

# Black-Scholes Pricing Engine, Greeks & Implied Volatility

## Introducción

El modelo de Black-Scholes-Merton (BSM) es uno de los pilares fundamentales de la valoración moderna de derivados financieros. Aunque sus supuestos son restrictivos y no siempre se cumplen en los mercados reales, el modelo sigue siendo una herramienta central para entender cómo se forma el precio de las opciones y, más importante aún, cómo el mercado percibe y negocia el riesgo.

El objetivo de este proyecto es construir un motor de pricing basado en Black-Scholes que permita:

- Calcular el precio teórico de opciones europeas.
- Inferir la volatilidad implícita a partir de precios de mercado.
- Analizar las sensibilidades del precio de la opción mediante las Greeks.
- Interpretar estos resultados desde una perspectiva práctica.

Este trabajo no busca presentar un modelo perfecto, sino una base sólida y transparente para comprender cómo se estructura el pensamiento cuantitativo detrás de la especulación con derivados.

## Fundamentos teóricos del modelo Black-Scholes

El modelo Black-Scholes se construye sobre la idea central de **replicación**, si un derivado puede ser replicado exactamente mediante una combinación dinámica de un activo subyacente y un activo libre de riesgo, entonces su precio debe ser igual al costo de dicha cartera replicante.

Bajo este principio, el modelo asume que:

- El precio del activo subyacente sigue un movimiento geométrico browniano.
- La volatilidad y la tasa libre de riesgo son constantes.
- No existen oportunidades de arbitraje.
- Los mercados son líquidos y permiten cobertura continua.
- Las opciones consideradas son europeas (solo ejercibles al vencimiento).

Aunque estas hipótesis son simplificaciones, permiten obtener una fórmula cerrada para el precio de una opción, lo que convierte a Black-Scholes en una referencia central para el mercado.

## Precio teórico de opciones europeas

El motor implementado en este proyecto calcula el precio de calls y puts europeos utilizando las fórmulas clásicas de Black-Scholes. Estas expresiones dependen de cinco variables fundamentales:

- Precio spot del subyacente.
- Strike de la opción.
- Tiempo a vencimiento.
- Tasa libre de riesgo.
- Volatilidad del subyacente.

En la práctica, todas estas variables son observables excepto **la volatilidad futura**. Esta característica es clave para entender el rol que juega el modelo en los mercados reales.

### **Volatilidad implícita:**

En los mercados de opciones, los operadores no negocian directamente precios teóricos, sino **volatilidad implícita**.

La volatilidad implícita es aquella que, al introducirse en la fórmula de Black-Scholes, reproduce exactamente el precio observado en el mercado.

En este proyecto, la volatilidad implícita se obtiene mediante métodos numéricos que invierten el modelo dado un precio de mercado, se busca la volatilidad que lo justifica.

Desde una perspectiva de trading, esto implica que:

- Black-Scholes no predice la volatilidad, sino que la **extrae del consenso del mercado**.
- El trader compara su estimación subjetiva de la volatilidad futura con la volatilidad implícita.
- Si se considera que la volatilidad implícita está subestimada o sobreestimada, se puede estructurar una estrategia acorde.

En este sentido, Black-Scholes actúa más como un **traductor del mercado** que como un oráculo.

### **Las Greeks como herramientas de gestión del riesgo**

Las Greeks representan derivadas parciales del precio de la opción respecto a distintos factores. En este proyecto se calculan las principales sensibilidades:

#### **Delta**

Mide la sensibilidad del precio de la opción ante pequeños cambios en el precio del subyacente. Desde un punto de vista operativo, la delta indica la **exposición direccional** de la posición.

#### **Gamma**

Mide cómo cambia la delta cuando varía el precio del subyacente. Una gamma elevada implica que la posición es altamente convexa, lo que puede ser beneficioso en mercados volátiles, pero también incrementa el riesgo de cobertura.

#### **Vega**

Representa la sensibilidad del precio de la opción a cambios en la volatilidad implícita. Es una de las Greeks más relevantes para traders de opciones, ya que captura la exposición directa al “miedo” o la incertidumbre del mercado.

### **Theta**

Mide el efecto del paso del tiempo sobre el precio de la opción. Para posiciones compradas, la theta suele ser negativa, reflejando el costo de mantener la opción si el mercado no se mueve.

### **Rho**

Indica la sensibilidad del precio de la opción ante cambios en la tasa libre de riesgo. Aunque suele ser menos relevante en el corto plazo, cobra importancia en entornos de tasas elevadas o vencimientos largos.

### **Interpretación práctica de los resultados**

Los resultados obtenidos por el motor de Black-Scholes permiten entender no solo cuánto “vale” una opción, sino **por qué vale eso y qué riesgos están implícitos en su precio**.

Un trader puede utilizar esta información para:

- Identificar si una opción está cara o barata en términos de volatilidad.
- Ajustar su exposición direccional mediante delta.
- Evaluar el impacto de eventos de alta volatilidad usando vega y gamma.
- Gestionar el costo temporal de una estrategia a través de theta.

De esta manera, las Greeks dejan de ser conceptos abstractos y se convierten en instrumentos concretos de control del riesgo.

### **Limitaciones del modelo**

Es fundamental reconocer que Black-Scholes no describe perfectamente la realidad. En la práctica:

- La volatilidad no es constante.
- Existen colas pesadas y saltos en los precios.
- Los mercados presentan sonrisas y superficies de volatilidad.

Sin embargo, estas limitaciones no invalidan el modelo. Al contrario, hacen que su uso sea aún más relevante como **punto de referencia** frente al cual el mercado revela sus imperfecciones.

### **Conclusión**

Este proyecto demuestra que el valor del modelo Black-Scholes no reside únicamente en su fórmula, sino en su capacidad para estructurar el pensamiento sobre riesgo, incertidumbre y cobertura.

Al combinar pricing, volatilidad implícita y Greeks en un solo motor, se obtiene una herramienta que permite interpretar el mercado de opciones de forma coherente y disciplinada.