

## 1. Sector

En el presente documento se analizará el ETF, SPY, que replica el índice S&P 500, que comprende las 500 acciones con mayor capitalización de Estados Unidos. El S&P 500 se considera uno de los principales indicadores del rendimiento del mercado de acciones de Estados Unidos, y es por esto por lo que actúa como un medidor de salud de la economía global (Nickolas, 2024).

El SPY, que fue lanzado al mercado en 1993, por *State Street Global Advisors* es el ETF más antiguo y de los más transados a nivel mundial. Es considerado el índice original que sigue al S&P 500. La finalidad es entregar a los inversionistas una diversificación al mercado debido a la amplia gama de sectores que cubre, ya sea tecnología, salud, finanzas, entre otros.

La relevancia del S&P 500, como se mencionó anteriormente, es que ha sido utilizado como un indicador de la economía estadounidense por la cantidad de sectores y empresas que lo componen. A través del ETF, los inversionistas pueden seguir el rendimiento de las empresas y del mercado sin tener que comprar cada acción por separado para replicar el índice.

Estudios recientes como el de Anna Agapova, el cual analiza el crecimiento de los ETFs, destaca cómo estos modos de inversión han facilitado una mayor diversificación y liquidez en el mercado. Los ETFs permiten a los inversionistas acceder a una cartera con mayor diversificación de acciones a bajos costos en comparación con fondos tradicionales (Agapova, 2011).

## 2. Sector

La motivación de estudiar el SPY, es que es uno de los activos más populares del mundo el cual tiene un valor muy importante para los distintos inversionistas a lo largo del mundo. Desde una perspectiva personal, como un estudiante interesado en los mercados financieros, es fundamental el índice S&P 500 para entender cómo se comportan las empresas estadounidenses. Por otra parte, como se dijo antes, es un índice que todos los

mercados del mundo están pendientes en cómo fluctúa a través del tiempo con el fin de tomar decisiones financieras.

El S&P 500 es conocido por ser uno de los índices con mayor rentabilidad a largo plazo. Históricamente ha ofrecido un retorno promedio de aproximadamente 10% anual, lo cual lo hace una opción atractiva para los distintos inversores del mundo. El SPY ofrece a los inversores una forma de inversión con un bajo costo, lo que hace que sea una herramienta accesible para distintos tipos de inversores. Esta es una de las principales diferencias con otros activos que son más complejos y costosos de utilizar.

Adicional a lo anterior, el SPY, que replica el S&P 500, da la oportunidad de exponerse a múltiples sectores de la economía, ya sea tecnología, finanzas, salud, entre otros. Esto hace que el SPY sea sumamente importante para entender cómo funciona el mercado global y entrega una visión de cómo las 500 empresas más grandes en Estados Unidos reaccionan a distintos eventos macroeconómicos.

Al hacer un análisis de este mercado, entregará la posibilidad de utilizar los modelos aprendidos en clases y aplicarlo en un ejemplo práctico en la vida real.

### 3. Contexto

En el análisis que se realiza del SPY, se consideran 3 variables económicas importantes que tienen una relación directa en el rendimiento y comportamiento del mercado. La primera es el retorno anual, la volatilidad de este y el ratio precio ganancias. Las variables entregan un análisis integral del funcionamiento del ETF, acompañado del riesgo y la rentabilidad.

Haciendo énfasis en el retorno anual, es lo que mide la rentabilidad promedio del SPY en un periodo determinado, en este caso anualmente. Esta medición es importante para evaluar la utilidad de una inversión a largo plazo. Al comprender cómo varía el retorno anual en distintos periodos entrega una visión clara en la economía sobre el impacto de distintos eventos, ya sea recesiones, expansiones, entre otros.

Por otra parte, tenemos la volatilidad que es sumamente importante ya que mide cómo varía el precio del SPY en un cierto periodo. La volatilidad es importante para inversores que buscan entender el riesgo asociado que tiene este ETF. El SPY al componerse de las

500 empresas más grandes de Estados Unidos, tiene variaciones que dependen de factores tanto de eventos de cada industria o de eventos macroeconómicos. La volatilidad se puede interpretar como medida de sentimiento de un mercado, es decir, que, si existe un aumento de volatilidad, esto suele reflejar una mayor incertidumbre económica.

El ratio de precio ganancias compara el precio del SPY con las ganancias agregadas de las empresas que componen al índice. Es muy importante la métrica para evaluar si el mercado está valorado de acuerdo con el S&P 500. En distintos periodos, con en el de crecimiento económico el ratio del SPY tiende a ser más alto, lo cual refleja las expectativas de crecimiento futuro.

El P/E ratio compara el precio del SPY con las ganancias agregadas de las empresas que lo componen. Es una métrica fundamental para evaluar si el mercado está valorando adecuadamente al S&P 500 o si está sobrevalorado o infravalorado. En periodos de crecimiento económico, el P/E ratio del SPY tiende a ser más alto, reflejando las expectativas de crecimiento futuro de las empresas más grandes de Estados Unidos. Como se dice en el libro *Investments* de Kane A., & Marcus, A.J (2020). En periodo de crecimiento económico, los inversores son más optimistas en las perspectivas de las empresas, lo cual hace que se refleje en precios de acciones más altos debido a que los inversores están dispuestos a pagar más hoy para mayores beneficios en el futuro. Debido a que el precio de las acciones sube considerablemente comparado con las ganancias, ya que las ganancias aún no se han concretado, aumenta el ratio.

Y por último es importante considerar el precio del activo subyacente ya que es fundamental para poder valorizar la opción call. En este caso al utilizar la opción SPY Sep. 2024 560.000 Call como ejemplo a analizar, se puede ver que ofrece al titular de comprar acciones del SPY a un precio, strike, de \$560 antes del 16 de septiembre. La prima de esta opción se encuentra en \$2.75 USD lo que es el precio a pagar para tener la oportunidad de adquirir una acción del SPY en un futuro.

## 4. Derivados

En este apartado se realizará el análisis sobre la opción de compra sobre el ETF llamado SPY.

Lo primero es definir los parámetros necesarios para poder realizar el análisis de Black and Scholes. Los parámetros son los siguientes.

- Precio del Ejercicio (K) : \$560
- Precio de la opción (Q3): \$2.75
- Precio del Bono (B) : 100.88
- Rendimiento del bono (r) : 3.43%
- Day's Range: \$1.69
- Precio del activo Subyacente ( $S_0$ ): \$562.01
- Precio del activo Estado u :\$ 563.7
- Precio del activo Estado d :\$560.32

Como se puede observar en las imágenes 1,2 y 3 podemos obtener los distintos datos para realizar el modelo binomial. Es importante recalcar que se utilizó un Bono del tesoro de Estados Unidos a 5 años, los datos de este bono se encuentran en la imagen 3.

Al obtener los precios de cada activo en sus estados respectivos se obtiene el valor de u y d que deben ser reemplazados en el código.

- u : \$1.003
- d : \$0.9969

Al analizar la matriz W se puede observar que existen tres filas. En la primera fila se encuentran los valores iniciales del bono, el activo subyacente y la opción, respectivamente. El bono tiene un valor de \$100.88 USD, el activo subyacente tiene un valor inicial de \$562.01 USD, y el valor de la opción es \$2.75 USD.

En la segunda fila, correspondiente al estado upper (u), se observa que el bono ha aumentado su valor a \$104.34 USD al igual que en la tercera fila. Esto indica que la tasa de interés, en este caso de 3% aproximadamente, genera un crecimiento más moderado en el valor del bono en comparación con otros escenarios en el cual el crecimiento del bono sería mucho mayor. Lo que ocurre con el bono va de acuerdo al modelo binomial y la tasa de rendimiento. Si bien el bono es un activo seguro, su crecimiento limitado refleja un bajo rendimiento lo cual influye menos en la valoración total de la opción.

El activo subyacente ha subido a \$563.69 USD, y el valor intrínseco es de \$3.69 USD, ya que el precio del activo es mayor que el precio de ejercicio (\$560 USD), lo que representa la ganancia inmediata al ejercer la opción de compra. El valor temporal es de \$ -0.94 lo que quiere decir que la opción probablemente está subvalorada en este caso, o puede ser una señal de ineficiencia de mercado. La opción se ejerce con una ganancia considerable manteniéndola en "*in-the-money*".

En la tercera fila, que representa el estado lower (d), el valor intrínseco de la opción es de \$0.27 USD, ya que el precio del activo subyacente ha bajado a \$560.26 USD, lo que sigue siendo ligeramente mayor que el precio de ejercicio. El valor temporal es de \$2.48 USD lo que quiere decir que los inversionistas están dispuestos a pagar una prima adicional debido a las probabilidades de que el precio del activo aumente antes de la fecha del vencimiento. En este caso, la opción se ejercerá con una pequeña ganancia, ya que sigue siendo un precio mayor al del ejercicio, manteniéndola *in-the-money*, aunque con un valor intrínseco reducido.

En cuanto a las probabilidades ajustadas por riesgo, se observa que, aunque la opción tiene un valor intrínseco significativo en este momento, su valor futuro dependerá del movimiento del activo subyacente. Si el precio del activo subyacente sube por encima de \$563.69 USD, la opción ganará valor. Si el precio baja, pero sigue por encima de \$560 USD, la opción seguirá estando "*in-the-money*", aunque el valor intrínseco será menor. Si el precio baja por debajo de \$560 USD, la opción entrará en "*out-of-the-money*", y perderá su valor intrínseco, lo que reducirá significativamente su valor total.

Al realizar el modelo Black-Scholes podemos observar en la imagen 5, que el precio de la opción call es de \$3.18 USD. El resultado refleja el valor teórico de la opción al igual que en el modelo binomial. Este modelo de Black-Scholes tiene un precio inferior al del modelo binomial en estado "upper", pero esta diferencia se reduce al considerar promedio ponderado de los diferentes escenarios en el modelo binomial. La diferencia entre los dos modelos puede atribuirse al origen del modelo binomial ya que divide el tiempo en intervalos y el modelo Black-Scholes asume un proceso continuo.

## 5. Conclusiones

El análisis del ETF SPY, que replica el índice S&P 500, ha permitido examinar en detalle como el activo refleja el comportamiento de las 500 empresas con mayor capitalización bursátil en Estados Unidos y actúa como un importante indicador de la economía global. A lo largo del documento, se enfatizó en cómo el SPY, a través de la diversificación que lo compone, brinda a los inversionistas la oportunidad de acceder al rendimiento del mercado en una manera eficiente y a un bajo costo. Esta diversificación convierte al SPY en una herramienta importante para inversiones de gran tamaño como para inversionistas de pequeño tamaño, dando la posibilidad de mitigar riesgos y beneficiarse de la rentabilidad histórica promedio que ronda el 10% anual.

El estudio fue realizado con la opción call “*SPY Sep. 2024 560.000 Call*” analizando su valor intrínseco y temporal. El análisis demostró que la opción se encuentra “*in-the-money*” al analizarlo en el estado normal, con un valor intrínseco de \$2.01 USD (Valor activo - K) . La prima de la opción de \$2.75 USD , también tiene un componente de valor temporal de \$0.71 USD, lo que refleja la expectativa del mercado de que el precio del activo subyacente podría seguir subiendo antes de la fecha de vencimiento.

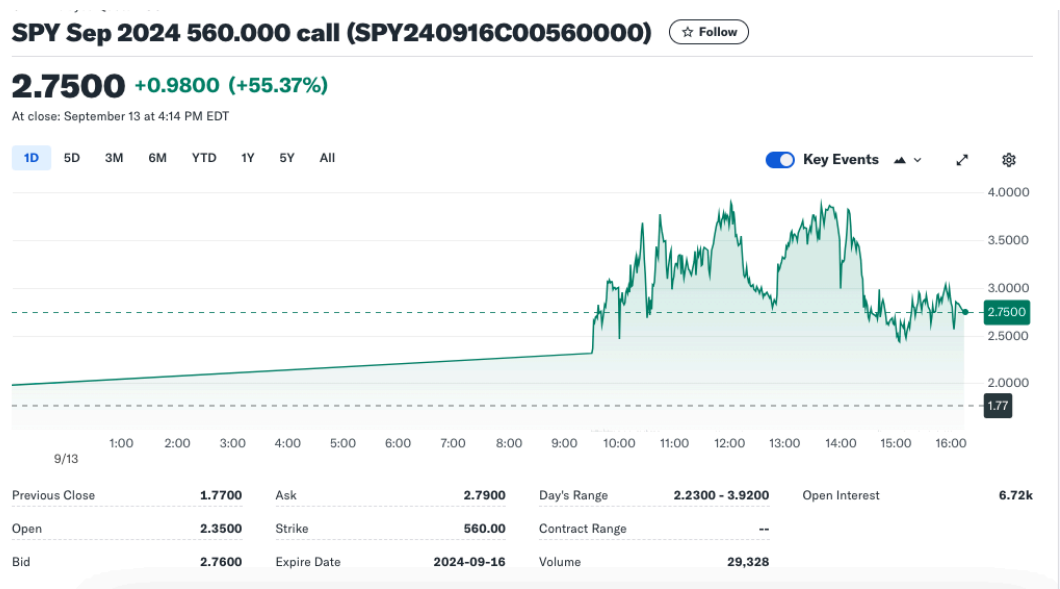
El modelo binomial permitió simular los posibles escenarios del activo subyacente y su impacto en el valor de la opción bajo distintos escenarios. En el estado *upper* se tiene que el precio del activo subyacente es de \$563.69, lo que da un valor intrínseco de 3.69 y un valor temporal negativo, lo que significa que existe una anomalía en el mercado debido a que la opción está subvalorada. En el estado *lower* se puede apreciar que el activo subyacente tiene un valor de \$560.26 USD con un valor intrínseco de \$0.27 USD, lo cual es bajo pero sigue siendo una ganancia inmediata al ejercer el derecho de compra. Cabe destacar que ambas situaciones se tiene que están “*in-the-money*” *debido* a que la opción de compra será ejercida en ambas situaciones.

El modelo binomial permitió simular los posibles escenarios del activo subyacente y su impacto en el valor de la opción bajo distintos escenarios. Se observó que en el estado “upper”, la opción genera un margen de ganancia mientras que en el estado “lower”, el valor de la opción se reduce a \$0.27 USD debido a que el valor de la prima sigue siendo mayor que el precio del activo subyacente por lo que aún existe un margen de ganancias.

Es por esto que queda demostrado la sensibilidad del valor de la opción ante los distintos cambios en el mercado.

Finalmente, al contrastar el modelo binomial con el modelo de Black-Scholes se pueden observar pequeñas diferencias. Ambos modelos entregan valores de la opción relativamente cercanos para la opción analizada, lo que indica que Black-Scholes puede ser una alternativa válida para la valorización de esta opción de ETF. Sin embargo, el enfoque binomial ofrece una mayor flexibilidad de considerar distintos escenarios en tiempo discreto y ajustar valores en base a probabilidades.

## 6. Visualización



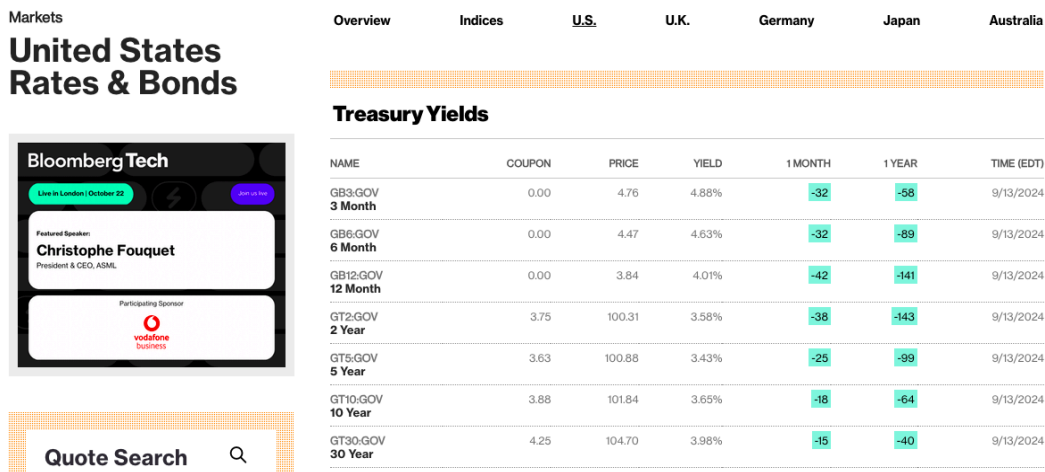
Imágen 1: Opción Call SPY

Fuente:Yahoo Finance



Imágen 2: Activo Subyacente (SPY)

Fuente: Yahoo Finance



Imágen 3: Bonos del tesoro Estados Unidos

Fuente: Bloomberg



```
[ ] # Parámetros Opción
q3 = 2.75
K = 560
# Parámetros Bono
r, B = 3.43, 100.88
# Parámetros Acción
u, d, S0 = 1.003, 0.9969, 562.01
W = Matrix([[[-B, -S0, -q3], [r*B, u*S0, max(0, u*S0-K)], [r*B, d*S0, max(0, d*S0-K)]]])
W
```

$$\begin{bmatrix} -100.88 & -562.01 & -2.75 \\ 346.0184 & 563.69603 & 3.696029999999995 \\ 346.0184 & 560.267769 & 0.267769000000044 \end{bmatrix}$$

Utilice la (Condición) del Teorema Fundamental reemplazando los valores encontrados anteriormente para  $\pi$  para definir una expresión para  $q_3$ .

```
[ ] u,r,d = symbols('u r d')
Prices=Matrix([[1],[piNA[0][pi_u]],[piNA[0][pi_d]])).transpose()*W
Prices
```

$$\left[ \frac{346.0184(-d+r)}{-dr+ru} + \frac{346.0184(-r+u)}{-dr+ru} - 100.88, \frac{563.69603(-d+r)}{-dr+ru} + \frac{560.267769(-r+u)}{-dr+ru} - 562.01, \frac{3.696029999999995(-d+r)}{-dr+ru} + \frac{0.267769000000044(-r+u)}{-dr+ru} - 2.75 \right]$$

```
Prices.subs([(d,0.5),(u,1.5),(r,0.01)])
```

$$\begin{bmatrix} 34500.96 & 55296.782111 & -143.957888999991 \end{bmatrix}$$

Imágen 4: Código Binomial

Fuente:Elaboración Propia

```
def modelo_black_scholes(S0, K, T, r, sigma):

    d1 = (math.log(S0 / K) + (r + 0.5 * sigma**2) * T) / (sigma * math.sqrt(T))
    d2 = d1 - sigma * math.sqrt(T)

    Nd1 = norm.cdf(d1)
    Nd2 = norm.cdf(d2)

    precio = (S0 * Nd1) - (K * math.exp(-r * T) * Nd2)

    return precio

S0 = 562.01
K = 560
T = 0.0079
r = 0.0343
volatilidad = 0.0957 # days range

resultado = modelo_black_scholes(S0, K, T, r, volatilidad)

print(f"{ resultado:.2f} USD")
```

3.18 USD

Imágen 5: Código Black Scholes

Fuente:Elaboración Propia



Tu contenido parece humano 🍏

PROBABILIDAD DE DETECCIÓN DE IA

✓ GPTZERO ✓ OPENAI ✓ WRITER ✓ CROSSPLAG ✓ COPYLEAKS ✓ SAPLING ✓ CONTENTATSCALE ✓ ZEROGPT

CLAVE: 100% HUMANO 50% HUMANO 0% HUMANO

Imágen 6: Detección de IA

Fuente: Undetectable.ai/es

## 7. Bibliografía

Agapova, A., 2011. Conventional mutual index funds versus exchange-traded funds. *Journal of Financial Markets*, pp. 323-343.

Ben-David, I., Franzoni, F. & Moussawi, R., 2018. Do ETFs Increase Volatility?. *The Journal of Finance*, 73(6), pp. 2471-2535.

Bloomberg, 2024. *US Government Bonds*. Bloomberg Markets. Available at: <https://www.bloomberg.com/markets/rates-bonds/government-bonds/us> [Último acceso: 14 September 2024].

Bodie, Z., Kane, A., & Marcus, A. J. (2014). *Investments* (10th ed.). McGraw-Hill Education.

Nickolas, S., 2024. Investopedia. [Online] Available at: <https://www.investopedia.com/articles/investing/122215/spy-spdr-sp-500-trust-etf.asp> [Último acceso: 14 Septiembre 2024].

Yahoo Finance, 2024. *SPDR S&P 500 ETF Trust (SPY) Stock Price, News, Quote & History*. Yahoo Finance. Available at: <https://finance.yahoo.com/quote/SPY/> [Último acceso: 14 September 2024].