cada empresa.

Si se hubiese optado por alguna de las estrategias que componen la pareja mariposa comprada – mariposa vendida se habrían obtenido los siguientes resultados.

	Estrategia elegida	Mariposa Comprada					Mariposa Vendida				
	Volatilidad esperada	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp	2 x Vol Imp	1,5 x Vol Imp	Vol Imp	0,5 x Vol Imp	0,25 x Vol Imp
AAL	27,14%				0,19	0,19	-1,76	-1,76			
AKAM	17,20%				-1,48	-1,48	0,44	0,44			
ALXN	24,74%				6,55	6,55	-16,25	-16,25			
ATVI	20,80%				-1,93	-1,93	1,32	1,32			
BBBY	14,47%				-1,55	-1,55	0,78	0,78			
CA	15,14%				-1,60	-1,60	0,85	0,85			
CHTR	19,43%				-16,30	-16,30	6,60	6,60			
CSX	19,60%				2,47	2,47	-3,00	-3,00			
DLTR	19,03%				-0,87	-0,87	-2,08	-2,08			
ESRX	14,45%				-0,65	-0,65	-0,82	-0,82			
FAST	16,37%					-4,20	-0,20	-0,20			
GILD	22,04%				2,60	2,60	-5,30	-5,30			
LLTC	18,32%				-1,57	-1,57	0,62	0,62			
MXIM	19,92%					-1,71	-0,94	-0,94			
REGN	25,64%				-2,71	-2,71	-5,99	-5,99			
ROST	18,38%				1,09	1,09	-4,09	-4,09			
SWKS	28,61%				-3,68	-3,68	0,08	0,08			
TMUS	18,71%				2,65	2,65	-3,83	-3,83			

Figura 10-18. Resultados particulares de la simulación mariposa comprada – mariposa vendida sobre opciones que expiraron el 15/04/2016. Elaboración propia.

Los resultados en este caso muestran mayor dispersión en cuanto a los beneficios y pérdidas en ambas estrategias, incluso dándose casos en los que no se obtienen beneficios en ningún escenario. Esto puede ser debido a que el precio del subyacente se ha podido situar en una zona en la que el algoritmo decidió que era mejor no invertir porque las condiciones indicaban que se obtendrían pérdidas si se usara alguna de las dos estrategias, y por el contrario en los demás escenarios si invirtió, obteniéndose perdidas en todas.

Este es el caso en el que a simple vista se constata que se han obtenido menos beneficios y más pérdidas. Algo que se verá mejor en la siguiente figura.

Estrategia elegida	Volatilidad usada	Neto	Nº aciertos	Nº fallos	Porcentaje de aciertos (%)	Promedio de beneficios
Mariposa Comprada	2 x Vol Imp	0,00	0	0		
	1,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	Vol Imp	0,00	0	0		
	0,5 x Vol Imp	-16,79	6	10	37,50%	-1,05
	0,25 x Vol Imp	-22,71	6	12	33,33%	-1,26
Mariposa Vendida	2 x Vol Imp	-33,56	7	11	38,89%	-1,86
	1,5 x Vol Imp	-33,56	7	11	38,89%	-1,86
	Vol Imp	0,00	0	0		
	0,5 x Vol Imp	0,00	0	0		
	0,25 x Vol Imp	0,00	0	0		

Figura 10-19. Resultados globales de la simulación mariposa comprada – mariposa vendida sobre opciones que expiraron el 15/04/2016. Elaboración propia.

Por primera vez se da el caso de que en el sumatorio neto no se obtienen beneficios con ninguna de las estrategias, esto se debe a la dispersión que han tomado los precios de los subyacentes en la fecha de expiración con respecto a la de emisión, como se puede apreciar en la Figura 13-20, en la que se aprecia que una parte de ellos se sitúan por encima y otra por debajo de la volatilidad implícita.

Figura 10-20. Evolución de la suma de los precios de los subyacentes desde la fecha de emisión a la de expiración. Elaboración propia.

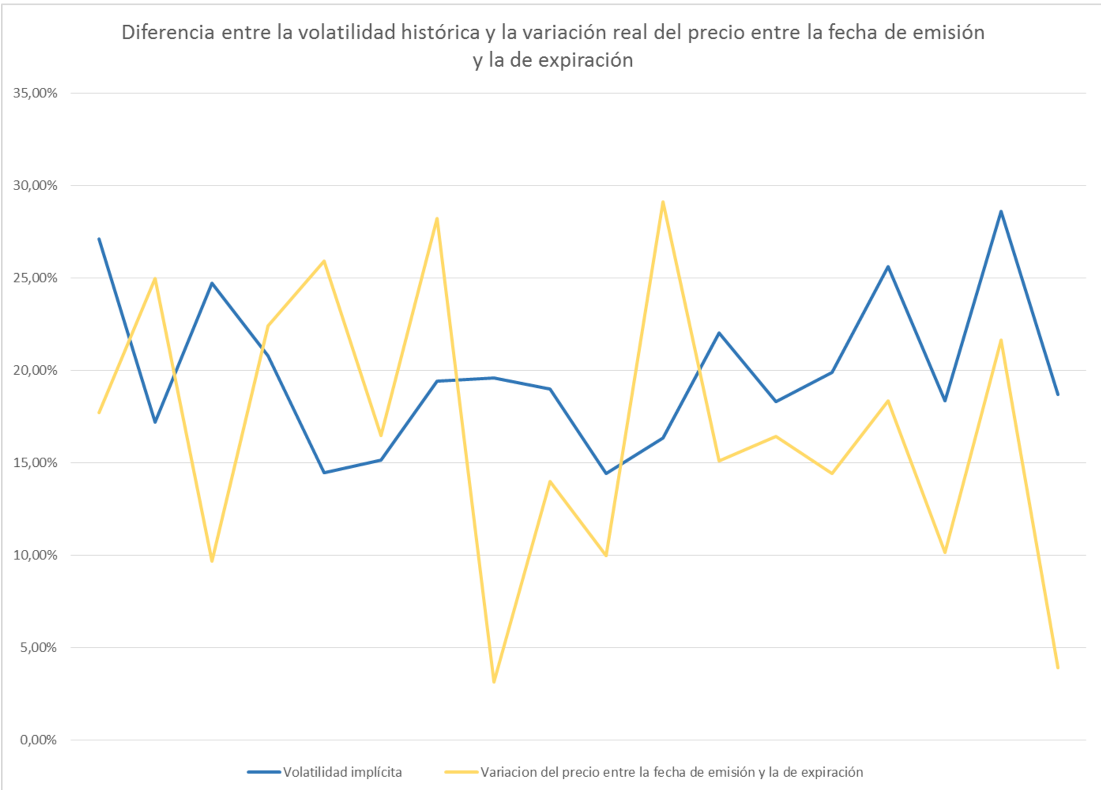

Figura 10-21. Comparación entre la volatilidad implícita y la variación real del precio entre la fecha de emisión y la de expiración. Elaboración propia.

Por su parte en la Figura 10-19 se aprecia que no hay mucha diferencia de los precios de los subyacentes en la fecha de expiración con respecto a la que había en el Estudio 2. Esto se debe, aunque no es obligatorio que suceda así, a la proximidad que hay entre ambas fechas de expiración.

En la Figura 10.20 se aprecia como es el Estudio que posee una mayor dispersión entre las variaciones sufridas por los precios de los subyacentes entre las fechas de emisión y expiración de las opciones y la volatilidad implícita calculada, lo que tiene como resultado que no haya ninguna estrategia que obtenga muchos más beneficios que las demás como ocurría en los Estudios 1 y 2.

11 CONCLUSIONES

Este estudio surgió de la inquietud por investigar la relación que tienen las estrategias de inversión basadas en opciones con los diferentes factores que tienen influencia en ellas, en concreto con la volatilidad implícita, que es único factor que es interpretable por parte del inversor. Con tal objetivo se ha realizado una introducción teórica sobre qué son las opciones y por qué llegaron a convertirse en uno de los instrumentos derivados más usados en el mundo de las finanzas. Fundamentalmente la razón de dicho auge es la posibilidad que ofrecen de establecer coberturas en la operativa con acciones, permitiendo tanto a los inversores particulares como a los fondos de inversión cubrirse en el caso de grandes pérdidas, lográndose así establecer un límite de pérdidas potenciales máximas al llevar a cabo una operación. Esto cambió para siempre la forma de funcionar de los mercados financieros.

Tras la irrupción de las opciones financieras, el siguiente paso lógico en la línea temporal fue establecer el valor óptimo de las primas. Como se vio en la introducción teórica del estudio, fueron numerosos los investigadores que hicieron sus aportaciones este campo. Los que más repercusión alcanzaron fueron Black y Scholes. Gracias a ellos se logró calcular de manera sencilla mediante la fórmula que lleva sus nombres el valor teórico de una opción europea que no emite dividendos durante su tiempo de vida. Aunque posteriormente algunos investigadores aumentaron las posibilidades de este método, el trabajo de estos dos investigadores cambió para siempre la repercusión de las opciones tendrían en el mundo de las finanzas, contribuyendo al auge de los mercados de opciones, donde no solo se usaban ya las opciones para cubrir pérdidas, sino que eran un instrumento más de negociación.

En el modelo de Black-Scholes se demuestra que el valor de una opción financiera, o su prima, depende fundamentalmente de cinco factores: el precio actual del subyacente, S_0, el precio de ejercicio o strike, K, el tiempo hasta la fecha de expiración, T, la tasa de interés libre de riesgo, r, y la volatilidad implícita, σ. Como se vio, cuatro de estos datos son conocidos para todas las partes involucradas en la negociación, por lo que la valoración correcta de una opción depende fundamentalmente de la volatilidad implícita. Dado que este es un valor subjetivo, se eligió como el más indicado para llevar a cabo un estudio sobre su repercusión en las estrategias de inversión con opciones.

En los mercados financieros entran en juego un gran número de factores, imposibles de determinar a priori, que hacen que no se pueda predecir con anterioridad qué ocurrirá en un futuro. En un mercado de derivados como es el de las opciones, no solo hay que tener en cuenta a los inversores que usan en sus estrategias las propias opciones, sino también los inversores y fondos de inversión que usan para las suyas las acciones, es decir el subyacente de los derivados, lo que hace más complejo su estudio.

Dado que la teoría de los mercados eficientes establece que los mercados van adquiriendo la información de manera progresiva, es decir, algunos participantes obtienen la información antes y otros después, pero ésta acaba siendo digerida totalmente por el mercado, esto se traduce en que el precio de un activo o un derivado ya tiene incluida esa información, por lo que lo que ocurra en un futuro solo depende los sucesos actuales, ya que los anteriores ya se descontaron en el precio. Esto hace que no se pueda predecir qué ocurrirá en un futuro, pero sí existen factores que tienen especial relevancia sobre las variaciones de los precios. En este estudio se han elegido la volatilidad histórica de los subyacentes y la estacionalidad del mercado derivada de la fecha en la que expiran las opciones para realizar las investigaciones, para ello se han incluido tres fechas de expiración distintas para ver la influencia que tiene el paso del tiempo sobre la volatilidad y en los resultados.

Para calcular la volatilidad implícita hay numerosos métodos matemáticos. En este caso se ha elegido una media ponderada móvil de las volatilidades históricas en diferentes periodos, asignado distintos pesos dependiendo del tiempo hasta la fecha de expiración de las opciones.

Una vez calculada la volatilidad implícita se simulan varias estrategias suponiendo los siguientes escenarios en los que el precio del subyacente podría tener en el futuro una variación entre las fechas de emisión y expiración de las opciones de:

- El doble de la volatilidad implícita.
- Un 50% mayor que la volatilidad implícita.
- El mismo valor de la volatilidad implícita.
- La mitad de la volatilidad implícita.
- El 25% de la volatilidad implícita.

Para evaluar los resultados en cada escenario se han seguido varias estrategias de las nombradas en el capítulo 5. En concreto se han usado las que son simétricas con respecto al precio de ejecución, evitándose así las influencias en los resultados de los mercados alcistas o bajistas. Estas estrategias basan sus resultados únicamente en el valor absoluto entre el precio de ejecución y el precio del subyacente en la fecha de expiración, y puesto que el precio de ejecución se tomara en torno al precio del subyacente en la fecha de emisión de las opciones, el resultado solo depende de la variación del precio del subyacente en la fecha de emisión y en la fecha de expiración.

En primer lugar se han simulado las estrategias cono comprado y cono vendido, cada una aplicada en los escenarios que les resultaban más favorables. De estas dos estrategias, dado que el escenario que más se ha acercado a la realidad es en el que la variación del precio ha sido menor que la que anunciaba la volatilidad implícita, la que mejores resultados los ha sido la de cono vendido. Esta estrategia tiene una desventaja, pues su uso es peligroso en el caso en el que se aplique mal debido a que las pérdidas potenciales no están limitadas.

Para subsanar este problema potencial se han simulado también las estrategias mariposa comprada y mariposa vendida en las mismas condiciones, que limitan las pérdidas en el caso que las hubiere. Como era de esperar, debido a la escasa variación del precio del subyacente entre las fechas involucradas, se han obtenido mejores resultados en general con la estrategia mariposa comprada que con la estrategia mariposa vendida. Estos resultados han resultado menores que con la estrategia cono vendido, debido a que en esta se compran opciones, a parte de las opciones vendidas, por lo que los beneficios netos son menores. A pesar esto se ha comprobado que la inversión mediante esta estrategia es mucho más segura y recomendable que la de cono vendido.

Si se hace una comparación entre las opciones con expiración en distintas fechas se aprecia que en el estudio 1 los precios en la fecha de expiración son similares a los de la emisión, lo que hace que el escenario que más se aproxima es el que supone que la volatilidad esta sobre el 25% de la volatilidad implícita, beneficiando a las estrategias cono vendido y mariposa comprada. Ambas obtienen buenos resultados, siendo mayores en la estrategia cono vendido, pero siendo más segura la estrategia mariposa comprada. En el Estudio 2 los precios en la fecha de expiración tienen mayor dispersión, pero siguen estando entorno a los mismos que en la fecha de emisión, por lo que los escenarios que más se aproximan a la realidad son los que suponen la volatilidad en un 50% y 25% de la volatilidad implícita. De nuevo se ven beneficiadas las estrategias cono vendido y mariposa comprada que prácticamente mantienen sus porcentajes de acierto, aunque los beneficios totales si se ven mermados porque disminuye el número de empresas que emiten opciones con vencimiento en esa fecha con respecto al Estudio 1, por lo que para obtener beneficios netos similares a los que se obtuvieron en el Estudio anterior habría que realizar mayor número de inversiones en cada empresa del Estudio 2. En el Estudio 3 si aprecian resultados distintos. Se aprecia como hay una mayor dispersión de los precios que en los dos anteriores, igualándose prácticamente el número de empresas que ven como sus precios de expiración se han alejado de los de emisión y las que los mantienen similares. Como en los otros dos estudios la estrategia cono vendido se constata como la que más beneficios obtiene, pero por el contrario tanto mariposa comprada como mariposa vendida obtienen pérdidas netas, algo que no había ocurrido en los otros dos estudios.

En vista al análisis de los resultados se llega a la conclusión de que la volatilidad implícita basada en la volatilidad histórica de los subyacentes no es suficiente para una correcta estimación de los precios que alcanzarán los subyacentes en la fecha de expiración, pues dado que los resultados de las opciones dependen de un subyacente, también hay que tener en cuenta a los inversores que participan en el mercado del subyacente, pudiendo ejercer influencia sobre el valor que éste tome. Además hay que tener en cuenta la fecha de expiración y la estacionalidad del mercado del subyacente, pues como se ha visto una opción emitida en una fecha puede proporcionar resultados distintos dependiendo en la fecha en la que expire.

En los tres Estudios ha quedado constatado que es más rentable vender opciones que comprarlas, realizando estrategias en las que se espere una variación escasa de los precios de los subyacentes entre las fechas de emisión y expiración de las opciones. Además se constata que a medida que el precio de expiración aumenta es más difícil establecer un una estrategia que obtenga buenos resultados por la mayor dispersión que aparece en los precios de los subyacentes, lo que hace que muchos brókeres no emitan opciones con fechas de expiración lejanas en el tiempo, y los que lo hacen cobren grandes primas por ello.

En definitiva, los conocimientos adquiridos del Grado en Ingeniería en las Tecnologías Industriales en la E.T.S.I. de la U. de Sevilla así como la posibilidad de la realización de prácticas en empresas en el sector financiero han permitido la aplicación un enfoque ingenieril a un tema económico-financiero como son las opciones. La inclusión de la ingeniería en el sector financiero está cada día más patente, dando lugar a lo que se conoce como ingeniería financiera, un campo de gran auge en los últimos años, que aún tiene un gran potencial que desarrollar en el fututo.

12 ANEXOS

- Descarga e importación de datos de Yahoo! Finance:

    - Módulo mdlCommon:

```
Option Explicit

Public Function GetTempFile(ByVal strPrefixString As String) As String

    Dim strTmpPath          As String
    Dim strTmpFileName      As String

    strTmpPath = Space(255)
    GetTempPath 100, strTmpPath
    strTmpPath = Trim(strTmpPath)

    strTmpFileName = Space(255)
    GetTempFileName strTmpPath, "", 0, strTmpFileName
    strTmpFileName = Trim(strTmpFileName)

    GetTempFile = strTmpFileName
End Function

Public Function DownloadFile(ByVal URL As String, ByVal LocalFilename As
String) As Boolean
    Dim lngRetVal      As Long
    lngRetVal = URLDownloadToFile(0, URL, LocalFilename, 0, 0)
End Function

Public Function getDataFromUrl(ByVal strUrl As String) As String
    Dim strFileName             As String
    Dim strText                 As String

    strFileName = GetTempFile("GLB")
    DownloadFile strUrl, strFileName
    strText = GetTextFromFile(strFileName)
    getDataFromUrl = strText
    Kill strFileName
End Function

Public Function GetTextFromFile(ByVal strPath As String) As String
    Dim objFso              As Object    'FileSystemObject
    Dim objText             As Object    'TextStream

On Error GoTo ErrorHandler:

    Set objFso = CreateObject("Scripting.FileSystemObject")

    If Not objFso.FileExists(strPath) Then
        GetTextFromFile = ""
        Exit Function
    End If
    Set objText = objFso.OpenTextFile(strPath, 1, False) 'ForReading
    If Not objText.AtEndOfStream Then
        GetTextFromFile = objText.ReadAll
    Else
```

```
        GetTextFromFile = ""
    End If
    objText.Close

    Set objText = Nothing
    Set objFso = Nothing

    Exit Function
ErrorHandler:
    GetTextFromFile = ""
End Function
```

- Módulo mdlMain:

```
Option Explicit
Public Const G_CONST_START_ROW             As Long = 2
Dim w As Integer
Public Sub ExtractData()

w = 2
   Do While IsEmpty(Sheets(2).Cells(1, w)) = False
    'Validation check
    If CheckInput = False Then
        Exit Sub
    End If

    'Extract data from yahoo!
    Dim vrtData()       As Variant
    If ExtractDataFromYahoo(vrtData) = False Then
        Exit Sub
    End If

    'Show data in the Excel sheet and change the formula and the graph.
    Call ShowData(vrtData)

    Dim kk As Integer
    Dim kkk As Integer
    Dim kdatos As Integer
    Dim i As Integer
    kk = 1
    kdatos = Sheets(1).Range("B1", Range("B1").End(xlDown)).Rows.Count

        For i = 2 To kdatos
    If Sheets(1).Cells(i, 1) > Sheets(1).Cells(2, "F").Value Then
        Range(Cells(i, 1), Range("B2").End(xlDown)).Delete
        Exit For
    End If
    Next
    kdatos = Sheets(1).Range("B1", Range("B1").End(xlDown)).Rows.Count

    For kkk = 2 To kdatos
        Sheets(1).Cells(kk, 21) = Sheets(1).Cells(kdatos - kkk + 2, 1)
        Sheets(1).Cells(kk, 22) = Sheets(1).Cells(kdatos - kkk + 2, 2)
        kk = kk + 1
    Next

    Range("U1", Range("U1").End(xlDown)).Copy
    Range("A2").PasteSpecial
    Range("V1", Range("V1").End(xlDown)).Copy
    Sheets(2).Cells(2, w).PasteSpecial
```

```
        Application.CutCopyMode = False
        Range("A2", Range("A2").End(xlDown)).NumberFormat = "dd/MM/YYYY"
        Range("U2", Range("U2").End(xlDown)).Delete
        Range("V2", Range("V2").End(xlDown)).Delete
        Sheets(1).Select
        Sheets(1).Activate
        w = w + 1
    Loop

    End Sub

    Private Function CheckInput() As Boolean

        On Error GoTo ErrorHandler:

        CheckInput = False

        'Yahoo! Ticker
        If Trim(ActiveSheet.Cells(3, "F").Value) = "" Then
            ActiveSheet.Cells(3, "F").Select
            MsgBox "Introduce ticker de Yahoo!", vbInformation
            Exit Function
        End If

        'Calendar Year
        'Do not check


        'Start Date
        If Trim(ActiveSheet.Cells(1, "F").Value) = "" Then
            ActiveSheet.Cells(1, "F").Select
            MsgBox "Introduce fecha de inicio.", vbInformation
            Exit Function
        End If
        If Not IsDate(Trim(ActiveSheet.Cells(1, "F").Value)) Then
            ActiveSheet.Cells(1, "F").Select
            MsgBox """Fecha de inicio"" debe estar en formato MM/DD/AAAA",
    vbInformation
            Exit Function
        End If
            If Trim(ActiveSheet.Cells(2, "F").Value) = "" Then
            ActiveSheet.Cells(1, "F").Select
            MsgBox "Introduce fecha final.", vbInformation
            Exit Function
        End If
        If Not IsDate(Trim(ActiveSheet.Cells(2, "F").Value)) Then
            ActiveSheet.Cells(1, "F").Select
            MsgBox """Fecha final"" debe estar en formato MM/DD/AAAA",
    vbInformation
            Exit Function
        End If

        CheckInput = True


        Exit Function
    ErrorHandler:
        MsgBox Err.Description, vbCritical
```

```
End Function

Private Function ExtractDataFromYahoo(ByRef vrtData() As Variant) As Boolean

    On Error GoTo ErrorHandler:

    ExtractDataFromYahoo = False

    '1. Get url
    Dim strUrl                      As String
    Dim strYahooTicker              As String
    Dim dtStartDate                 As Date
    Dim strStartDay                 As String
    Dim strStartMonth               As String
    Dim strStartYear                As String
    Dim dtEndDate                   As Date
    Dim strEndDay                   As String
    Dim strEndMonth                 As String
    Dim strEndYear                  As String

    strYahooTicker = Trim(Sheets(2).Cells(1, w).Value)
    dtStartDate = Trim(ActiveSheet.Cells(1, "F").Value)
    strStartDay = Day(dtStartDate)
    strStartMonth = Format(Month(dtStartDate) - 1, "00")
    strStartYear = Year(dtStartDate)
    dtEndDate = Now
    strEndDay = Day(dtEndDate)
    strEndMonth = Format(Month(dtEndDate) - 1, "00")
    strEndYear = Year(dtEndDate)


    strUrl = "http://ichart.finance.yahoo.com/table.csv"
    strUrl = strUrl & "?s=" & strYahooTicker
    strUrl = strUrl & "&a=" & strStartMonth
    strUrl = strUrl & "&b=" & strStartDay
    strUrl = strUrl & "&c=" & strStartYear
    strUrl = strUrl & "&d=" & strEndMonth
    strUrl = strUrl & "&e=" & strEndDay
    strUrl = strUrl & "&f=" & strEndYear
    strUrl = strUrl & "&g=d&ignore=.csv"

    '2. Download data
    Dim strDownload                 As String

    Application.Cursor = xlWait
    strDownload = getDataFromUrl(strUrl)
    Application.Cursor = xlDefault
    'Debug.Print strUrl

    '3. Convert the data into array
    If Trim(strDownload) = "" Then
        MsgBox "Error. Símbolo no encontrado", vbInformation
        Exit Function
    End If
    If ToArray(strDownload, vrtData) = False Then
        MsgBox "Error, símbolo no encontrado, o ha cambiado su formato en
Yahoo!", vbInformation
        frmData.TextBox1 = strDownload
        frmData.Show
        Exit Function
    End If
```

```
    ExtractDataFromYahoo = True

    Exit Function
ErrorHandler:
    MsgBox Err.Description, vbCritical
    Application.Cursor = xlDefault
End Function

Private Function ToArray(ByVal strDownload As String, ByRef vrtData() As
Variant) As Boolean

    On Error GoTo ErrorHandler:

    ToArray = False

    Dim blnHaveError            As Boolean
    Dim strLines()              As String
    Dim strRecords()            As String
    Dim lngUBound               As Long
    Dim lngLine                 As Long

    strDownload = Trim(strDownload)

    If strDownload = "" Then
        'no data
        Exit Function
    End If

    strLines = Split(strDownload, vbLf)
    lngUBound = UBound(strLines)

    If lngUBound > 0 Then
        If Trim(strLines(lngUBound)) = "" Then
            lngUBound = lngUBound - 1
        End If
    End If

    If 0 = lngUBound Then
        'Only one line
        Erase strLines
        Exit Function
    End If

    If strLines(0) <> "Date,Open,High,Low,Close,Volume,Adj Close" Then
        'The header is not correct
        Erase strLines
        Exit Function
    End If

    ReDim vrtData(1 To lngUBound, 1 To 2)
    For lngLine = 1 To lngUBound          'Reverse sort the data so the
earliest date (i.e. today) is at the bottom of array
        Erase strRecords
        strRecords = Split(strLines(lngLine), ",")

        'Count
        If UBound(strRecords) < 6 Then
            'The record is not correct
            Erase strRecords
            Erase strLines
            Erase vrtData
            Exit Function
```

```
        End If

        'Date
        If Not IsDate(strRecords(0)) Then
            'The record is not correct
            Erase strRecords
            Erase strLines
            Erase vrtData
            Exit Function
        End If

        'Adj Close
        If Not IsNumeric(strRecords(1)) Then
            'The record is not correct
            Erase strRecords
            Erase strLines
            Erase vrtData
            Exit Function
        End If

'       vrtData(lngLine, 1) = strRecords(0) 'Date
'       vrtData(lngLine, 2) = strRecords(6)   'Adj Close
        vrtData(lngUBound - lngLine + 1, 1) = strRecords(0) 'Date
        vrtData(lngUBound - lngLine + 1, 2) = strRecords(6)   'Adj Close

    Next lngLine

    ToArray = True

    Exit Function

ErrorHandler:
    MsgBox Err.Description, vbCritical

End Function

Private Sub ShowData(ByRef vrtData() As Variant)

    On Error GoTo ErrorHandler:

    Application.Cursor = xlWait

    '1. Clear old data
    Dim lngMaxRow                    As Long
    lngMaxRow = ActiveSheet.UsedRange.SpecialCells(xlCellTypeLastCell).Row

    ActiveSheet.Range("A" & G_CONST_START_ROW & ":B" &
lngMaxRow).ClearContents
    ActiveSheet.Range("A" & G_CONST_START_ROW & ":B" &
lngMaxRow).ClearFormats

    'Write new data
    lngMaxRow = UBound(vrtData) + G_CONST_START_ROW - 1
    ActiveSheet.Range("A" & G_CONST_START_ROW & ":B" & lngMaxRow) = vrtData

    '3. Set Formula
    Application.Cursor = xlDefault

    Exit Sub
ErrorHandler:
    Application.Cursor = xlDefault
    MsgBox Err.Description, vbCritical
```

```
End Sub
```

- Modulo mdlWin32API:

```
Option Explicit

Public Declare Function URLDownloadToFile Lib "urlmon" Alias
"URLDownloadToFileA" (ByVal pCaller As Long, ByVal szURL As String, ByVal
szFileName As String, ByVal dwReserved As Long, ByVal lpfnCB As Long) As Long

Public Declare Function GetTempFileName Lib "kernel32" Alias
"GetTempFileNameA" _
    (ByVal lpszPath As String, ByVal lpPrefixString As String, _
    ByVal wUnique As Long, ByVal lpTempFileName As String) As Long

Public Declare Function GetTempPath Lib "kernel32" Alias "GetTempPathA"
(ByVal nBufferLength As Long, ByVal lpBuffer As String) As Long
```

- Filtrado NASDAQ 100:

```
Sub filtrado_NASDAQ100()
rango = Sheets(2).Range("A1:A100") 'Rango en el que se encuentran las
empresas del NASDAQ 100.
i = 1
Do While IsEmpty(Cells(i, 1)) = False 'Si la empresa no está en el rango
elimina dicha fila.
    On Error Resume Next
    simbolo = Application.WorksheetFunction.VLookup(Sheets(1).Cells(i, 1),
rango, 1, False)
    If simbolo = Empty Then
        Sheets(1).Rows(i).EntireRow.Delete
        simbolo = Empty
    Else: simbolo = Empty
          i = i + 1
    End If
Loop
End Sub
```

- Filtrado por fechas de expiración:

```
Sub filtrado_fecha_expiracion()
i = 2
Do While IsEmpty(Cells(i, 1)) = False
    If Cells(i, 7) <> "15/01/2016" Then 'Si la fecha de expiración no
coincide con la propuesta se elimina la fila completa.
    Rows(i).EntireRow.Delete
    Else: i = i + 1
    End If
Loop
End Sub
```

- Calculo volatilidad implícita:

```
Sub Volatilidad_Implicita()
Dim fecha(1, 3) As Integer
Dim peso(1, 3) As Double
Dim vol(1, 1000) As Double
fecha(1, 1) = 308
fecha(1, 2) = 371
fecha(1, 3) = 496
peso(1, 1) = 0.5
peso(1, 2) = 0.35
peso(1, 3) = 0.15
j = 2
    Do While IsEmpty(Sheets(2).Cells(2, j)) = False
        For K = 1 To 3
            Sheets(2).Activate
            Sheets(2).Select
            Dim loga(1000, 1) As Double
            Dim DesvMed(1000, 1) As Double
            For i = 244 To fecha(1, K)
                loga(i - 244, 1) = Log(Sheets(2).Cells(i, j).Value /
Sheets(2).Cells(i - 1, j).Value)
            Next
                d = i
            MediaLoga = 0
            For i = 1 To (fecha(1, K) - 244)
                MediaLoga = MediaLoga + loga(i, 1)
            Next
            MediaLoga = MediaLoga / (fecha(1, K) - 244)

            d = i
            For i = 1 To (fecha(1, K) - 244)
                DesvMed(i, 1) = (loga(i, 1) - MediaLoga) ^ 2
            Next

            sigma = 0
            For i = 1 To (fecha(1, K) - 244)
                sigma = sigma + DesvMed(i, 1)
            Next
            sigma = (sigma / (fecha(1, K) - 244)) ^ 0.5
            vol(1, j) = vol(1, j) + sigma * ((fecha(1, K) - 244) ^ 0.5) *
peso(1, K)
        Next
        ActiveSheet.Cells(4, 5).NumberFormat = "0.00%"
        Sheets(4).Cells(2, j + 2) = vol(1, j)
        j = j + 1
    Loop
End Sub
```

- Cono Comprado – Cono vendido:

```
Sub ConoComprado_ConoVendido()

'Declaración de variables
Dim primascompras(1, 1000) As Double
Dim primasventas(1, 1000) As Double
Dim pinicial(1, 1000) As Double
Dim pfinal(1, 1000) As Double
Dim izqcompras(1, 1000) As Double
Dim izqventas(1, 1000) As Double
Dim dercompras(1, 1000) As Double
Dim derventas(1, 1000) As Double
Dim beneficios(1, 1000) As Double
Dim perdidas(1, 1000) As Double

'Vector precio primas mariposa comprada
i = 2
j = 1
Do While IsEmpty(Sheets(3).Cells(i, 1)) = False
    pinicial(1, j) = Sheets(2).Cells(244, j + 1)
    pfinal(1, j) = Sheets(2).Cells(171, j + 1)
    Do While Sheets(3).Cells(i, 1) = Sheets(3).Cells(i - 1, 1)
        If Sheets(3).Cells(i, 9) >= pinicial(1, j) Then
            prima = Sheets(3).Cells(i, 12)
            Do While Sheets(3).Cells(i, 6) = "call"
                i = i + 1
            Loop
            Do While Sheets(3).Cells(i, 9) < pinicial(1, j)
                i = i + 1
            Loop
            primascompras(1, j) = prima + Sheets(3).Cells(i, 12)
            prima = 0
            j = j + 1
            i = i + 1
            Do While Sheets(3).Cells(i, 6) = "put"
                i = i + 1
            Loop
        Else: i = i + 1
        End If
    Loop
    i = i + 1
Loop

'Vector precio primas mariposa vendida
i = 2
j = 1
Do While IsEmpty(Sheets(3).Cells(i, 1)) = False
    Do While Sheets(3).Cells(i, 1) = Sheets(3).Cells(i - 1, 1)
        If Sheets(3).Cells(i, 9) >= pinicial(1, j) Then
            prima = Sheets(3).Cells(i, 11)
            Do While Sheets(3).Cells(i, 6) = "call"
                i = i + 1
            Loop
            Do While Sheets(3).Cells(i, 9) < pinicial(1, j)
                i = i + 1
            Loop
            primasventas(1, j) = prima + Sheets(3).Cells(i, 11)
            prima = 0
            j = j + 1
```

```
                i = i + 1
                Do While Sheets(3).Cells(i, 6) = "put"
                    i = i + 1
                Loop
            Else: i = i + 1
            End If
        Loop
        i = i + 1
    Loop


    'Cálculos
    For i = 1 To j - 1
    izqcompras(1, i) = pinicial(1, i) - primascompras(1, i)
    dercompras(1, i) = pinicial(1, i) + primascompras(1, i)
    Next
    For i = 1 To j - 1
    izqventas(1, i) = pinicial(1, i) - primasventas(1, i)
    derventas(1, i) = pinicial(1, i) + primasventas(1, i)
    Next

    'Cálculos
    For i = 1 To 5
        j = 1
        Do While IsEmpty(Sheets(4).Cells(1, j + 3)) = False
            If pinicial(1, j) * (1 - Sheets(4).Cells(2, j + 3) / i * 2) <
    pinicial(1, j) - primascompras(1, j) Or pinicial(1, j) * (1 +
    Sheets(4).Cells(2, j + 3) / i * 2) > pinicial(1, j) + primascompras(1, j)
    Then
                If pfinal(1, j) < pinicial(1, j) - primascompras(1, j) Then
                    Sheets(4).Cells(2 + i, j + 3) = izqcompras(1, j) - pfinal(1,
    j)
                ElseIf pfinal(1, j) > pinicial(1, j) + primascompras(1, j) Then
                    Sheets(4).Cells(2 + i, j + 3) = pfinal(1, j) - dercompras(1,
    j)
                ElseIf pfinal(1, j) > pinicial(1, j) - primascompras(1, j) And
    pfinal(1, j) < pinicial(1, j) + primascompras(1, j) Then
                    Sheets(4).Cells(2 + i, j + 3) = -(primascompras(1, j) -
    Abs(pinicial(1, j) - pfinal(1, j)))
                End If
            ElseIf pinicial(1, j) * (1 - Sheets(4).Cells(2, j + 3) / i * 2) >
    pinicial(1, j) - primasventas(1, j) And pinicial(1, j) * (1 +
    Sheets(4).Cells(2, j + 3) / i * 2) < pinicial(1, j) + primasventas(1, j) Then
                If pfinal(1, j) < pinicial(1, j) - primasventas(1, j) Then
                    Sheets(4).Cells(7 + i, j + 3) = -izqventas(1, j) + pfinal(1,
    j)
                ElseIf pfinal(1, j) > pinicial(1, j) + primasventas(1, j) Then
                    Sheets(4).Cells(7 + i, j + 3) = -pfinal(1, j) + dercompras(1,
    j)
                ElseIf pfinal(1, j) > pinicial(1, j) - primasventas(1, j) And
    pfinal(1, j) < pinicial(1, j) + primasventas(1, j) Then
                    Sheets(4).Cells(7 + i, j + 3) = primasventas(1, j) -
    Abs(pinicial(1, j) - pfinal(1, j))
                End If
            End If
            j = j + 1
        Loop
    Next
    End Sub
```

- Mariposa Comprada – Mariposa vendida:

```
Sub MariposaComprada_MariposaVendida()

'Declaración de variables
Dim primascomprada(1, 1000) As Double
Dim primasvendida(1, 1000) As Double
Dim pfinal(1, 1000) As Double
Dim izqcomprada(1, 1000) As Double
Dim izqvendida(1, 1000) As Double
Dim dercomprada(1, 1000) As Double
Dim dervendida(1, 1000) As Double
Dim beneficios(1, 1000) As Double
Dim perdidas(1, 1000) As Double
Dim A(1, 1000) As Double
Dim B(1, 1000) As Double
Dim C(1, 1000) As Double


'Vector precio primas mariposa comprada
i = 2
j = 1
Do While IsEmpty(Sheets(3).Cells(i, 1)) = False
    B(1, j) = Sheets(2).Cells(244, j + 1)
    A(1, j) = B(1, j) * (1 - Sheets(4).Cells(2, j + 3) * 1)
    C(1, j) = B(1, j) * (1 + Sheets(4).Cells(2, j + 3) * 1)

    pfinal(1, j) = Sheets(2).Cells(171, j + 1)
    Do While Sheets(3).Cells(i, 1) = Sheets(3).Cells(i - 1, 1)
        If Sheets(3).Cells(i, 9) >= A(1, j) Then
            primascomprada(1, j) = -Sheets(3).Cells(i, 12)
            Do While Sheets(3).Cells(i, 9) < B(1, j)
                i = i + 1
            Loop
            primascomprada(1, j) = primascomprada(1, j) + 2 *
Sheets(3).Cells(i, 11)
            Do While Sheets(3).Cells(i, 9) < C(1, j)
                i = i + 1
            Loop
            primascomprada(1, j) = primascomprada(1, j) - Sheets(3).Cells(i,
12)
            prima = 0
            j = j + 1
            i = i + 1
            Do While Sheets(3).Cells(i, 1) = Sheets(3).Cells(i - 1, 1)
                i = i + 1
            Loop
        Else: i = i + 1
        End If
    Loop
    i = i + 1
Loop

'Vector precio primas mariposa vendida
i = 2
j = 1
Do While IsEmpty(Sheets(3).Cells(i, 1)) = False
    Do While Sheets(3).Cells(i, 1) = Sheets(3).Cells(i - 1, 1)
        If Sheets(3).Cells(i, 9) >= A(1, j) Then
            primasvendida(1, j) = Sheets(3).Cells(i, 11)
            Do While Sheets(3).Cells(i, 9) < B(1, j)
```

```
                i = i + 1
            Loop
            primasvendida(1, j) = primasvendida(1, j) - 2 *
Sheets(3).Cells(i, 12)
            prima = 0
            Do While Sheets(3).Cells(i, 9) < C(1, j)
                i = i + 1
            Loop
            primasvendida(1, j) = primasvendida(1, j) + Sheets(3).Cells(i,
11)
            prima = 0
            j = j + 1
            i = i + 1
            Do While Sheets(3).Cells(i, 1) = Sheets(3).Cells(i - 1, 1)
                i = i + 1
            Loop
        Else: i = i + 1
        End If
    Loop
    i = i + 1
Loop

'Cálculos
For i = 1 To 5
    j = 1
    Do While IsEmpty(Sheets(4).Cells(1, j + 3)) = False
        If B(1, j) * (1 - Sheets(4).Cells(2, j + 3) * 2 / i) < A(1, j) Or
B(1, j) * (1 + Sheets(4).Cells(2, j + 3) * 2 / i) > C(1, j) Then
            If pfinal(1, j) < A(1, j) Or pfinal(1, j) > C(1, j) Then
                Sheets(4).Cells(17 + i, j + 3) = primasvendida(1, j)
            ElseIf pfinal(1, j) > A(1, j) And pfinal(1, j) < B(1, j) Then
                Sheets(4).Cells(17 + i, j + 3) = primasvendida(1, j) + A(1,
j) - pfinal(1, j)
            ElseIf pfinal(1, j) > B(1, j) And pfinal(1, j) < C(1, j) Then
                Sheets(4).Cells(17 + i, j + 3) = primasvendida(1, j) + A(1,
j) - 2 * B(1, j) + pfinal(1, j)
            End If
        ElseIf B(1, j) * (1 - Sheets(4).Cells(2, j + 3) * 2 / i) > A(1, j) -
primascomprada(1, j) And B(1, j) * (1 + Sheets(4).Cells(2, j + 3) * 2 / i) <
C(1, j) + primascomprada(1, j) Then
            If pfinal(1, j) < A(1, j) Or pfinal(1, j) > C(1, j) Then
                Sheets(4).Cells(12 + i, j + 3) = primascomprada(1, j)
            ElseIf pfinal(1, j) > A(1, j) And pfinal(1, j) < B(1, j) Then
                Sheets(4).Cells(12 + i, j + 3) = primascomprada(1, j) - A(1,
j) + pfinal(1, j)
            ElseIf pfinal(1, j) > B(1, j) And pfinal(1, j) < C(1, j) Then
                Sheets(4).Cells(12 + i, j + 3) = primascomprada(1, j) - A(1,
j) + 2 * B(1, j) - pfinal(1, j)
            End If
        End If
        j = j + 1
    Loop
Next
End Sub
```

- Valoración de una opción call o put sobre una acción europea que no paga dividendos mediante el método Black-Scholes.

```
Option Explicit
Function Valorar_opcion_BS(Call_Put, S, K, v, r, T)
Dim d1 As Double, d2 As Double, nd1 As Double, nd2 As Double, nnd1 As Double, nnd2 As Double

d1 = (Log(S / K) + (r + 0.5 * v ^ 2) * T) / (v * Sqr(T))
d2 = (Log(S / K) + (r - 0.5 * v ^ 2) * T) / (v * Sqr(T))
nd1 = Application.NormSDist(d1)
nd2 = Application.NormSDist(d2)
nnd1 = Application.NormSDist(-d1)
nnd2 = Application.NormSDist(-d2)

If Call_Put = "Call" Then
  Valorar_BS = S * nd1 - K * Exp(-r * T) * nd2
Else
  Valorar_BS = -S * nnd1 + K * Exp(-r * T) * nnd2
End If
End Function
```

- Calculo de la volatilidad implícita mediante el uso de Newton-Rapson y la formula de Black-Scholes

```
Function Volatilidad_Implicita_BS(Call_Put, S, K, r, T, ValorOpcion)
    Dim epsilon As Double, dVol As Double, vol_1 As Double, i As Integer, maxIter As Integer, Valor_1 As Double, vol_2 As Double, Valor_2 As Double, dx As Double

    dVol = 0.00001
    epsilon = 0.00001
    maxIter = 1000
    vol_1 = 2
    i = 1
    Do
        Valor_1 = Valorar_BS(Call_Put, S, K, vol_1, r, T)
        vol_2 = vol_1 - dVol
        Valor_2 = Valorar_BS(Call_Put, S, K, vol_2, r, T)
        dx = (Valor_2 - Valor_1) / dVol
```

```
            If Abs(dx) < epsilon Or i = maxIter Then Exit Do
            vol_1 = vol_1 - (ValorOpcion - Valor_1) / dx
            i = i + 1
        Loop
        VolatilidadImplicita = vol_1
    End Function
```

REFERENCIAS

[1] Grupo Inversión, *Manual de futuros y opciones,2005.*

[2] John C. Hull, *Introduccion a los mercados de futuros y operaciones*, 2009.

[3] Cox, Ross y Rubinstein, *Options pricing: a simplified approach, 1979.*

[4] Charles Castelli, *Theory of Options in Stocks and Shares, 1877.*

[5] Fischer Black, Myron Scholes, *The Pricing of Options and Corporate Liabilities, 1973*

[6] Juan Mascareñas, *Mercado de derivados financieros: futuros y opciones, 2002.*

[7] Romina Palazzo, *Analisis de volatilidad implicita, 2000.*

[8] Prosper Lamothe, *La volatilidad implicita en indices bursatiles, 2004.*

[9] Pablo Fernandez, *Utilizacion de la formula de Black-Scholes para valorar opciones, 1997.*

[10] Daniela Reale, *Carteras delta y gamma neutral, 2002.*

[11] Modelos Matemáticos para la Valuación de Derivados Financieros, *Manuel Maurette, 2006.*

[12] Asymptotic Chaos Expansions in Finance, *David Nicolay, 2012.*