Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Grado en Finanzas, Banca y Seguros

Estrategias de cobertura: acciones de Caixabank

Presentado por:

Victor de Benito Arranz

Valladolid, 2 de junio de 2023

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

RESUMEN

En este trabajo se estudia como minimizar el riesgo de un inversor que posee acciones de entidades financieras, más concretamente de Caixabank SA. Para ello se utilizan la compra y venta de contratos de opciones europeas.

Se analizan dos estrategias de cobertura que combinan la compra de acciones y la compra o venta de opciones. Para ello se utilizan datos de los precios de las acciones de Caixabank en el mercado y se suponen dos posibles valores de la prima de la opción: la obtenida con la valoración por medio de la ecuación de Black-Scholes y la recogido del MEFF. Se obtiene que la estrategia más eficiente, en base a las posibles pérdidas y beneficios, es en la que se compra una acción y una opción de venta.

Finalmente, se analiza la sensibilidad de la prima de la opción a variaciones en el tipo de interés y la volatilidad del precio de la acción, y se observa que no produce cambios significativos en dicha prima.

Palabras clave: derivados financieros, opciones financieras, estrategias de cobertura.

Clasificación JEL: G11, G12 y G13.

ABSTRACT

This work studies how minimize the risk of an investor who owns shares of financial enterprise, specifically Caixabank SA. For this, the purchase and sell european contract options are used.

Two hedging strategies which combine the purchase of a share and the purchase or sell options are analysed. For this, data from the prices of Caixabank in the market are used and two possible values of premium are supposed: the first are obtained with the Black-Scholes equation and the second are collected from the MEFF market. The strategy more efficient, comparing the possible profits or loss, is the strategy which combine a purchase of a share and sell option.

Finally, the sensibility of a premium option is analysed when there are variations in the interest rate and the volatility of the price of a stock. Significative changes in the premium option are not produced.

Key words: financial derivates, financial options, hedging strategies.

JEL classification: G11, G12 y G13

1. INTRODUCCIÓN

Desde la pandemia del 2020, la población vive sumida en una gran incertidumbre. No en vano, la paralización de la economía, en dicho año, ha supuesto un cambio radical en la situación macroeconómica. Particularmente, España ha sufrido, especialmente, las consecuencias del cierre de fronteras, que ha provocado una gran caída en su PIB.

No obstante, esta situación, unida a la guerra en Ucrania, ha provocado impactos negativos en el momento actual. Así, actualmente tenemos un gran problema de inflación en la zona euro. Por ello, el Banco Central Europeo (BCE) tiene que aumentar el tipo de interés considerablemente, en un corto periodo de tiempo, con el objetivo de mantener la subida de precios en el 2%.

Esto está provocando que las entidades financieras sufran pérdidas patrimoniales provenientes de la posesión de la deuda pública. Dicha deuda, actualmente, se emite con un tipo de interés más elevado, lo que provoca reducciones del valor de la deuda ya emitida, con unos tipos de interés más bajos. En consecuencia, la valoración de dichas entidades está a la baja. Incluso, hay ciertas entidades que han tenido problemas serios de solvencia y liquidez, en países con economías de mercado, como Estados Unidos. De ahí que, especialmente, las entidades bancarias sean unas de las más afectadas.

En este trabajo se pretende mostrar cómo aminorar o eliminar, en lo posible, el riesgo de un inversor que posee acciones de dichas entidades. En particular, se analizará el caso de un inversor que posee acciones de Caixabank, como ejemplo representativo. Para ello, se estudian distintas estrategias, que permitan dicho objetivo, con el empleo de opciones financieras. Este instrumento se ha elegido por su elevada flexibilidad y su inversión mínima. Además, se analiza el impacto de la incertidumbre (volatilidad) y el tipo de interés en el precio de las opciones financieras, dado el contexto actual.

Este trabajo se ha estructurado en cinco capítulos. En el Capítulo 2, se proporciona la información necesaria para entender y comprender el derivado financiero empleado. En el capítulo 3, se analizan las distintas estrategias básicas que se pueden realizar combinando una acción con una opción. Así, se exponen las características de cada estrategia, junto con sus resultados numéricos y gráficos, que se han realizado con el software informático MATLAB. Dichos resultados incluyen dos formas diferentes para determinar la prima de la opción.

En el Capítulo 4, se analiza la influencia de la volatilidad y el tipo de interés en uno de los métodos para el cálculo de la prima de la opción. Para ello, se ha calculado, con el software MATLAB, la sensibilidad de la prima respecto a las variables anteriores, que es recogido en distintas tablas y gráficos.

En el Capítulo 5 se recogen las conclusiones de los apartados anteriores. En particular, se realiza un análisis comparativo de cada estrategia, eligiendo la más eficiente respecto al objetivo marcado. También, se determina si una variación en las variables analizadas, puede provocar un gran impacto en la prima de la opción.

Por último, en los anexos se recogen todos los programas que se han realizado y utilizado para el trabajo.

2. OPCIONES SOBRE ACCIONES

En este capítulo, se presentan los conceptos generales y básicos que aparecen en los contratos de opciones. Así, la primera sección se dedica a describir las características más básicas que permiten definir y delimitar un contrato de opción. En las dos siguientes secciones, se explican los tipos de mercado donde pueden ser negociadas las opciones, junto con las clases de opciones existentes en cada uno de ellos. Posteriormente, se plantea la relación de paridad entre las opciones de compra y venta. Finalmente, se trata el valor de una opción, a través de dos puntos de vista: su descomposición y los modelos que cuantifican dicho valor.

2.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Una opción es un contrato que otorga a su comprador el derecho, pero no la obligación, a comprar o vender una determinada cuantía del activo subyacente, a un precio determinado llamado precio de ejercicio, en un período de tiempo estipulado o vencimiento, véanse Comisión Nacional del Mercado de Valores (2006) y Lamothe Fernández (2005).

Con el fin de describir adecuadamente las opciones, a continuación se muestran algunos conceptos, para una información más detallada, véanse Hull (1999), Lamothe Fernández (2005) y Loring (2000):

- *Activo subyacente*. Es el activo sobre el que se instrumenta la opción. Es decir, sobre el que se otorga el derecho a su compra o venta.
- *Precio de ejercicio*. Precio pactado en el contrato al cual se puede comprar o vender el activo subyacente, al ejercer la opción.
- *Vencimiento*. Es la fecha de finalización del contrato, momento en el que se ejerce la opción.
- *Posición larga*. Se toma una posición larga cuando se ha comprado la opción (parte compradora).
- *Posición corta*. Se toma una posición corta cuando se ha vendido la opción (parte vendedora).
- *Prima*. Es el importe que el comprador de la opción paga al vendedor como compensación por el riesgo y las obligaciones asumidas.

Se pueden distinguir dos tipos de opciones. Por un lado, una opción de compra (también llamada **CALL**) otorga el derecho a comprar el activo subyacente. Por otro lado, una opción de venta (o **PUT**) es el instrumento financiero que otorga el derecho a vender el activo subyacente, véase Hull (1999).

El activo subyacente puede otorgar rendimientos durante la vida de la opción, conocidos como dividendos. Esto, va a ser un factor determinante en la valoración del activo subyacente y, por tanto, de la opción, véase Loring (2000). Aunque este escenario es posible, durante este trabajo se asumirá que el activo subyacente no genera dividendos.

2.2. TIPOS DE MERCADOS

Históricamente, las opciones se negociaban en mercados no organizados u *over the counter* (OTC). De hecho, no fue hasta 1973, cuando se cerró una operación de opciones en un mercado organizado: Chicago Board Options Exchange, véase Loring (2000). Actualmente, ambos tipos de mercados coexisten, por lo que es necesario definirlos.

Los mercados OTC son aquellos mercados donde se negocia de forma privada y directa entre dos partes, en ausencia de intermediario financiero alguno. Esto permite adaptar los contratos a las necesidades de las partes, asumiendo ambos todos los riesgos de la operación, véase Gregory (2014)

En contraposición se encuentran los mercados organizados. En ellos se negocian contratos estandarizados, de forma centralizada en una única plataforma y/o lugar. Los contratos son estándar cuando se fija el tipo de opción, el vencimiento y el precio de ejercicio, véase Loring (2000).

La principal ventaja de estos mercados radica en las funciones de la cámara de compensación o *clearing house*. Esta, se encarga de asegurar que la opción puede ser ejercida en cualquier momento, independientemente de la situación financiera de las partes. Con ello, está eliminando el riesgo de crédito de la operación.

2.3. TIPOS DE OPCIONES

Según el momento de ejercicio de la opción, se pueden clasificar en europeas y americanas. Las opciones europeas son aquellas que solo se pueden ejercer al vencimiento, mientras que las americanas pueden ser ejercidas en cualquier momento hasta el vencimiento, véase Hull (1999).

En el anterior apartado se han explicado las características de las opciones estandarizadas, llamadas *vanilla*. No obstante, existen otro tipo de opciones que no responden al modelo anterior, que son conocidas como exóticas. Estas opciones son negociadas entre compañías e intermediarios financieros, en mercados no organizados. Así, toda opción que no cumpla la definición de las vanilla, se puede englobar como exótica, véase Zhu (2013)

Dentro de las opciones exóticas, hay una categoría que basan su valor en la trayectoria del activo subyacente, llamadas *path-dependent exotic options*. En esta categoría se engloban las opciones barrera, las asiáticas y las *lookback*.

Las opciones barrera son aquellas que, al alcanzar un determinado precio del activo subyacente (llamado barrera), pueden existir, anularse o ejercerse. Existen dos tipos de opciones barrera: *knock-out*, cuando llegada la barrera la opción se ejerce o se anula y *knock-in* cuando superada la barrera, la opción se convierte en *vanilla*, es decir, existe.

Mientras que las opciones barrera incorporan la evolución del subyacente en la barrera, las asiáticas sustituyen el precio de ejercicio o del subyacente, por una media de distintas observaciones. Se denominan *Asian out* a aquellas que fijan el precio del subyacente con su promedio en un conjunto de fechas prefijadas. En el caso de las opciones *Asian in*, este promedio sustituye al precio de ejercicio, véase De Weert (2008)

Por último, las opciones *lookback* se basan en otorgar el máximo rendimiento posible para el propietario. Así, la opción paga la diferencia entre el mayor/menor precio (según sea CALL o PUT) y el precio de ejercicio o del subyacente, al vencimiento (llamadas *Fixed strike* o *Floating strike*, respectivamente), véase De Weert (2008)

Hasta este momento, se han introducido las opciones exóticas que dependen de la variación del subyacente. No obstante, existen otras tres: Las opciones digitales, que se caracterizan por pagos y rendimientos discontinuos, las opciones que dependen del tiempo (como las compuestas) y las opciones de correlación, cuyo valor depende de distintos activos subyacentes (como las opciones arcoíris o cesta), véase Pesce et al. (2021).

2.4. PARIDAD PUT-CALL

La paridad o fórmula de la paridad es una expresión matemática que compara el precio de una opción de venta con una opción de compra (que no reparte dividendos), sobre el mismo subyacente, el precio de ejercicio y el vencimiento, véase Roman (2004).

Así, siguiendo el procedimiento descrito por Roman (2004), se crean dos carteras. La primera está formada por la compra de una opción PUT y la venta de una opción CALL, ambas europeas.

A partir de ahora, la opción put se representará por P y la venta de la opción call como C. Además, se considerará E como el precio de ejercicio, S como el valor del activo subyacente y r el tipo de interés libre de riesgo. Además,

$0\ y\ T$ indican el momento de tiempo inicial y el vencimiento, respectivamente. Dicha cartera, al vencimiento, tiene el siguiente valor:

$$\max(E - S_T, 0) - \max(S_T - E, 0), \quad (1)$$

siendo S_T el precio del activo subyacente al vencimiento.

A partir de (1), existen dos posibilidades:

$$S_T \geq E \ \rightarrow \ \begin{Bmatrix} \max(E - S_T, 0) = 0 \\ -\max(S_T - E, 0) = \ -(S_T - E) \end{Bmatrix} = \ E - S_T$$

o

$$S_T < E \ \rightarrow \ \begin{Bmatrix} \max(E - S_T, 0) = E - S_T \\ -\max(S_T - E, 0) = \ 0 \end{Bmatrix} \ = \ -S_T + E.$$

Por tanto, el valor de la cartera (1), se reduce a $E - S_T$.

La segunda cartera está formada por una venta en corto[1] de una acción del activo subyacente, junto con la inversión necesaria para que, al vencimiento, se obtenga la cuantía del precio de ejercicio. Matemáticamente, el valor actual de la cartera es:

$$Ee^{-rT} - S_0,$$

donde S_0 es el valor actual del activo.

Al vencimiento, la segunda cartera proporcionará $E - S_T$, por lo que los valores al vencimiento de ambas carteras son iguales. Y de acuerdo con la ley de precio único, si el resultado de dos carteras es el mismo al vencimiento, deben tener el mismo valor al inicio[2]. Por ello, se igualan los valores iniciales de ambas carteras, obteniendo la relación de paridad:

$$P - C = \ Ee^{-rT} - S_0. \quad (2)$$

---

[1] También llamada short-shelling. Consiste en pedir prestado el título, para después venderlo esperando que el precio baje. Cuando así suceda, se recompra, obteniéndose una ganancia, que es la diferencia entre lo obtenido por la venta y lo pagado por la compra, véase Hull (1999)

[2] Esto se puede aplicar suponiendo que el mercado está en equilibrio, no dando lugar a oportunidades de arbitraje

A partir de (2) se puede obtener la relación que existe entre una opción de compra y otra de venta, despejando uno u otro término, en función de las necesidades. Además, dicha ecuación posibilita la creación de opciones sintéticas, que consisten en replicar el comportamiento de una opción, a través de la inversión en los otros elementos de la igualdad.

Según Hull (1999), este mecanismo se emplea, a veces, con el objetivo de asegurar una cartera de opciones, creando una opción de venta sintética. Los motivos que llevan a realizar esta operación son dos. El primero versa sobre la liquidez en los mercados. A veces, los mercados no pueden absorber los intercambios entre los grandes actores, por lo que no pueden realizar las coberturas adecuadamente. El segundo se materializa en las distintas necesidades de los gestores. Así, estos pueden necesitar opciones con precios de ejercicio y/o vencimientos diferentes a las negociadas en los mercados.

2.5. VALOR DE UNA OPCIÓN

Se entiende por valor de una opción el valor de la prima de la opción. Dentro del valor de la prima, se puede distinguir entre el precio de mercado y el valor teórico, véase Loring (2000) . El precio de mercado es aquel que se fija por la oferta y la demanda, mientras que el valor teórico es aquel que se determina desde el punto de vista teórico.

Dentro del valor teórico, se distinguen dos componentes. Por un lado, se encuentra el valor intrínseco, que se refiere a las condiciones actuales del mercado. Por otro lado, el valor extrínseco (o valor temporal) se refiere a las condiciones futuras del mercado.

2.5.1. Valor intrínseco

El valor intrínseco es el valor que tendría una opción, en un momento determinado, si se ejerciese inmediatamente, véase Lamothe Fernández (2005). Siendo S el precio del activo subyacente, E el precio de ejercicio de la opción, y C, P el precio de la prima de una opción call y put, respectivamente:

$$OPCIÓN\ CALL \rightarrow C = \max(0, S - E) \tag{3}$$

$$OPCIÓN\ PUT \rightarrow P = \max(0, E - S)$$

En función de su valor intrínseco, las opciones se denominan:

- Dentro de dinero o *in the money*. Se da cuando las expresiones $S - E$ y $E - S$, respectivamente, son positivas. Es decir, $S > E$ en opciones call o $S < E$ en opciones put. Si se ejercen, producen ganancias.
- En dinero o *at the money*. Se da cuando las expresiones son igual a cero. Es decir, $S = E$ en ambas opciones. No producen beneficio ni pérdida, a su ejercicio.
- Fuera de dinero u *out of the money*. Se da cuando las expresiones son negativas. Es decir, $S > E$ en opciones put o $S < E$ en opciones call. Producen una pérdida, si se ejercen.

En el Gráfico 2.1, se puede observar el valor intrínseco y su clasificación, de dos opciones (call y put), con precio de ejercicio igual a 50, según el valor del activo subyacente.

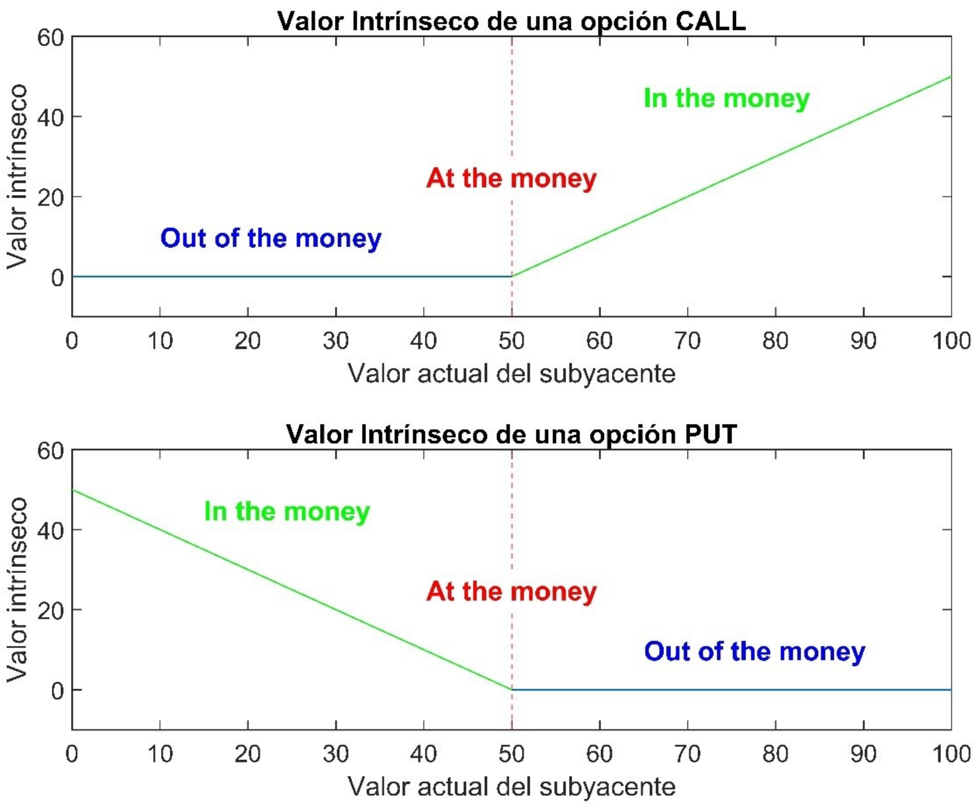

Gráfico 2.1. Valor intrínseco de una opción. Fuente: elaboración propia.

2.5.2. Valor extrínseco

Según Loring (2000), el mercado de opciones está concebido para realizar coberturas o especulaciones sobre los precios actuales. Por ello, la prima de una opción esta influido por las expectativas de evolución del activo subyacente.

Según Lamothe Fernández (2005), el valor extrínseco, valor tiempo o valor temporal, es la valoración que realiza el mercado, como consecuencia de obtener mayores beneficios con la opción, en el caso de una evolución favorable en el precio del activo subyacente. Se puede calcular como la diferencia entre la prima de la opción y su valor intrínseco.

El valor tiempo, al incorporar las expectativas futuras, tiene un componente puramente probabilístico, por lo que su determinación dependerá del modelo de probabilidad adoptado. No obstante, si se realiza la hipótesis de que los mercados son eficientes, se puede adoptar la distribución normal. Por ende, existen tres escenarios posibles:

- Si la opción esta *out of money*, la opción solo tiene valor temporal, ya que se considera, únicamente, una evolución positiva del subyacente, como consecuencia de las expectativas del comprador de la opción.
- Si la opción esta *at the money*, la opción tiene el máximo valor tiempo. Esto se debe a que existe un 50% de probabilidad de obtener ganancias. Además, en este supuesto no existe valor intrínseco, por lo que la prima solo incorpora el valor temporal.
- Si la opción esta *in the money*, existe la posibilidad de que el precio del subyacente aumente. Sin embargo, también existe la posibilidad contraria, por lo que su valor temporal siempre será menor que una opción *at the money*, véase Lamothe Fernández (2005).

2.6. MODELOS DE VALORACIÓN DE OPCIONES

La valoración de opciones, desde un punto de vista investigador, se remonta a 1900 con la tesis de Louis Bachelier. No obstante, en la década de

1960 aparecen los primeros modelos de valoración de warrants[3]. Dichos modelos aportaban una serie de fórmulas que obtenían el precio de un warrant. Sin embargo, incorporaban variables arbitrarias, lo que daba lugar a un modelo incompleto, véase Crespo Espert (2004).

En 1973, Fischer Black y Myron Scholes publicaron su modelo de valoración de opciones, conocido como el modelo de Black-Scholes, véase Black & Scholes (1973). Dicho modelo parte de que el activo subyacente, de una opción europea, sigue una distribución log-normal que no reparte dividendos. Otros supuestos son que no existen costes de transacción ni limitaciones de venta a corto ni de divisibilidad de activos.

Posteriormente, se plantea una ecuación diferencial estocástica, que, utilizando métodos de cálculo estocástico, se obtiene el valor de la prima de una opción call europea. Para más información, véase Briones Cortés (2017) y Kwok (2008).

Consideramos que r es el tipo de interés libre de riesgo (constante en el tiempo), $t\ y\ T$ indican el momento de tiempo inicial y el vencimiento, respectivamente, σ la volatilidad y $N(z)$ como la distribución normal estándar acumulada hasta z, entonces, el precio de la opción call viene dado por:

$$C = SN(d_1) - Ee^{-r(T-t)}N(d_2), \tag{4}$$
$$P = \ Ee^{-r(T-t)}N(-d_2) - SN(-d_1),$$

donde

$$d_1 = \frac{\log\left(\frac{S}{E}\right) + (T-t)(r + \frac{\sigma^2}{2})}{\sigma\sqrt{T-t}},$$

[3] Según la Comisión Nacional del Mercado de Valores (s. f.) los warrant son “valores negociables que otorgan a sus titulares […] el derecho […] a comprar […] o vender […] una cantidad de activo subyacente (ratio del warrant), a un precio predeterminado (precio de ejercicio), durante un periodo o en una fecha definidos de antemano”.
Es decir, un warrant no es más que un título que incorpora un contrato de opción.

$$d_2 = \frac{\log\left(\frac{S}{E}\right) + (T-t)(r - \frac{\sigma^2}{2})}{\sigma\sqrt{T-t}}.$$

A partir del trabajo de Black-Scholes, se fueron sucediendo otros modelos, que surgían con la variación de determinados supuestos de Black and Scholes. Uno de ellos es el modelo de Heston (1993), que considera la volatilidad como un proceso estocástico, en lugar de constante, como sucede en el de Black-Scholes.

Otro modelo a destacar es el propuesto por Cox, Ross y Rubinstein (1979), que es conocido como el modelo binomial. Este incorpora el tiempo discreto en la valoración de opciones, suponiendo que el precio del subyacente al vencimiento sigue un proceso binomial multiplicativo discreto. El modelo se basa en que existen dos escenarios posibles. El primer escenario se da cuando sube el subyacente, con un factor multiplicativo u y una probabilidad q. El segundo, es el suceso contrario, con un factor multiplicativo d y probabilidad de $1-q$.

A través de dichos escenarios y del paso del tiempo, se crea el árbol binomial, que recoge todas las posibilidades del precio final del subyacente, y, en consecuencia, del valor de la opción en cada escenario. Una vez obtenido, se actualiza convenientemente para calcular el precio de la opción.

Todos estos modelos tienen por objeto valorar opciones vanilla, dejando fuera, por sus características propias, a las opciones exóticas. A modo de ejemplo, se pueden señalar dos modelos. El primero de ellos es el propuesto por Geske (1979), que establece el marco para valorar opciones compuestas[4], en el caso de opciones de compra sobre opciones de compra.

El segundo de ellos, es la aplicación del método de simulación de Monte Carlo para la valoración de opciones, planteado por Boyle (1977). Esta técnica

[4] Una opción compuesta es una opción que incorpora como subyacente otra opción, véase Zhu (2013).

destaca por su gran versatilidad, a la hora de adaptarse a las distintas circunstancias que se puedan plantear.

2.7. LETRAS GRIEGAS

Como se ha visto anteriormente, la solución de Black-Scholes (4) proporciona el precio de la prima de una opción, a través del valor de ciertas variables en el momento de valoración. No obstante, estas variables no son estáticas, por lo que sufren cambios durante la vida de la opción. Por ello, nacen las letras griegas, véase Mullaney (2009) y Loring (2000).

Así, las letras griegas, se pueden definir como la sensibilidad en el valor de la prima ante cambios de cada variable. Estas griegas se calculan realizando ciertas simplificaciones. Por ejemplo, manteniéndose constantes todas las variables excepto la que se está analizando, véase Mullaney (2009). Actualmente, se definen las siguientes griegas:

- Delta. Es el cambio del valor de la opción con respecto a movimientos en el activo subyacente, véase Ursone (2015). Matemáticamente, se obtiene con la derivada de la opción en (4) con respecto a S:

$$\Delta = \frac{dC}{dS} = N(d_1)$$

y

$$\Delta = \frac{dP}{dS} = N(d_1) - 1.$$

- Vega, Kappa o Lambda[5]. Es el cambio del valor de la opción con respecto a movimientos en la volatilidad. Matemáticamente, se obtiene con la derivada de la opción en (4) con respecto a σ:

$$\nu = \frac{dC}{d\sigma} = \frac{dP}{d\sigma} = SN(d_1)\sqrt{(T-t)}.$$

[5] Puede tener distinto nombre según el autor.

- Rho. Es el cambio del valor de la opción con respecto a movimientos en el tipo de interés. Matemáticamente, se obtiene con la derivada de la opción en (4) con respecto a r:

$$\rho = \frac{dC}{dr} = (T-t)\frac{E}{e^{r(T-t)}}N(d_2)$$

y

$$\rho = \frac{dP}{dr} = -\,(T-t)\frac{E}{e^{r(T-t)}}N(-d_2).$$

- Theta. Es el cambio del valor de la opción con respecto a la disminución del tiempo hasta el vencimiento. Matemáticamente, se obtiene con la derivada de la opción en (4) con respecto a T:

$$\Theta = \frac{dC}{dT} = \frac{SN(d_1)\sigma}{2\sqrt{(T-t)}} + r\frac{E}{e^{r(T-t)}}N(d_2)$$

y

$$\Theta = \frac{dP}{dT} = \frac{SN(d_1)\sigma}{2\sqrt{(T-t)}} - r\frac{E}{e^{r(T-t)}}N(-d_2).$$

Estas griegas se conocen como griegas de primer orden, ya que se obtienen derivando una vez directamente en la ecuación de Black-Scholes. No obstante, existen otras griegas que derivan de las de primer orden. Así, se denominan griegas de segundo orden a aquellas que se derivan de las letras de primer orden. Igualmente ocurre con las de tercer orden, que derivan de las griegas de segundo orden, véase Ursone (2015).

3. ESTRATEGIAS DE COBERTURA

En esta sección se muestran distintas estrategias de cobertura sobre acciones. En particular, se han utilizado datos de las acciones de Caixabank SA. Se analizarán dos estrategias consistentes en la combinación de una acción y una opción sobre dicha acción. Para ello, se ha obtenido el precio de la acción, a través de Investing (2023), que es de 4,038, el día 30 de enero de 2023. Para el precio de la opción, se van a utilizar dos métodos. El primero consiste en obtener el precio de la prima según el precio de ejercicio del Mercado Español de Futuros y Opciones Financieras[6] (2023). El segundo método es la obtención del valor de la prima con la ecuación (4) de Black-Scholes.

Para aplicar la fórmula anterior, es necesario determinar el tipo de interés y la volatilidad. El tipo de interés se ha fijado en el 4% anual, mientras que el dato de la volatilidad, σ, se ha calculado, de forma histórica, con la siguiente formula, véase Briones Cortés (2017):

$$\sigma = \frac{s}{\sqrt{t}},$$

con t el periodo de tiempo de los datos y s la desviación estándar de los rendimientos logarítmicos diarios:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left[\ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right)-\mu\right]^2},$$

donde n es el número de observaciones, S_i es el precio de la acción en el momento i y μ es la media muestral, es decir,

$$\mu = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\ln\left(\frac{S_i}{S_{i-1}}\right).$$

Teniendo en cuenta la ecuación anterior, y obteniendo de Investing (2023) los precios de cierre diarios, desde el 30 de enero de 2022 hasta la misma fecha del año 2023, se determina una volatilidad histórica del 2,39%, mediante el programa en MATLAB, recogido en el ANEXO 1.

3.1. COMPRA DE UNA ACCIÓN Y VENTA DE UNA OPCIÓN CALL

Esta estrategia, también llamada *covered call,* consiste en que el inversor tiene una posición larga en acciones, y a su vez, toma una posición corta en una o varias opciones CALL, en proporción a las acciones que posee, véase Mullaney (2009) y Hull (1999).

---

[6] Abreviado como MEFF

Considerando lo anterior, se ha implementado la estrategia en MATLAB[7], cuyo código se encuentra recogido en el ANEXO 2. Para ello se ha utilizado una opción cuyo precio de ejercicio es de 4,10€.

Valores futuros subyacente	Beneficio Acción	Beneficio Opción	Beneficio Agregado
0 €	-4,04 €	0,35 €	-3,69 €
1 €	-3,04 €	0,35 €	-2,69 €
2,02 €	-2,02 €	0,35 €	-1,67 €
2,22 €	-1,82 €	0,35 €	-1,47 €
2,42 €	-1,62 €	0,35 €	-1,27 €
2,62 €	-1,41 €	0,35 €	-1,06 €
2,83 €	-1,21 €	0,35 €	-0,86 €
3,03 €	-1,01 €	0,35 €	-0,66 €
3,23 €	-0,81 €	0,35 €	-0,46 €
3,43 €	-0,61 €	0,35 €	-0,26 €
3,63 €	-0,40 €	0,35 €	-0,05 €
3,84 €	-0,20 €	0,35 €	0,15 €
4,038 €	0,00 €	0,35 €	0,35 €
4,10 €	0,06 €	0,35 €	0,41 €
4,24 €	0,20 €	0,21 €	0,41 €
4,44 €	0,40 €	0,01 €	0,41 €
4,64 €	0,61 €	-0,19 €	0,41 €
4,85 €	0,81 €	-0,40 €	0,41 €
5,05 €	1,01 €	-0,60 €	0,41 €
5,25 €	1,21 €	-0,80 €	0,41 €
5,45 €	1,41 €	-1,00 €	0,41 €
5,65 €	1,62 €	-1,20 €	0,41 €
5,86 €	1,82 €	-1,41 €	0,41 €
6,06 €	2,02 €	-1,61 €	0,41 €
8 €	3,96 €	-3,55 €	0,41 €
10 €	5,96 €	-5,55 €	0,41 €
12 €	7,96 €	-7,55 €	0,41 €
14 €	9,96 €	-9,55 €	0,41 €
16 €	11,96 €	-11,55 €	0,41 €
18 €	13,96 €	-13,55 €	0,41 €
20 €	15,96 €	-15,55 €	0,41 €

Tabla 3.1. Estrategia de compra de una acción y venta de una CALL con prima del MEFF. *Fuente: elaboración propia*.

En la Tabla *3.1* se muestran los resultados obtenidos con esta estrategia cuando se considera la prima de la opción de 0,35€ (obtenida del MEFF). Con

[7] Además del programa, se han utilizado funciones procedentes del paquete *Financial Toolbox*

estos datos, se construirán diferentes tablas, para cada estrategia. Dichas tablas contienen varias columnas, en las que se muestra:

- Primera columna: posibles valores futuros del subyacente.
- Segunda columna: la ganancia o pérdida patrimonial de la acción, calculada como la diferencia entre el valor futuro del subyacente y su valor inicial.
- Tercera columna: la ganancia o pérdida de la posición de la opción, según la estrategia. Para ello, se emplea la ecuación (3) a los que se añade o resta la prima, según la posición adoptada.
- Cuarta columna: la ganancia o pérdida de la estrategia, que es la suma de las dos columnas anteriores.

Así mismo, para cada estrategia se ilustran, mediante un gráfico, las tres últimas columnas en función de los valores de la primera columna (eje de abscisas), para obtener una representación visual de las mismas.

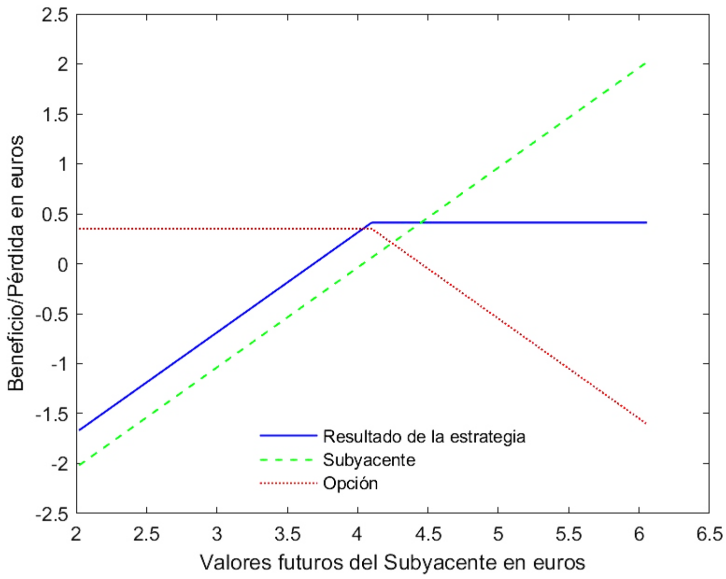

Gráfico 3.1. Estrategia de compra de una acción y venta de una CALL con datos del MEFF. Fuente: elaboración propia.

En la Tabla *3.1* y en el Gráfico *3.1*, se observa que al vender una opción CALL, se obtiene una ganancia inmediata igual a su prima. Si en el futuro, el activo subyacente se encuentra por debajo del precio de ejercicio, la opción no será ejercida, mitigando las pérdidas que proporciona la tenencia de las acciones. No obstante, cuando la acción supera el precio de ejercicio, se está obteniendo una ganancia. Sin embargo, la opción va perdiendo valor, situándose en pérdidas. Estos efectos contrarios se compensan, por lo que se limitan las ganancias a 0,41€. En conjunto, tenemos que esta estrategia limita parcialmente las pérdidas a costa de topar los beneficios cuando el subyacente se revaloriza.

Considerando la misma estrategia y utilizando el precio de la opción de 0,09€, calculada con el modelo de Black-Scholes, se obtienen la Tabla 3.2 y el Gráfico 3.2.

Valores futuros Subyacente	Beneficio Acción	Beneficio Opción	Beneficio Agregado
0 €	-4,04 €	0,09 €	-3,95 €
1 €	-3,04 €	0,09 €	-2,95 €
2,02 €	-2,02 €	0,09 €	-1,93 €
2,22 €	-1,82 €	0,09 €	-1,73 €
2,42 €	-1,62 €	0,09 €	-1,53 €
2,62 €	-1,41 €	0,09 €	-1,32 €
2,83 €	-1,21 €	0,09 €	-1,12 €
3,03 €	-1,01 €	0,09 €	-0,92 €
3,23 €	-0,81 €	0,09 €	-0,72 €
3,43 €	-0,61 €	0,09 €	-0,52 €
3,63 €	-0,40 €	0,09 €	-0,31 €
3,84 €	-0,20 €	0,09 €	-0,11 €
4,038 €	0,00 €	0,09 €	0,09 €
4,10 €	0,06 €	0,09 €	0,15 €
4,24 €	0,20 €	-0,05 €	0,15 €
4,44 €	0,40 €	-0,25 €	0,15 €
4,64 €	0,61 €	-0,45 €	0,15 €
4,85 €	0,81 €	-0,66 €	0,15 €
5,05 €	1,01 €	-0,86 €	0,15 €
5,25 €	1,21 €	-1,06 €	0,15 €
5,45 €	1,41 €	-1,26 €	0,15 €
5,65 €	1,62 €	-1,46 €	0,15 €
5,86 €	1,82 €	-1,67 €	0,15 €
6,06 €	2,02 €	-1,87 €	0,15 €
8 €	3,96 €	-3,81 €	0,15 €
10 €	5,96 €	-5,81 €	0,15 €
12 €	7,96 €	-7,81 €	0,15 €
14 €	9,96 €	-9,81 €	0,15 €
16 €	11,96 €	-11,81 €	0,15 €
18 €	13,96 €	-13,81 €	0,15 €
20 €	15,96 €	-15,81 €	0,15 €

Tabla 3.2. Estrategia de compra de una acción y venta de una CALL con prima de Black-Scholes. Fuente: elaboración propia.

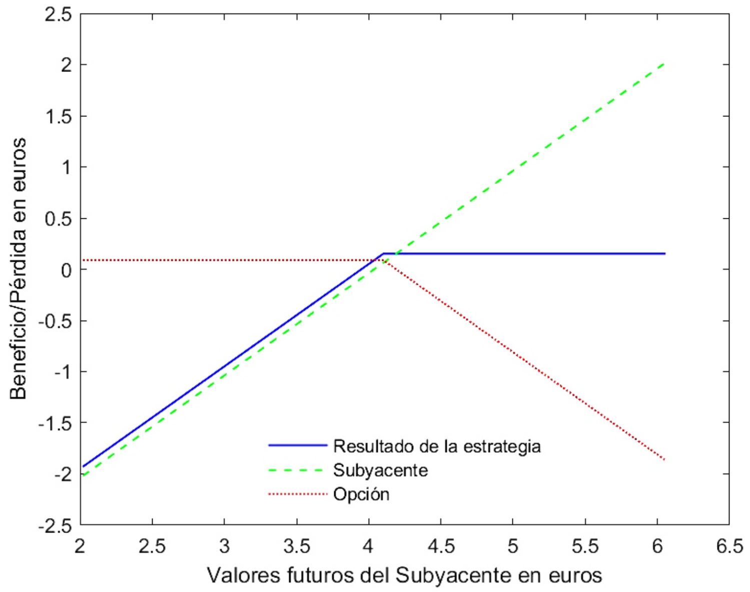

Gráfico 3.2. Estrategia de compra de una acción y venta de una CALL con datos de Black-Scholes. Fuente: elaboración propia.

Puesto que se trata de la misma estrategia, las conclusiones son iguales para ambos. No obstante, en este caso, la opción, al tener una prima de menor valor, el resultado de la estrategia es mucho menor, limitando en menor medida las pérdidas, pero limitando mucho más las ganancias, que pasan de 0,41€ a 0,15€.

Esto se debe a que el máximo beneficio de la opción CALL, en una posición corta es la prima que se recibe, por lo que, si se reduce, la estrategia va a ser menos eficiente. En consecuencia, se produce el efecto contrario, si aumenta la prima de la opción.

Por último, se aprecia que el modelo de Black-Scholes infravalora la opción respecto a los datos obtenidos del MEFF. Esto puede deberse a múltiples factores, como errores en la estimación de variables o supuestos del modelo de Black-Scholes, entre otros.

3.2. COMPRA DE UNA ACCIÓN Y DE UNA OPCIÓN PUT

Esta estrategia se caracteriza por emplear una opción PUT. Así, es llamada en ocasiones *protective put.* Combina una acción con una opción PUT en posición larga, véase Comisión Nacional del Mercado de Valores (2006) y Mullaney (2009).

Se ha calculado una tabla en MATLAB, a través del programa informático elaborado y recogido en el ANEXO 3, considerando los mismos precios de ejercicio de la sección anterior, utilizando una prima obtenida en el MEFF, de 0,40€, que da lugar a la Tabla 3.3, con su correspondiente Gráfico 3.3:

Valores futuros Subyacente	Beneficio Acción	Beneficio Opción	Beneficio Agregado
0 €	-4,04 €	3,70 €	-0,34 €
1 €	-3,04 €	2,70 €	-0,34 €
2,02 €	-2,02 €	1,68 €	-0,34 €
2,22 €	-1,82 €	1,48 €	-0,34 €
2,42 €	-1,62 €	1,28 €	-0,34 €
2,62 €	-1,41 €	1,08 €	-0,34 €
2,83 €	-1,21 €	0,87 €	-0,34 €
3,03 €	-1,01 €	0,67 €	-0,34 €
3,23 €	-0,81 €	0,47 €	-0,34 €
3,43 €	-0,61 €	0,27 €	-0,34 €
3,63 €	-0,40 €	0,07 €	-0,34 €
3,84 €	-0,20 €	-0,14 €	-0,34 €
4,038 €	0,00 €	-0,34 €	-0,34 €
4,10 €	0,06 €	-0,34 €	-0,28 €
4,24 €	0,20 €	-0,40 €	-0,20 €
4,44 €	0,40 €	-0,40 €	0,00 €
4,64 €	0,61 €	-0,40 €	0,21 €
4,85 €	0,81 €	-0,40 €	0,41 €
5,05 €	1,01 €	-0,40 €	0,61 €
5,25 €	1,21 €	-0,40 €	0,81 €
5,45 €	1,41 €	-0,40 €	1,01 €
5,65 €	1,62 €	-0,40 €	1,22 €
5,86 €	1,82 €	-0,40 €	1,42 €
6,06 €	2,02 €	-0,40 €	1,62 €
8 €	3,96 €	-0,40 €	3,56 €
10 €	5,96 €	-0,40 €	5,56 €
12 €	7,96 €	-0,40 €	7,56 €
14 €	9,96 €	-0,40 €	9,56 €
16 €	11,96 €	-0,40 €	11,56 €
18 €	13,96 €	-0,40 €	13,56 €
20 €	15,96 €	-0,40 €	15,56 €

Tabla 3.3. Estrategia de compra de una acción y de una PUT con prima del MEFF. Fuente: elaboración propia.

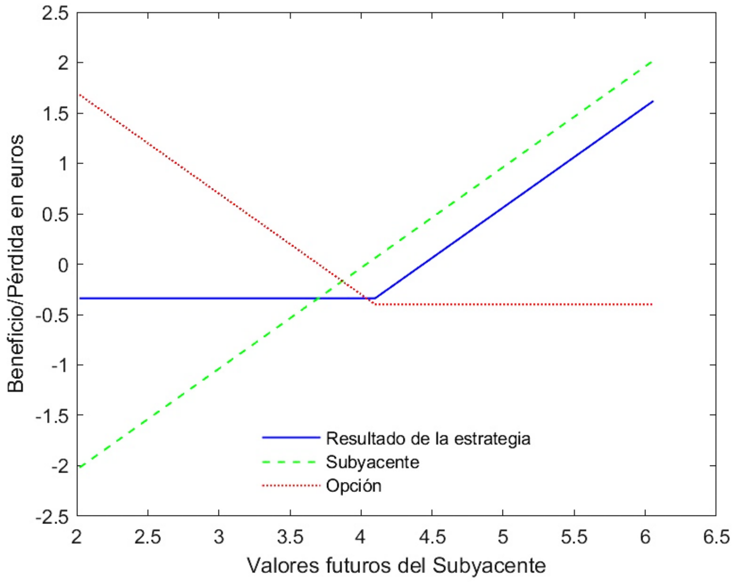

Gráfico 3.3. Estrategia de compra de una acción y de una PUT con datos del MEFF. Fuente: elaboración propia.

Puesto que es necesario comprar la opción PUT, en el momento inicial es necesario desembolsar el precio de la opción, lo que presenta una desventaja respecto a la estrategia *covered call.* No obstante, se aprecia un comportamiento más favorable al vencimiento de la estrategia.

Dicho comportamiento se refleja en dos momentos. El primero se da cuando el activo subyacente está por debajo del precio de ejercicio. Aquí, la acción está generado pérdidas, pero, la opción de venta genera beneficios. Estos efectos se compensan, dando lugar a unas pérdidas fijas de 0,34€. Así, mientras que en la estrategia anterior no se consigue limitar las pérdidas, en este caso se encuentran limitadas a una cuantía igual a la prima de la opción menos la diferencia entre el precio de ejercicio y el valor inicial del subyacente.

El segundo momento ocurre en valores del subyacente por encima del precio de ejercicio. En este caso, la opción de venta no se ejerce, perdiendo la prima pagada. No obstante, el precio de la acción se ha incrementado, por lo que se obtiene un beneficio. Sumando ambos efectos, resulta que existe un beneficio ilimitado, que es igual a la diferencia entre el subyacente y el precio de ejercicio, a los que se resta la prima de la PUT.

Por todo ello, podemos concluir que esta estrategia actúa como un seguro, limitando las pérdidas a 0,34€, en el caso de que el subyacente pierda valor, y obteniendo beneficios cuando la acción sube, lo que proporciona una cobertura del riesgo eficiente.

Al igual que en el apartado anterior, se ha procedido a calcular la misma estrategia con la fórmula de Black-Scholes, siendo la prima de la opción de 0,09€. Con dicho precio, se ha calculado la Tabla 3.4, con el Gráfico 3.4:

Valores futuros Subyacente	Beneficio Acción	Beneficio Opción	Beneficio Agregado
0 €	-4,04 €	4,01 €	-0,03 €
1 €	-3,04 €	3,01 €	-0,03 €
2,02 €	-2,02 €	1,99 €	-0,03 €
2,22 €	-1,82 €	1,79 €	-0,03 €
2,42 €	-1,62 €	1,59 €	-0,03 €
2,62 €	-1,41 €	1,39 €	-0,03 €
2,83 €	-1,21 €	1,18 €	-0,03 €
3,03 €	-1,01 €	0,98 €	-0,03 €
3,23 €	-0,81 €	0,78 €	-0,03 €
3,43 €	-0,61 €	0,58 €	-0,03 €
3,63 €	-0,40 €	0,38 €	-0,03 €
3,84 €	-0,20 €	0,17 €	-0,03 €
4,038 €	0,00 €	-0,03 €	-0,03 €
4,10 €	0,06 €	-0,09 €	-0,03 €
4,24 €	0,20 €	-0,09 €	0,11 €
4,44 €	0,40 €	-0,09 €	0,31 €
4,64 €	0,61 €	-0,09 €	0,52 €
4,85 €	0,81 €	-0,09 €	0,72 €
5,05 €	1,01 €	-0,09 €	0,92 €
5,25 €	1,21 €	-0,09 €	1,12 €
5,45 €	1,41 €	-0,09 €	1,32 €
5,65 €	1,62 €	-0,09 €	1,53 €
5,86 €	1,82 €	-0,09 €	1,73 €
6,06 €	2,02 €	-0,09 €	1,93 €
8 €	3,96 €	-0,09 €	3,87 €
10 €	5,96 €	-0,09 €	5,87 €
12 €	7,96 €	-0,09 €	7,87 €
14 €	9,96 €	-0,09 €	9,87 €
16 €	11,96 €	-0,09 €	11,87 €
18 €	13,96 €	-0,09 €	13,87 €
20 €	15,96 €	-0,09 €	15,87 €

Tabla 3.4. Estrategia de compra de una acción y de una PUT con prima de Black-Scholes. Fuente: elaboración propia.

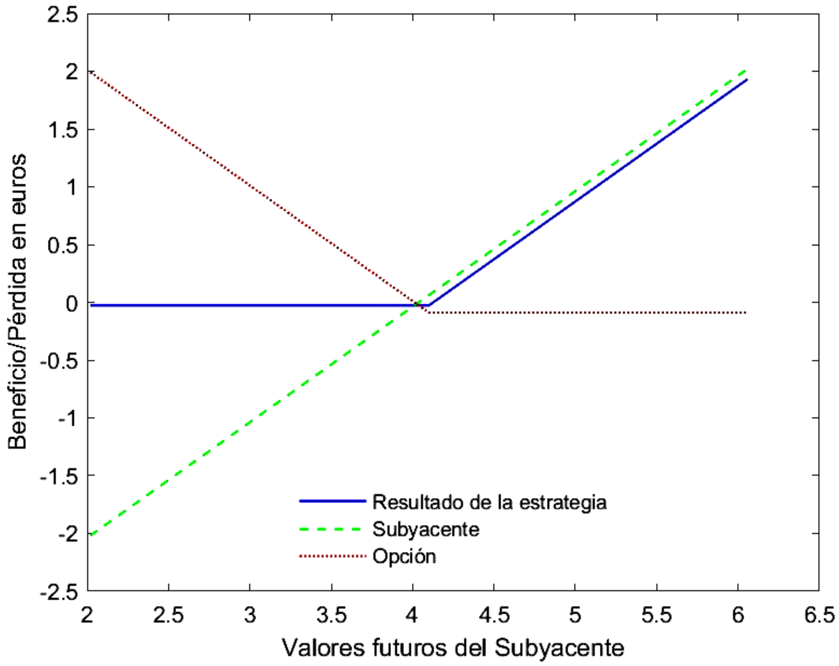

Gráfico 3.4. Estrategia de compra de una acción y de una PUT con prima de Black-Scholes. Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en esta tabla, las pérdidas quedan limitadas a 0,03€, mientras que no se limitan las ganancias. En consecuencia, se obtiene una mejor cobertura (con menores pérdidas y mayores ganancias) respecto al escenario anterior. Esto se debe a que, como la prima de la opción es mucho más reducida, el coste de la cobertura se reduce, lo que repercute en las ganancias. Además, al igual que en la estrategia *covered call*, se observar que la expresión de Black-Scholes infravalora el precio de la prima, respecto al precio del mercado de futuros y opciones financieras.

4. INFLUENCIA DE ALGUNAS VARIABLES EN EL PRECIO DE UNA OPCIÓN CON EL MODELO DE BLACK-SCHOLES

En las estrategias anteriores, se ha empleado el modelo de Black-Scholes para calcular los precios de las opciones utilizadas. Dicho modelo requiere del valor de ciertas variables, que, en ocasiones, se han de determinar a partir de observaciones durante un periodo de tiempo o fijar de forma arbitraria, como la volatilidad o el tipo de interés, respectivamente.

En estos casos, al utilizar los métodos anteriores, el precio obtenido con la fórmula del modelo se puede ver afectado. Por este motivo, se ha considerado adecuado analizar cómo varía el precio de la opción según los cambios en la volatilidad y el tipo de interés, de forma independiente.

Dichos análisis se han realizado e implementado en MATLAB, de acuerdo a los códigos que se recogen en el anexo.

4.1. INFLUENCIA DEL TIPO DE INTERÉS

Para analizar la influencia del tipo de interés en la prima, se han realizado dos cálculos, a través del programa, en MATLAB, recogido en el ANEXO 4. Por un lado, se ha calculado la letra griega Rho, para las opciones del capítulo anterior con vencimiento en un año. Por otro lado, se ha calculado y representado los precios de las primas para cada opción, considerando que los tipos de interés suben desde el 1% hasta el 10%, en fracciones de una unidad. Los resultados se recogen en los Gráficos 4.1 y 4.2.

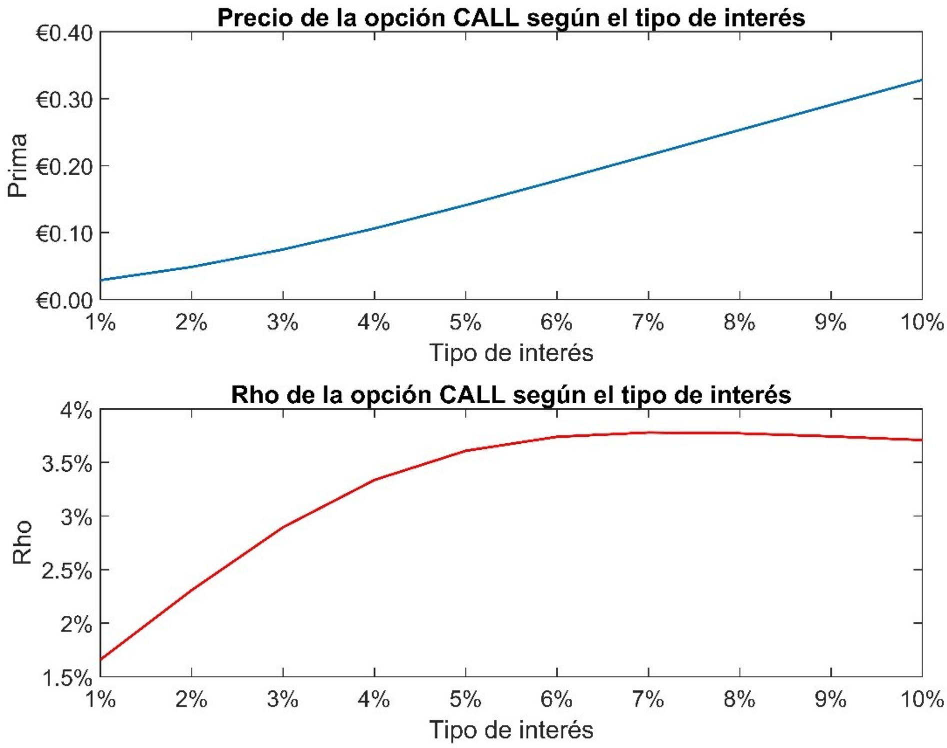

Gráfico 4.1. Influencia del tipo de interés en una opción CALL. Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico 4.1 se observa que la prima de una opción de compra aumenta desde dos hasta treinta y dos céntimos, en una subida del 1% al 10% de interés. Dicho aumento no es proporcional, como se puede observar en el segundo eje de coordenadas del Gráfico 4.1.

Así, se refleja un crecimiento más elevado en niveles inferiores del tipo de interés. A partir del 6% de interés, la sensibilidad de la prima se mantiene aproximadamente constante, para después descender levemente, con tipos de interés altos.

Sin embargo, los efectos en la prima son reducidos, ya que, en el valor máximo calculado, una subida del 1% en los tipos de interés supone un crecimiento de la prima en un 3,7794%. Si le sumamos que la prima es de 0,2155 €, la subida es bastante modesta. Por ello, podemos concluir que el tipo de interés no es una variable que afecte en gran medida a la prima de la opción CALL.

En el caso de la opción de venta, con los mismos parámetros, tenemos el siguiente gráfico:

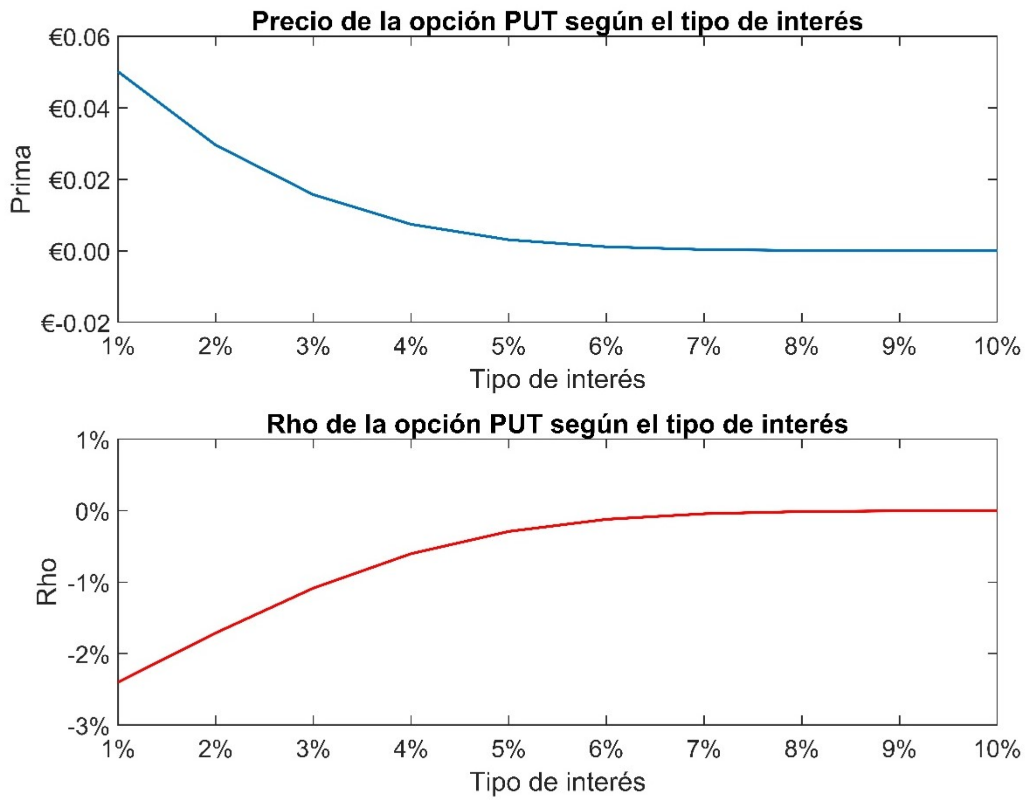

Gráfico 4.2. Influencia del tipo de interés en una opción PUT. Fuente: Elaboración propia.

Como se observa, la opción de venta tiene un valor bastante reducido, que oscila entre cinco y cero céntimos. Además, se aprecia que existe una relación inversa entre el tipo de interés y la prima, reduciéndose esta ante un aumento del tipo de interés.

En cuanto a la sensibilidad, esta es negativa, reduciéndose con el aumento de los tipos de interés. Llegado el 3%, rho tiende a cero, hasta que, alcanzando niveles elevados del tipo de interés, llega prácticamente a cero. Por todo ello, dado que la prima calculada, como la sensibilidad, son muy reducidas, el efecto de una subida de tipos de interés es casi nulo. Similares conclusiones se han obtenido con otros vencimientos.

4.2. INFLUENCIA DE LA VOLATILIDAD

Para analizar la influencia de la volatilidad en la prima de una opción, se han realizado los mismos procedimientos que en el apartado anterior, con un vencimiento de medio año. Así, se ha calculado las primas de una opción de compra y otra de venta, utilizando distintas volatilidades. Dichas volatilidades están calculadas como una horquilla, de entre el 10% y el 190%, de la volatilidad estimada, que es de 2,39%. Además, se ha calculado la letra griega Vega, que es común a ambas opciones, para analizar la sensibilidad de la prima. Todo ello se ha realizado con el programa recogido en el ANEXO 5, obteniendo la Tabla 4.1, con su correspondiente Gráfico 4.3.

Como se observa en la Tabla 4.1, la prima de la opción CALL se sitúa entre dos y seis céntimos. Similar a la opción de compra, la opción PUT se sitúa entre cero y cuatro céntimos, aproximadamente. Por ello, la prima varia en escasa cuantía, ante cambios en la volatilidad.

Esta conclusión se confirma con la letra griega calculada. Así, como se aprecia en el Gráfico 4.3, el aumento parece ser de 1% como máximo al aumentar la volatilidad. Es decir, en este caso la prima no está siendo muy sensible a la volatilidad. Similares conclusiones se han obtenido con otros vencimientos.

Volatilidad	Prima CALL	Prima PUT	Vega
0,24%	0,02 €	0,0000 €	0,0215%
0,48%	0,02 €	0,0005 €	0,4214%
0,72%	0,02 €	0,0019 €	0,7312%
0,96%	0,02 €	0,0039 €	0,8868%
1,20%	0,03 €	0,0061 €	0,9696%
1,43%	0,03 €	0,0085 €	1,0178%
1,67%	0,03 €	0,0109 €	1,0480%
1,91%	0,03 €	0,0135 €	1,0681%
2,15%	0,04 €	0,0160 €	1,0820%
2,39%	0,04 €	0,0186 €	1,0921%
2,63%	0,04 €	0,0213 €	1,0997%
2,87%	0,04 €	0,0239 €	1,1054%
3,11%	0,05 €	0,0266 €	1,1100%
3,35%	0,05 €	0,0292 €	1,1135%
3,59%	0,05 €	0,0319 €	1,1164%
3,83%	0,05 €	0,0345 €	1,1188%
4,06%	0,06 €	0,0372 €	1,1208%
4,30%	0,06 €	0,0399 €	1,1224%
4,54%	0,06 €	0,0426 €	1,1238%

Tabla 4.1. Influencia de la volatilidad en una opción. Fuente: elaboración propia.

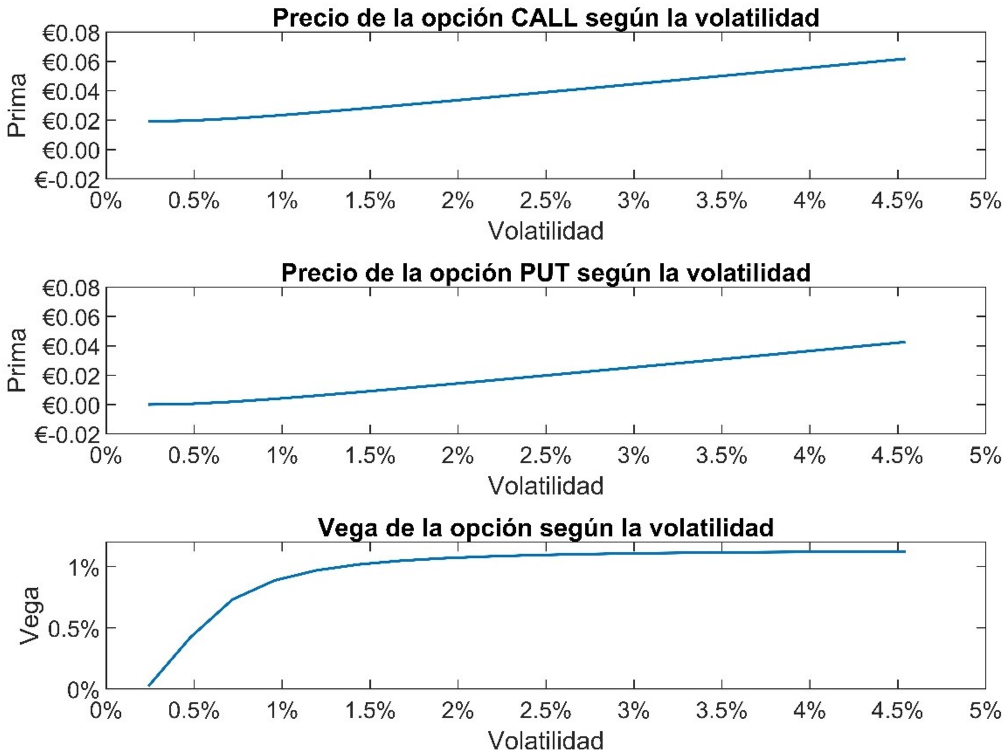

Gráfico 4.3. Influencia de la volatilidad en una opción. Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

El contexto actual se encuentra marcado por la elevada inflación e incertidumbre existente. Esto está repercutiendo negativamente en las empresas, en especial en las entidades financieras. El objetivo principal, por tanto, es poder mitigar o eliminar el riesgo de inversión. Para ello, se han analizado dos estrategias que combinan una opción y una acción.

La primera estrategia consiste en combinar una acción con una opción de compra, en posición corta. En su análisis, se ha podido demostrar que la estrategia reduce las pérdidas, en caso de una evolución desfavorable del subyacente. Sin embargo, esto se logra a costa de limitar las ganancias, en caso de evolución favorable.

En el caso de la segunda estrategia, que combina una acción con una opción de venta en posición larga, el resultado es diferente. Así, se ha concluido que permite limitar las pérdidas a una cantidad fija, sin limitar las posibles ganancias. Por ello, se concluye que esta estrategia es más adecuada, ya que es la única que permite alcanzar el objetivo previsto.

Estas estrategias han sido calculadas por dos métodos. Por una parte, las primas de las opciones se han obtenido de los datos disponibles en el MEFF. Por otra parte, se han derivado del modelo de Black-Scholes.

Al emplear ambos métodos, se ha observado que el modelo de Black-Scholes otorga primas de opciones más reducidas que lo obtenido en el mercado. Esto, provoca que el coste de la cobertura sea menor, siendo más eficiente en el caso de la segunda estrategia. Para la primera, se perjudica la reducción de las pérdidas, así como se limita, en mayor medida, las posibles ganancias, por lo que se vuelve menos eficiente.

Por último, se ha analizado el impacto que sufre la prima de una opción, como consecuencia de una variación en los tipos de interés y la volatilidad, de forma independiente. Así, calculando los precios de las opciones con distintos valores de esas variables, junto a las letras griegas correspondientes, se concluye que en este caso un cambio en dichas variables no tiene un impacto relevante en la prima de una opción. Utilizándose otros vencimientos, tanto superiores como inferiores, de la opción, se obtiene la misma conclusión.

6. BIBLIOGRAFÍA

Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *Journal of Political Economy*, *81*(3), 637–654.

Boyle, P. P. (1977). Options: A Monte Carlo approach. *Journal of Financial Economics*, *4*(3), 323–338.

Briones Cortés, F. (2017). *La fórmula de Black-Scholes: un enfoque a través de martingalas* [Benemerita Universidad Autónoma de Puebla]. https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/tesis/ma/FernandoBrionesCortes.pdf

Comisión Nacional del Mercado de Valores. (n.d.). Warrants y Turbo Warrants. *Guias Del Inversor de La CNMV*. Retrieved February 22, 2023, from https://www.cnmv.es/DocPortal/Publicaciones/Fichas/GR17_Warrants_Turbowarrants.pdf

Comisión Nacional del Mercado de Valores. (2006). Guia informativa de la CNMV, opciones y futuros. *Guias Del Inversor de La CNMV*, *2*, 26–34. https://www.cnmv.es/DocPortal/Publicaciones/Guias/GUIA_OPCYFUT.PDF

Cox, J. C., Ross, S. A., & Rubinstein, M. (1979). Option pricing: A simplified approach. *Journal of Financial Economics*, *7*(3), 229–263.

Crespo Espert, J. L. (2004). Tres décadas de la teoría de opciones. *BOLSA DE MADRID*, *128*, 28–33.

De Weert, F. (2008). *Exotic options trading*. John Wiley & Sons; Chichester, England;

Geske, R. (1979). The valuation of compound options. *Journal of Financial Economics*, *7*(1), 63–81.

Gregory, J. (2014). *Central counterparties : mandatory clearing and bilateral margin requirements for OTC derivatives*. John Wiley & Sons, Inc.; West Sussex, England.

Heston, S. L. (1993). The Society for Financial Studies A Closed-Form Solution for Options with Stochastic Volatility with Applications to Bond and Currency

Options. *The Review of Financial Studies*, *6*(2), 327–343.

Hull, J. (1999). *Introducción a los mercados de futuros y opciones* (V. Morales (ed.); 2ª ed., 3ª). Prentice-Hall; Madrid.

Investing. (2023). *Acciones CaixaBank | Cotización BME: CABK*. https://es.investing.com/equities/caixabank-sa

Kwok, Y.-K. (2008). *Mathematical Models of Financial Derivatives* (2nd ed. 20). Springer Berlin Heidelberg; Berlin, Heidelberg.

Lamothe Fernández, P. (2005). *Opciones financieras y productos estructurados* (M. Pérez Somalo (ed.); 3ª ed). McGraw Hill; Madrid.

Loring, J. (2000). *Opciones y futuros*. Desclée de Brouwer; Bilbao.

Mercado Español de Futuros y Opciones Financieras. (2023). *CAIXABANK, S.A.| MEFF*. https://www.meff.es/esp/Derivados-Financieros/Ficha/CABK_CaixaBank

Mullaney, M. D. (2009). *The complete guide to option strategies : advanced and basic strategies on stocks, ETFs, indexes, and stock indexes* (1st editio). Wilye; Hoboken, N.J.

Pesce, G., Pedroni, F. V., Chávez, E., Moral, M. de la P., & Rivero, M. A. (2021). Opciones exóticas: conceptualización y evolución en la literatura a partir de una revisión sistemática TT - Exotic options: conceptualization and evolution in the literature from a systematic review. *Lecturas de Economía*, *95*, 231–275. https://www.proquest.com/scholarly-journals/opciones-exóticas-conceptualización-y-evolución/docview/2596445017/se-2

Roman, S. (2004). *Introduction to the Mathematics of Finance From Risk Management to Options Pricing* (1st ed. 20). Springer New York; New York, NY.

Ursone, P. (2015). *How to calculate options prices and their greeks : exploring the black scholes model from delta to vega* (1st ed.). Wiley; Chichester, England.

Zhu, Y. (2013). *Derivative Securities and Difference Methods* (X. Wu, I.-L. Chern,

& Z. Sun (eds.); 2nd ed. 20). Springer New York; New York, NY.

ANEXO 1

```
%     Cálculo de la prima de una opción con la fórmula de Black-Scholes.
Cálculo de la volatilidad histórica de la acción.
clear


cabk=importdata("Datos históricos CABK_30_1_22-23.xlsx"); % Datos históricos
desde el 30/1/22 al 30/1/23
cabkT=1; %         Intervalo de los datos históricos
n=length(cabk.data);
preciosEj=cabk.data(n)*(0.5:.05:1.5)'; %    Distintos precios de ejercicio, en
el rango 50-150% de S, con distancia de 5%
m=length(preciosEj); %    Número de precios de ejercicio
S=cabk.data(n); %     Precio del subyacente
t=1; %     Vencimiento de la opción
r=.04; %   Tipo de interés
%     VOLATILIDAD HISTÓRICA
mu=(1/n)*sum(log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1)));%    Cálculo de la media
muestral
sigma=sqrt((1/(n-1))*sum((log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1))-mu).^2));%
Cálculo de la varianza muestral
volhist=(sigma/sqrt(cabkT)); % Cálculo de la volatilidad histórica
%     FÓRMULA DE BLACK-SCHOLES
d1=(log(S./preciosEj)+(r + 0.5*(volhist^2)).*t)./(volhist*sqrt(t));
d2=(log(S./preciosEj)+(r - 0.5*(volhist^2)).*t)./(volhist*sqrt(t));
C0 = S.*normcdf(d1)-(preciosEj.*exp(-r*t).*normcdf(d2))
P0 = C0 + preciosEj.*exp(-r*t) - S
%     GRÁFICA
plot(preciosEj,C0)
hold on
plot(preciosEj,P0)
xlabel('Precios de Ejercicio')
ylabel('C0, P0')
title('Primas de opciones según el precio de ejercicio')
print('grafico.pdf', '-dpdf')
```

ANEXO 2

```
%     Estrategia de Compra de la acción y venta de una opción CALL con datos
del MEFF
clear
cabk=importdata("Datos históricos CABK_30_1_22-23.xlsx");% Importamos datos de
precio desde el 30/1/22 al 30/1/23
n=length(cabk.data);% Obtenemos el nº de precios que hemos importado
E = 4.1;%  Definimos el precio de ejercicio
C1 = .35;% Precio de la prima según MEFF para el precio de ejercicio anterior
con fecha vencimiento 15/12/23
S = cabk.data(n)*(.5:.05:1.5)';% Definimos rango de precios del subyacente,
según el precio a 30/1/23
S(length(S)+1) = E;% Añadimos S=E, para que en el gráfico no quede una línea
curva
S = sort(S);% Se ordena de menor a mayor, para luego realizar el gráfico
resOP1= C1 - max(0,S-E); % Cálculo de la opción CALL en posición corta
resAC=S-cabk.data(n); % Calculamos el resultado de la acción en cada posible
precio futuro, restándole el precio a 30/1/23
res1=resOP1+resAC; % Suma de la opción y la acción. Resultado de la estrategia
nomtable = ["Subyacente", "Beneficio Acción", "Beneficio Opción", "Beneficio
Agregado"]; % Creamos nombres de columnas que aparecerán en la futura tabla
Excel
T=table(S,resAC,resOP1,res1,VariableNames=nomtable); %   Creamos Tabla con los
resultados y sus nombres
writetable(T,'Cobertura_SventaC.xlsx','Sheet','MEFF'); % La tabla se exporta a
un archivo Excel llamado Cobertura_SventaC.xlsx cuya hoja se llama MEFF
figure('Name','MEFF','NumberTitle','off') % Creamos una nueva ventana
```

```
plot(S,res1,'b',LineWidth=1) %    Creamos el gráfico del resultado de la
estrategia en azul
hold on
plot(S,resAC,"--",Color="g",LineWidth=1) %    Creamos el gráfico del resultado
de la acción en verde y con línea discontinua
plot(S,resOP1,":",Color="r",LineWidth=1)%    Creamos el gráfico del resultado
de la opción en rojo y con línea de puntos
hold off
legend('Resultado de la estrategia','Subyacente','Opción',Location='south');
legend('boxoff');
xlabel('Valores futuros del Subyacente en euros');
ylabel('Beneficio/Pérdida en euros');
print('graficoS_venta_C_MEFF.jpg', '-djpeg')

% SE CALCULA LA MISMA ESTRATEGIA OBTENIENDO LA PRIMA DE LA OPCIÓN CON BLACK
SCHOLES
r=.04;% FIJAMOS TIPO DE INTERÉS
%  CALCULAMOS VOLATILIDAD HISTÓRICA
cabkT=1;
mu=(1/n)*sum(log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1)));
sigma=sqrt((1/(n-1))*sum((log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1))-mu).^2));
vol=(sigma/sqrt(cabkT));
%
t=227/258; % Se calcula el periodo hasta el vencimiento (desde 30/1/23 al
15/12/23). AÑO de 258 días. 227 días hábiles con las fechas anteriores
C2=blsprice(cabk.data(n),E,r,t,vol); % Se calcula el precio con BS
% Resultado de la estrategia
resOP2=C2 - max(0,S-E);% Calculo de la opción CALL en posición corta
res2=resOP2+resAC;%Suma de la opción y la acción. Resultado de la estrategia
T1=table(S,resAC,resOP2,res2,VariableNames=nomtable);
writetable(T1,'Cobertura_SventaC.xlsx','Sheet','BS');
figure('Name','Black-Scholes','NumberTitle','off')% Genera un nuevo gráfico
plot(S,res2,'b',LineWidth=1)
hold on
plot(S,resAC,"--",Color="g",LineWidth=1)
plot(S,resOP2,":",Color="r",LineWidth=1)
legend('Resultado de la estrategia','Subyacente','Opción',Location='south');
legend('boxoff');
xlabel('Valores futuros del Subyacente en euros');
ylabel('Beneficio/Pérdida en euros');
print('graficoS_venta_C_BS.jpg', '-djpeg')
```

ANEXO 3

```
% Estrategia de Compra de acción y compra de PUT con datos obtenidos del MEFF
clear
cabk=importdata("Datos históricos CABK_30_1_22-23.xlsx");% Importamos datos de
precio desde el 30/1/22 al 30/1/23
n=length(cabk.data); % Obtenemos el nº de precios que hemos importado

E = 4.1;%  Definimos el precio de ejercicio
P1 = .40;% Precio de la prima según MEFF para precio de ejercicio anterior con
fecha vencimiento 15/12/23
S = cabk.data(n)*(.5:.05:1.5)'; % Definimos rango de precios del subyacente,
según el precio a 30/1/23
S(length(S)+1) = E; %   Añadimos S=E, para que en el gráfico no quede una
línea curva
S = sort(S); % Se ordena de menor a mayor, para luego realizar el gráfico
% RESULTADOS
resOP1= max(E-S,0) - P1; % Cálculo de la opción PUT en posición larga
resAC=S-cabk.data(n); % Calculamos el resultado de la acción en cada posible
precio futuro, restándole el precio a 30/1/23
res1=resOP1+resAC; % Suma de la opción y la acción. Resultado de la estrategia
% TABLA
```

```
nomtable = ["Subyacente", "Beneficio Acción", "Beneficio Opción", "Beneficio Agregado"];   % Creamos nombres de columnas que aparecerán en la futura tabla excel
T=table(S,resAC,resOP1,res1,VariableNames=nomtable);   %   Creamos Tabla con los resultados y sus nombres
writetable(T,'Cobertura_ScompraP.xlsx','Sheet','MEFF');  % La tabla se exporta a un archivo excel llamado Cobertura_ScompraP.xlsx cuya hoja se llama MEFF
% GRÁFICA
figure('Name','MEFF','NumberTitle','off') % Creamos una nueva ventana
plot(S,res1,'b',LineWidth=1)   %    Creamos el gráfico del resultado de la estrategia en azul
hold on
plot(S,resAC,"--",Color="g",LineWidth=1)  %    Creamos el gráfico del resultado de la acción en verde y con línea discontinua
plot(S,resOP1,":",Color="r",LineWidth=1) %    Creamos el gráfico del resultado de la opción en rojo y con línea de puntos
hold off
legend('Resultado de la estrategia','Subyacente','Opción',Location='south');
legend('boxoff');
xlabel('Valores futuros del Subyacente');
ylabel('Beneficio/Pérdida en euros');
print('graficoS_compra_P_MEFF.jpg', '-djpeg')


%%%%%%%%%% SE CALCULA LA MISMA ESTRATEGIA OBTENIENDO LA PRIMA DE LA OPCIÓN CON BLACK SCHOLES (BS)

r=.04;  % FIJAMOS TIPO DE INTERÉS
% CALCULAMOS LA VOLATILIDAD HISTÓRICA
cabkT=1;
mu=(1/n)*sum(log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1)));
sigma=sqrt((1/(n-1))*sum((log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1))-mu).^2));
vol=(sigma/sqrt(cabkT));
%
t=227/258; %  Se calcula el periodo hasta el vencimiento (desde 30/1/23 al 15/12/23). AÑO de 258 días. 227 días hábiles con las fechas anteriores
P2=blsprice(cabk.data(n),E,r,t,vol);%  Se calcula el precio con BS
% RESULTADOS DE LA ESTRATEGIA
resOP2=max(E-S,0) - P2; % Calculo de la opción PUT en posición larga
res2=resOP2+resAC;% Suma de la opción y la acción. Resultado de la estrategia
T1=table(S,resAC,resOP2,res2,VariableNames=nomtable);
writetable(T1,'Cobertura_ScompraP.xlsx','Sheet','BS');
figure('Name','Black-Scholes','NumberTitle','off')
plot(S,res2,'b',LineWidth=1)
hold on
plot(S,resAC,"--",Color="g",LineWidth=1)
plot(S,resOP2,":",Color="r",LineWidth=1)
hold off
legend('Resultado de la estrategia','Subyacente','Opción',Location='south');
legend('boxoff');
xlabel('Valores futuros del Subyacente');
ylabel('Beneficio/Pérdida en euros');
print('graficoS_compra_P_BS.jpg', '-djpeg')
```

ANEXO 4

```
% Análisis de la influencia del tipo de interés en la prima de una opción
clear


cabk=importdata("Datos históricos CABK_30_1_22-23.xlsx");
n=length(cabk.data);
E = 4.1;
r=(.01:.01:.1)';  % Creo un vector con distintos tipos de interés desde el 1% hasta el 10%
%   Cálculo de la volatilidad
cabkT=1;% Intervalo de los datos
```

```
mu=(1/n)*sum(log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1)));
sigma=sqrt((1/(n-1))*sum((log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1))-mu).^2));
vol=(sigma/sqrt(cabkT));
%
names="Tipo de interés";
datos=r;
for t = 0.25:.25:1.5
    [C,P]=blsprice(cabk.data(n),E,r,t,vol);
    [RhoC, RhoP]=blsrho(cabk.data(n),E,r,t,vol);% Cálculo de Rho
    if t==1
        figure(Name="t = " + t + " CALL",NumberTitle="off")
        subplot(2,1,1)
        plot(r*100,C,LineWidth=1);
        xtickformat("percentage");
        title('Precio de la CALL según el tipo de interés')
        xlabel('Tipo de interés');
        ylabel('Prima de la opción');
        ytickformat("eur");
        subplot(2,1,2)
        plot(r*100,RhoC,LineWidth=1,Color='r');
        ytickformat('percentage');
        xtickformat("percentage");
        title('Rho de la opción CALL según el tipo de interés')
        xlabel('Tipo de interés');
        ylabel('Rho, en porcentaje');
        print('RhoCall_T1.jpg','-djpeg')
        figure(Name="t = " + t + " PUT",NumberTitle="off")
        subplot(2,1,1)
        plot(r*100,P,LineWidth=1);
        xtickformat("percentage");
        title('Precio de la PUT según el tipo de interés')
        xlabel('Tipo de interés');
        ylabel('Prima de la opción');
        ytickformat("eur");
        ylim([-.02 .06]);
        subplot(2,1,2)
        plot(r*100,RhoP,LineWidth=1,Color='r')
        title('Rho de la opción PUT según el tipo de interés')
        ylim([-3 1]);
        xlabel('Tipo de interés');
        ylabel('Rho');
        ytickformat('percentage');
        xtickformat("percentage");
        print('RhoPUT_T1.jpg','-djpeg');
    end
    names=[names,join("Prima CALL " + t + " años"),join("Prima PUT " + t + "
años"), join("Rho CALL " + t + " años"),join("Rho PUT " + t + " años")];
    datos= [datos,C,P,RhoC,RhoP];
end
T=array2table(datos,VariableNames=names);
writetable(T, "RhoReducido.xlsx");
```

ANEXO 5

```
% Análisis de la influencia de la volatilidad en la prima de una opción
clear


cabk=importdata("Datos históricos CABK_30_1_22-23.xlsx");
n=length(cabk.data);
E = 4.1;
r=.04;
%    Cálculo de la volatilidad
cabkT=1;%   Intervalo de los datos
mu=(1/n)*sum(log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1)));
sigma=sqrt((1/(n-1))*sum((log(cabk.data(2:n)./cabk.data(1:n-1))-mu).^2));
vol=(sigma/sqrt(cabkT))*(.1:.1:1.9)';
```

```
%
names="Volatilidad";
datos=vol;
for t = 0.25:.25:1.5
    [C,P]=blsprice(cabk.data(n),E,r,t,vol);
    Vega=blsvega(cabk.data(n),E,r,t,vol);
    if t==.25 || t==.5
        figure(Name="t = " + t,NumberTitle="off")
        %
        subplot(3,1,1);
        plot(vol*100,C,LineWidth=1);
        xlabel('Volatilidad');
        ylabel('Prima de la CALL');
        xtickformat("percentage");
        ytickformat("eur");
        title('Precio de la CALL según la volatilidad')
        ylim([-.02 .08]);
        %
        subplot(3,1,2);
        plot(vol*100,P,LineWidth=1);
        xtickformat("percentage");
        ytickformat("eur");
        xlabel('Volatilidad');
        ylabel('Prima de la PUT');
        title('Precio de la PUT según la volatilidad')
        ylim([-.02 .08]);
        %
        subplot(3,1,3);
        plot(vol*100,Vega,LineWidth=1);
        xlabel('Volatilidad');
        ylabel('Vega de las opciones');
        title('Vega según la volatilidad')
        xtickformat("percentage");
        ytickformat("percentage");
        ylim([0 1.2]);
        print(join("Vega_T"+ replace(num2str(t),".","'") +".jpg"),'-djpeg','-
r2000')
    end
    names=[names,join("Prima CALL " + t + " años"),join("Prima PUT " + t + "
años"), join("Vega " + t + " años")];
    datos= [datos,C,P,Vega];
end
T=array2table(datos,VariableNames=names);
writetable(T, "VegaReducido.xlsx");
```