Ingeniería Financiera

Módulo 2

Herramientas de la Ingeniería Financiera

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Facultad de Contaduría y Ciencias Administrativas

Dr. Víctor G. Alfaro-García

Objetivo

Que el estudiante comprenda, identifique y analice las principales herramientas de la ingeniería financiera, reconociendo su origen, evolución, aplicaciones y riesgos, con base en los modelos y enfoques descritos en la literatura, para utilizarlas en la solución de problemas financieros reales.

El origen, antecedentes, evolución y desarrollo

Recordemos que los actores principales en el mercado son:

Hedgers (coberturistas): reducen riesgos.

Speculators (especuladores): buscan beneficios.

Arbitrageurs (arbitrajistas): aprovechan ineficiencias.

Riesgos: los modelos no son infalibles; su uso exige criterio y conciencia de riesgos.

- La ingeniería financiera combina teoría y práctica para diseñar soluciones a problemas financieros.
- Hull destaca que comprender los mercados de derivados es esencial para todo profesional financiero.
- Las herramientas clave incluyen modelos matemáticos, instrumentos financieros y software especializado.

Siglo XIX (1800s)

- 1848: Nace el mercado organizado de futuros
- 1929: Surge la regulación financiera tras crisis
- 1973: Revolución con Black-Scholes en opciones
- 1981: Primeros swaps y nacimiento de OTC
- 1987: Black Monday y medidas anti-colapso
- 1990s: Auge OTC, derivados estructurados, LTCM
- 2000s: Avance de software cuantitativo y VaR
- 2008: Crisis global por derivados de crédito
- 2010s: Boom de HFT y arbitraje algorítmico
- 2017: Explosión de cripto y blockchain
- 2020s: Uso de machine learning en finanzas

Nacimiento de los futuros agrícolas (Chicago Board of Trade, 1848)

- **¿Por qué surgieron?**
  - Para que agricultores y comerciantes pudieran fijar precios de venta/compra por adelantado, evitando pérdidas por fluctuaciones.
- **Herramienta**
  - Contratos de futuros estandarizados.
- **Impacto**
  - Introdujo el concepto de cobertura contra riesgo de precio; base de los mercados de derivados actuales.
- **Caso**
  - En 1897, comerciantes en Chicago usaban contratos de futuros para asegurarse de comprar trigo a precios fijos antes de la cosecha, evitando pérdidas si el precio subía por malas condiciones climáticas.

1973

- 1848: Nace el mercado organizado de futuros
- 1929: Surge la regulación financiera tras crisis
- 1973: Revolución con Black-Scholes en opciones
- 1981: Primeros swaps y nacimiento de OTC
- 1987: Black Monday y medidas anti-colapso
- 1990s: Auge OTC, derivados estructurados, LTCM
- 2000s: Avance de software cuantitativo y VaR
- 2008: Crisis global por derivados de crédito
- 2010s: Boom de HFT y arbitraje algorítmico
- 2017: Explosión de cripto y blockchain
- 2020s: Uso de machine learning en finanzas

Publicación del modelo Black-Scholes-Merton

- **¿Por qué surgió?**
  - Antes, las opciones no tenían una forma objetiva de valuarse; se dependía solo de intuición o experiencia.
- **Herramienta**
  - Fórmula matemática para calcular el precio justo de una opción europea.
- **Impacto**
  - Profesionalizó el mercado de opciones, permitió crear productos más complejos, y fomentó el crecimiento global de derivados.
- **Caso**
  - Goldman Sachs aplicó Black-Scholes en los 80s para mejorar precios de opciones y liderar innovación en derivados.

Década de 1980

- 1848: Nace el mercado organizado de futuros
- 1929: Surge la regulación financiera tras crisis
- 1973: Revolución con Black-Scholes en opciones
- 1981: Primeros swaps y nacimiento de OTC
- 1987: Black Monday y medidas anti-colapso
- 1990s: Auge OTC, derivados estructurados, LTCM
- 2000s: Avance de software cuantitativo y VaR
- 2008: Crisis global por derivados de crédito
- 2010s: Boom de HFT y arbitraje algorítmico
- 2017: Explosión de cripto y blockchain
- 2020s: Uso de machine learning en finanzas

Swaps de tasas de interés (IBM & World Bank, 1981)

- **¿Por qué surgieron?**
  - Las empresas necesitaban intercambiar flujos financieros (por ejemplo, deuda fija vs. deuda variable) para optimizar costos financieros.
- **Herramienta**
  - Contratos swap para intercambiar pagos.
- **Impacto**
  - Permitió a empresas y bancos gestionar riesgos de tasas y crear portafolios más eficientes.
- **Caso**
  - IBM & World Bank usaron swaps para intercambiar pagos en monedas y tasas, reduciendo costos y abriendo el mercado global de swaps.

Década de 1980

- 1848: Nace el mercado organizado de futuros
- 1929: Surge la regulación financiera tras crisis
- 1973: Revolución con Black-Scholes en opciones
- 1981: Primeros swaps y nacimiento de OTC
- 1987: Black Monday y medidas anti-colapso
- 1990s: Auge OTC, derivados estructurados, LTCM
- 2000s: Avance de software cuantitativo y VaR
- 2008: Crisis global por derivados de crédito
- 2010s: Boom de HFT y arbitraje algorítmico
- 2017: Explosión de cripto y blockchain
- 2020s: Uso de machine learning en finanzas

Opciones exóticas

- **¿Por qué surgieron?**
  - Los bancos de inversión querían ofrecer productos personalizados para necesidades específicas de clientes.
- **Herramientas**
  - Barrier options, Asian options, lookback options.
- **Impacto**
  - Permitieron estructurar estrategias avanzadas de cobertura y especulación; aumentaron la sofisticación (y los riesgos) del mercado.
- **Caso**
  - JPMorgan estructuró barrier options en los 80s para clientes que querían coberturas más baratas y personalizadas en divisas.

Década de 1990

- 1848: Nace el mercado organizado de futuros
- 1929: Surge la regulación financiera tras crisis
- 1973: Revolución con Black-Scholes en opciones
- 1981: Primeros swaps y nacimiento de OTC
- 1987: Black Monday y medidas anti-colapso
- 1990s: Auge OTC, derivados estructurados, LTCM
- 2000s: Avance de software cuantitativo y VaR
- 2008: Crisis global por derivados de crédito
- 2010s: Boom de HFT y arbitraje algorítmico
- 2017: Explosión de cripto y blockchain
- 2020s: Uso de machine learning en finanzas

Mercado OTC (Over-the-Counter)

- **¿Por qué surgió?**
  - Clientes grandes (empresas, gobiernos) necesitaban derivados diseñados a medida, fuera de mercados estandarizados.
- **Herramienta**
  - Derivados personalizados.
- **Impacto**
  - Expansión enorme del mercado no regulado; eficiencia pero también opacidad y riesgos sistémicos.
- **Caso**
  - AIG vendía CDS OTC antes de 2008; su colapso mostró los riesgos ocultos del mercado no regulado.

Década de 1990

- 1848: Nace el mercado organizado de futuros
- 1929: Surge la regulación financiera tras crisis
- 1973: Revolución con Black-Scholes en opciones
- 1981: Primeros swaps y nacimiento de OTC
- 1987: Black Monday y medidas anti-colapso
- 1990s: Auge OTC, derivados estructurados, LTCM
- 2000s: Avance de software cuantitativo y VaR
- 2008: Crisis global por derivados de crédito
- 2010s: Boom de HFT y arbitraje algorítmico
- 2017: Explosión de cripto y blockchain
- 2020s: Uso de machine learning en finanzas

Colapso de LTCM (1998)

- **¿Qué pasó?**
  - Aplicaron modelos cuantitativos de arbitraje apalancado que colapsaron frente a eventos extremos.
- **Impacto**
  - Lección sobre los límites de los modelos y la importancia del riesgo de liquidez.
- **Caso**
  - En 1998, el fondo LTCM, dirigido por John Meriwether (ex-Salomon Brothers) y con los Nobel Scholes y Merton, colapsó tras la crisis rusa.
  - Usaban modelos de arbitraje apalancado que fallaron en eventos extremos.
  - El fondo acumuló pérdidas de $4,600 millones en semanas, arrastrando a bancos globales.
  - La Reserva Federal coordinó un rescate para evitar un contagio financiero que habría afectado mercados, pensiones, hipotecas y empleos.
  - Hubo miles de despidos en bancos expuestos y pérdidas para inversionistas comunes.

Década de 2000

- 1848: Nace el mercado organizado de futuros
- 1929: Surge la regulación financiera tras crisis
- 1973: Revolución con Black-Scholes en opciones
- 1981: Primeros swaps y nacimiento de OTC
- 1987: Black Monday y medidas anti-colapso
- 1990s: Auge OTC, derivados estructurados, LTCM
- 2000s: Avance de software cuantitativo y VaR
- 2008: Crisis global por derivados de crédito
- 2010s: Boom de HFT y arbitraje algorítmico
- 2017: Explosión de cripto y blockchain
- 2020s: Uso de machine learning en finanzas

Software cuantitativo y Value at Risk (VaR)

- **¿Por qué surgieron?**
  - La creciente complejidad exigía herramientas computacionales para simulaciones, optimización y gestión de riesgos.
- **Herramientas:**
  - MATLAB, R, DerivaGem, VaR.
- **Impacto:**
  - Permitieron a bancos y fondos manejar riesgos a gran escala, pero también confiaron en exceso en métricas resumidas.
- **Caso**
  - JP Morgan creó RiskMetrics; usado globalmente para VaR, pero en 2008 muchos bancos fallaron por confiar ciegamente en él.

2007-2008

- 1848: Nace el mercado organizado de futuros
- 1929: Surge la regulación financiera tras crisis
- 1973: Revolución con Black-Scholes en opciones
- 1981: Primeros swaps y nacimiento de OTC
- 1987: Black Monday y medidas anti-colapso
- 1990s: Auge OTC, derivados estructurados, LTCM
- 2000s: Avance de software cuantitativo y VaR
- 2008: Crisis global por derivados de crédito
- 2010s: Boom de HFT y arbitraje algorítmico
- 2017: Explosión de cripto y blockchain
- 2020s: Uso de machine learning en finanzas

Derivados de crédito (CDO, CDS) y crisis global

- **¿Por qué surgieron?**
  - Para redistribuir riesgo de crédito (hipotecas, préstamos corporativos) y permitir a instituciones diversificar.
- **Herramientas:**
  - Collateralized Debt Obligations (CDO), Credit Default Swaps (CDS).
- **Impacto:**
  - Aumentaron el apalancamiento y la interconexión global; su mal uso desencadenó la crisis financiera.
- **Caso**
  - Bancos como Lehman Brothers empaquetaban hipotecas subprime en CDO (Collateralized Debt Obligations) y vendían CDS (Credit Default Swaps) como seguros contra impago.
- **Qué pasó**
  - Cuando millones de hipotecas fallaron en EE.UU., los CDO colapsaron, los CDS no pudieron cubrirse, y Lehman Brothers quebró en septiembre de 2008.
- **Impacto real:**
  - Quiebra histórica: $600 mil millones.
  - Pánico global: millones de personas perdieron ahorros, pensiones y casas.
  - Desempleo masivo: bancos quebraron, empresas cerraron, familias quedaron en la calle.

2010s-2020s

- 1848: Nace el mercado organizado de futuros
- 1929: Surge la regulación financiera tras crisis
- 1973: Revolución con Black-Scholes en opciones
- 1981: Primeros swaps y nacimiento de OTC
- 1987: Black Monday y medidas anti-colapso
- 1990s: Auge OTC, derivados estructurados, LTCM
- 2000s: Avance de software cuantitativo y VaR
- 2008: Crisis global por derivados de crédito
- 2010s: Boom de HFT y arbitraje algorítmico
- 2017: Explosión de cripto y blockchain
- 2020s: Uso de machine learning en finanzas

Algoritmos, HFT, blockchain, machine learning

- **¿Por qué surgieron?**
  - Para explotar microineficiencias de mercado (HFT), crear registros descentralizados (blockchain), y mejorar predicciones (ML).
- **Herramientas:**
  - Algoritmos de arbitraje, smart contracts, redes neuronales.
- **Impacto:**
  - Cambiaron radicalmente la velocidad, escala y naturaleza de las operaciones financieras; abrieron la puerta a nuevos riesgos (como hacks, flash crashes).
- **Caso**
  - Flash Crash de 2010 mostró cómo algoritmos HFT pueden generar caídas masivas en segundos, impactando mercados globales.

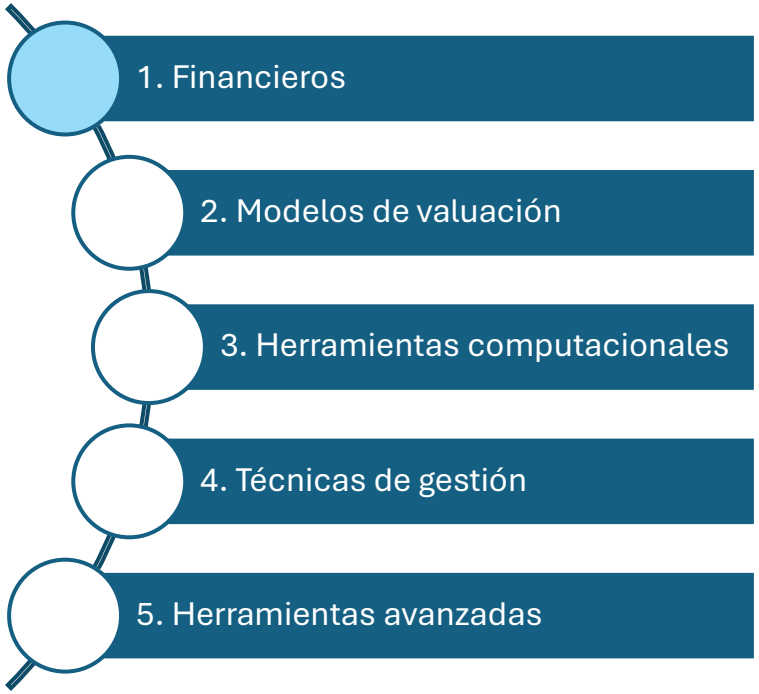
Mapa de Herramientas en ingeniería financiera

En ingeniería financiera, trabajamos con un amplio conjunto de conceptos que pueden parecer desconectados: productos financieros, fórmulas matemáticas, software especializado, técnicas de riesgo y nuevas tecnologías.

Pero todos estos elementos pueden entenderse mejor si los agrupamos en cinco grandes categorías que nos ayudarán a navegar y entender su propósito.

1. **Instrumentos financieros (los qué)**
   Las operaciones financieras no tradicionales que se usan en el mercado: futuros, swaps, opciones, derivados de crédito. Son las piezas básicas que se negocian, combinan y aplican.
2. **Modelos de valuación (los cómo)**
   Las fórmulas, modelos matemáticos y metodologías que permiten asignar precios, estimar riesgos y entender escenarios. Sin ellos, los instrumentos serían cajas negras.
3. **Herramientas computacionales (los con qué)**
   Los programas y lenguajes que usamos para hacer cálculos complejos, simular escenarios y resolver problemas reales de forma eficiente.
4. **Técnicas de gestión y medición de riesgo (los para qué)**
   Las estrategias prácticas para usar los instrumentos y modelos en la vida real: para cubrir riesgos, optimizar portafolios o medir exposición.
5. **Herramientas avanzadas y disruptivas (los que están cambiando todo)**
   Las tecnologías emergentes que están transformando la práctica financiera: algoritmos de alta frecuencia, blockchain, inteligencia artificial.

1. Instrumentos financieros (los qué)



Futuros

- Un contrato de futuros es un acuerdo estandarizado negociado en bolsa para comprar o vender algo en el futuro a precio pactado hoy. Surgió para dar certeza frente a riesgos de precios y es clave para cobertura y especulación. Permite planear, pero también puede amplificar riesgos si no se entiende bien su funcionamiento

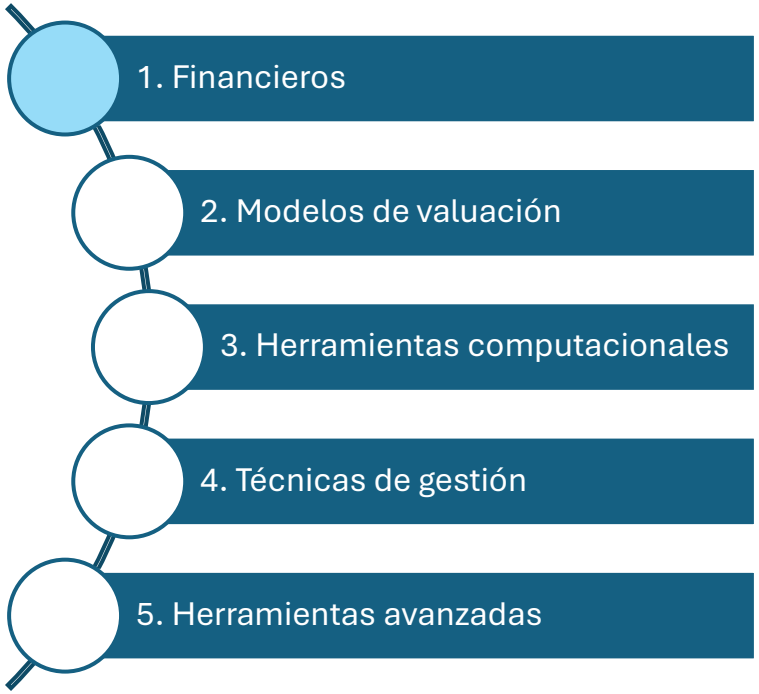
Forwards

- Un contrato forward es un acuerdo privado y personalizado entre dos partes para comprar o vender algo en el futuro a precio pactado hoy. Da flexibilidad fuera de bolsa, pero trae más riesgo de contraparte al no contar con cámara de compensación.

SWAPS

- Un swap es un acuerdo entre dos partes para intercambiar flujos de pagos futuros (como tasas fijas vs. variables o monedas distintas). Permite optimizar costos financieros y gestionar riesgos, pero su complejidad aumenta conforme se combinan estructuras.

1. Instrumentos financieros (los qué)



Opción

- Una opción es un contrato que da el derecho (pero no la obligación) de comprar (call) o vender (put) un activo a un precio pactado antes o en una fecha futura. Sirve para protegerse de movimientos adversos, pero también puede usarse para especular con riesgos limitados al costo de la prima.

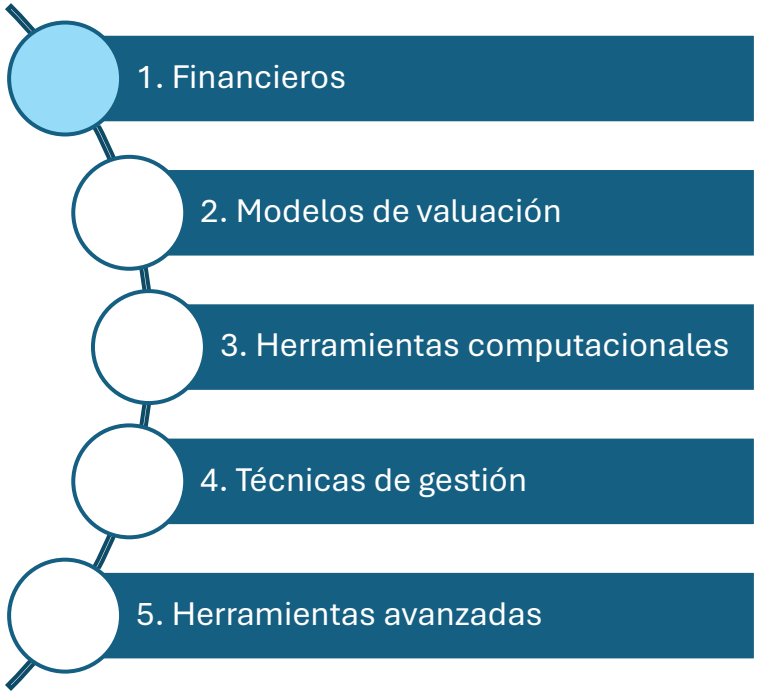
Opciones exóticas

- Las opciones exóticas son versiones avanzadas y personalizadas de las opciones tradicionales, adaptadas a necesidades específicas (como precios promedio o barreras activadoras). Permiten diseñar coberturas precisas, pero son más complejas y menos líquidas.

Caps, floors, collars

- Los caps, floors y collars son contratos que fijan límites máximos, mínimos o rangos a tasas variables. Ayudan a controlar riesgos en préstamos e inversiones, pero tienen costos y limitaciones que requieren análisis cuidadoso.

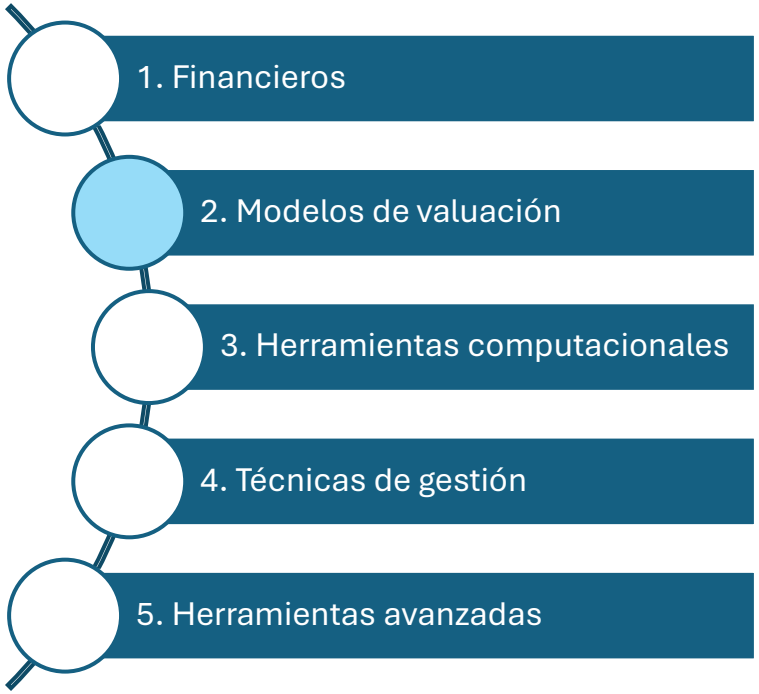
1. Instrumentos financieros (los qué)



CDO y CDS

- Los CDO y CDS son instrumentos que permiten redistribuir y asegurar riesgos de crédito (como hipotecas o préstamos corporativos). Ayudan a diversificar portafolios, pero mal usados, amplifican riesgos sistémicos, como ocurrió en la crisis de 2008.

2. Modelos de valuación (los cómo)



- El **modelo Black-Scholes-Merton** es una fórmula matemática que calcula el precio justo de una opción europea considerando factores como precio actual, volatilidad, tasa libre de riesgo y tiempo al vencimiento. Fue revolucionario porque permitió valuar opciones de forma objetiva, profesionalizando el mercado.
- El **modelo de árbol binomial** es un método que simula los posibles movimientos del precio del activo subyacente paso a paso, permitiendo valorar opciones en escenarios simples y también en casos donde Black-Scholes no aplica, como opciones americanas.
- La **simulación Monte Carlo** es una técnica que genera miles de trayectorias posibles del precio de un activo bajo ciertas condiciones de volatilidad y rendimiento esperado, para calcular un valor promedio esperado o medir riesgos en escenarios complejos.
- El **modelo Hull-White** es un modelo matemático para valuar instrumentos sensibles a tasas de interés, como swaps y opciones sobre bonos. Permite capturar mejor los movimientos de la curva de tasas a lo largo del tiempo, siendo fundamental en mercados de renta fija.

Black-Scholes-Merton

Don Elías es comerciante de aguacate.

Hoy, el kilo está a $90 → S0 = 90, precio actual, tomado del mercado.

Él piensa que en un año el precio podría subir a más de $100/kg → K = 100, precio de ejercicio pactado en el contrato de opción.

No quiere comprometerse a comprar ahora ni asumir costos de almacenamiento, pero quiere asegurar el derecho de comprar a $100/kg dentro de un año si el precio sube.

Por eso, compra una opción call europea: T = 1 año, tiempo hasta el vencimiento, definido por el contrato. r = 0.05, tasa libre de riesgo, tomada de referencias como CETES a 1 año. sigma = 0.25, volatilidad anual esperada (datos históricos de precios diarios del aguacate (~1 año), calculamos rendimientos diarios: (Precio día t / Precio día t-1 - 1), desviación estándar de esos rendimientos diarios, multiplicamos por raíz de 252 para anualizar (porque hay ~252 días hábiles al año).

Fórmula:

$$C = S_0 N(d_1) - K e^{-rT} N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln(S_0/K) + (r + \sigma^2/2)T}{\sigma\sqrt{T}}, \quad d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T}$$

Variables:

$$C = \text{Precio del call}, \quad S_0 = \text{Precio spot actual}, \quad K = \text{Precio de ejercicio},$$

$$r = \text{Tasa libre de riesgo}, \quad \sigma = \text{Volatilidad}, \quad T = \text{Tiempo al vencimiento},$$

$$N(\cdot) = \text{Función de distribución normal acumulada}$$

Datos del ejemplo:

$$S_0 = 90, \quad K = 100, \quad r = 0.05, \quad \sigma = 0.25, \quad T = 1$$

Cálculo intermedio:

$$d_1 = \frac{\ln(90/100) + (0.05 + 0.03125) \times 1}{0.25} = \frac{-0.1054 + 0.08125}{0.25} = -0.0966$$

$$d_2 = -0.0966 - 0.25 = -0.3466$$

$$e^{-0.05} \approx 0.9512, \quad N(-0.0966) \approx 0.4615, \quad N(-0.3466) \approx 0.3645$$

Cálculo final:

$$C = 90 \times 0.4615 - 100 \times 0.9512 \times 0.3645 = 41.54 - 34.66 = 6.88$$

Resultado:

$$C \approx 6.88$$

Don Elías pagaría ~$6.88/kg hoy como prima para asegurar ese derecho.

Modelo de árbol binomial

Don Elías es comerciante de aguacate.
Hoy, el precio es **$90/kg** y quiere valorar una opción **call europea** con vencimiento en 1 año y strike **$100/kg**.

Supone que: Si el mercado sube: el precio subirá 25% → $112.50/kg. Si el mercado baja: el precio bajará 20% → $72/kg. Tasa libre de riesgo: 5% anual.

- Factor de subida (u): Es cuánto se multiplicaría el precio si el mercado sube: 90×1.25=112.50.
- Factor de bajada (d):Es cuánto se multiplicaría el precio si el mercado baja. 90×0.8=72.

El modelo binomial puede usarse con uno o varios pasos para simular escenarios de precio futuro. Nosotros veremos solo el caso de 1 paso para entender el concepto.
En la práctica, usar más pasos permite capturar mejor la realidad del mercado, pero requiere cálculos más avanzados o software especializado

Fórmula binomial (1 paso):

$$C_0 = e^{-rT}[p \cdot C_u + (1-p) \cdot C_d]$$

$$p = \frac{e^{rT} - d}{u - d}$$

Variables:

$C_0 = \text{Precio de la opción hoy}, \quad C_u = \text{Payoff si sube}, \quad C_d = \text{Payoff si baja},$

$u = \text{Factor de subida}, \quad d = \text{Factor de bajada}, \quad r = \text{Tasa libre de riesgo}, \quad T = \text{Tiempo}$

Datos:

$$S_0 = 90, \quad K = 100, \quad u = 1.25, \quad d = 0.8, \quad r = 0.05, \quad T = 1$$

Cálculo intermedio:

$$C_u = \max(112.5 - 100, 0) = 12.5, \quad C_d = \max(72 - 100, 0) = 0$$

$$p = \frac{e^{0.05} - 0.8}{1.25 - 0.8} = \frac{1.0513 - 0.8}{0.45} = \frac{0.2513}{0.45} \approx 0.5585$$

Cálculo final:

$$C_0 = e^{-0.05}[0.5585 \cdot 12.5 + (1-0.5585) \cdot 0] = 0.9512[6.98 + 0] = 0.9512 \cdot 6.98 \approx 6.64$$

Resultado:

$$C_0 \approx 6.64$$

Don Elías pagaría aproximadamente **$6.64/kg** hoy por asegurar el derecho de comprar a $100/kg en un año, considerando escenarios de subida o bajada.

Simulación Monte Carlo

Don Elías es comerciante de aguacate. Hoy, el precio del aguacate es **$90/kg**.

Él espera que en un año el precio tenga un rendimiento promedio de **5%** anual, rendimiento esperado.

Además, sabe que el precio es muy incierto, con una volatilidad anual de **25%,** medida de variabilidad.

Quiere estimar posibles escenarios del precio al final de **1 año,** tiempo al vencimiento.

Para eso, usa una simulación Monte Carlo con números aleatorios Z, que representan distintos choques del mercado, tomados de una distribución normal estándar.

Fórmula:

$$S_T = S_0 \times e^{(r-0.5\sigma^2)T+\sigma\sqrt{T}Z}$$

Variables:

$$S_T = \text{Precio simulado al final}, \quad S_0 = \text{Precio actual},$$

$$r = \text{Rendimiento esperado}, \quad \sigma = \text{Volatilidad}, \quad T = \text{Tiempo}, \quad Z = \text{Aleatorio normal estándar}$$

Datos del ejemplo (Don Elías):

$$S_0 = 90, \quad r = 0.05, \quad \sigma = 0.25, \quad T = 1$$

Cálculo (5 trayectorias de ejemplo):

$$Z_1 = 0.5 \rightarrow 90 \times e^{(0.05-0.03125)+0.25\times0.5} \approx 102.5$$
$$Z_2 = -0.3 \rightarrow 90 \times e^{0.01875-0.075} \approx 85.6$$
$$Z_3 = 1.2 \rightarrow 90 \times e^{0.01875+0.3} \approx 118.9$$
$$Z_4 = 0 \rightarrow 90 \times e^{0.01875} \approx 91.7$$
$$Z_5 = -1.0 \rightarrow 90 \times e^{0.01875-0.25} \approx 71.2$$

Resultado promedio:

$$\frac{102.5 + 85.6 + 118.9 + 91.7 + 71.2}{5} \approx 93.98$$

Cada variable en esta fórmula tiene un significado económico concreto: conecta las expectativas de retorno, la incertidumbre del mercado y el paso del tiempo, para proyectar escenarios realistas que ayuden a decidir.

Modelo Hull-White

Don Elías tiene un crédito a tasa variable.

Quiere simular cómo podría evolucionar la tasa en los próximos años, considerando que: Hoy está en 8%. La tasa promedio esperada es 6%. Hay mucha incertidumbre (volatilidad 1.5%) y la tasa suele revertir rápido al promedio (a=0.3a=0.3).

Usando Hull-White, Don Elías puede generar escenarios futuros de tasas para evaluar riesgos y decidir si le conviene cambiarse a tasa fija.

Fórmula:

$$dr(t) = [\theta(t) - a \cdot r(t)]dt + \sigma dW(t)$$

Variables:

$$r(t) = \text{Tasa de interés en el tiempo } t$$

$$a = \text{Velocidad de reversión al promedio}$$

$$\theta(t) = \text{Nivel promedio ajustado al mercado}$$

$$\sigma = \text{Volatilidad}$$

$$dW(t) = \text{Shock aleatorio (movimiento browniano)}$$

Datos:

$$r(0) = 0.08$$

$$a = 0.3$$

$$\theta(t) = 0.06$$

$$\sigma = 0.015$$

$$\Delta t = 1$$

Cálculo simplificado (1 paso adelante):

$$\Delta r = [0.06 - 0.3 \times 0.08] \times 1 + 0.015 \times Z$$

$$\Delta r = [0.06 - 0.024] + 0.015 \times Z = 0.036 + 0.015 \times Z$$

Ejemplo con $Z = 0.5$:

$$\Delta r = 0.036 + 0.015 \times 0.5 = 0.036 + 0.0075 = 0.0435$$

$$r(1) = r(0) + \Delta r = 0.08 + 0.0435 = 0.1235$$

Resultado:

$$r(1) \approx 12.35\%$$

Aunque el promedio del mercado es 6%, en un escenario ligeramente positivo (Z=0.5Z = 0.5Z=0.5) la tasa podría llegar a **12.35%**, muy por encima de lo actual. Esto le indica a Don Elías:

•**Cuidado con confiar solo en el promedio.**

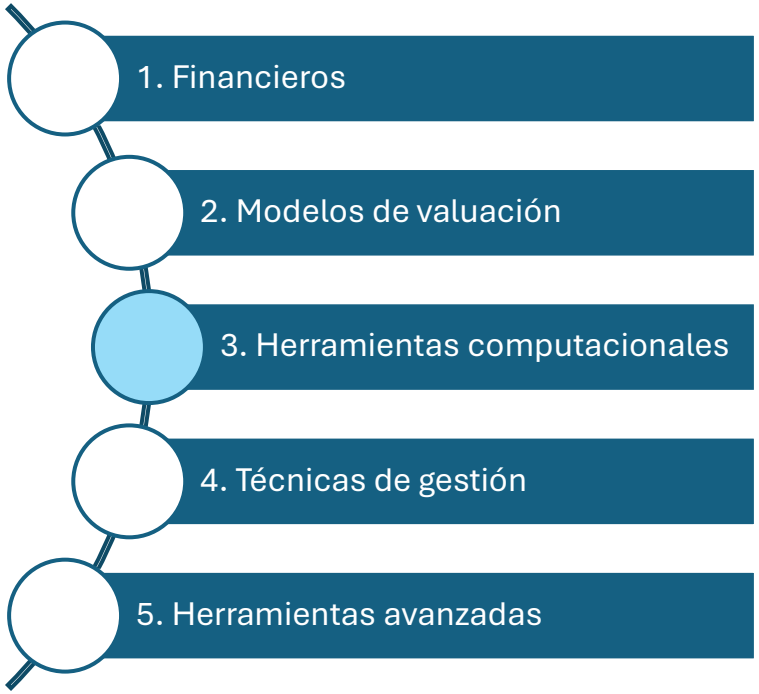
•La combinación de volatilidad + shocks de mercado puede disparar la tasa a niveles incómodos.

• Si no puede soportar tasas arriba del 12%, debería:

→ Considerar cambiarse a tasa fija.

→ O buscar coberturas financieras para limitar el riesgo.

3. Herramientas computacionales (los con qué)



- **DerivaGem:** Software incluido con Hull para aplicar modelos como Black-Scholes, árbol binomial, Monte Carlo o Hull-White de forma práctica, sin necesidad de programar.
- **Excel / VBA:** Herramienta accesible para cálculos financieros rápidos, simulaciones pequeñas y reportes.
- **Python (NumPy, SciPy, pandas, matplotlib):** Lenguaje de programación libre y flexible, ideal para simulaciones Monte Carlo, implementación de Black-Scholes, visualizaciones y análisis avanzado.
- **R:** Lenguaje estadístico muy usado para análisis de riesgos, simulaciones y modelado financiero.MATLAB: Potente en cálculos numéricos, ampliamente usado en bancos y fondos cuantitativos.

Python

https://colab.research.google.com/

pip install py_vollib

from py_vollib.black_scholes import black_scholes

from py_vollib.black_scholes.greeks.analytical import delta

S = 90

K = 100

t = 1

r = 0.05

sigma = 0.25

price = black_scholes('c', S, K, t, r, sigma)

print("Call price:", price)

delta_c = delta('c', S, K, t, r, sigma)

print("Call delta:", delta_c)

```
from py_vollib.black_scholes import black_scholes
from py_vollib.black_scholes.greeks.analytical import delta

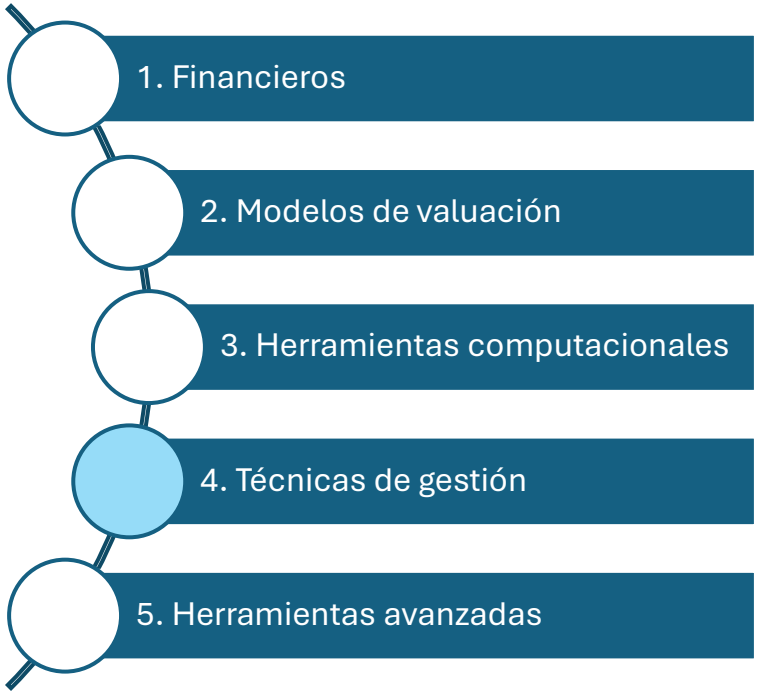
S = 90
K = 100
t = 1
r = 0.05
sigma = 0.25

price = black_scholes('c', S, K, t, r, sigma)
print("Call price:", price)

delta_c = delta('c', S, K, t, r, sigma)
print("Call delta:", delta_c)
```

```
Call price: 6.869814098238478
Call delta: 0.46158474332397603
```

4. Técnicas de gestión y medición de riesgo (los para qué)



- **La cobertura (hedging)** es la estrategia que usa derivados como futuros, opciones o swaps para protegerse contra movimientos adversos en precios, tasas de interés o tipo de cambio. Permite asegurar precios mínimos, fijar costos o limitar pérdidas.
- **La optimización de portafolios** busca construir combinaciones de activos que maximicen el rendimiento esperado para un nivel de riesgo dado, o minimicen el riesgo para un rendimiento objetivo. Usa herramientas como la frontera eficiente, ratios de Sharpe y análisis de correlaciones.
- **La medición de exposición y riesgo** utiliza métricas como VaR (Value at Risk) y CVaR para estimar cuánto podría perderse bajo condiciones normales o extremas, permitiendo anticipar necesidades de capital o ajustes de posición.
- **La gestión activa del riesgo** combina monitoreo constante, uso de límites y ajustes dinámicos en función de cambios de mercado. Es clave para empresas, bancos e inversores institucionales.

La cobertura (hedging)

Don Elías es productor michoacano de aguacate.
Tiene 10 toneladas (10,000 kg) listas para cosechar en octubre.
Hoy (julio) el precio es $70/kg, pero teme que en octubre baje.
Sus costos totales (producción, transporte, empaque) son $60/kg.
Quiere asegurarse al menos cubrir costos y, si se puede, ganar algo.

El mercado tiene 3 herramientas para protegerlo: futuros, forwards y opciones.
Vamos a ver qué pasa en cada una.

Herramienta	Descripción	Si precio baja a $50/kg	Si precio sube a $80/kg
Futuros	Contrato en bolsa para vender 10 t a $68/kg en octubre. Obliga a cumplir precio pactado.	Vende a $68/kg, gana margen sobre costos.	Vende a $68/kg, pierde oportunidad de ganar más.
Forwards	Acuerdo privado con exportador para vender 10 t a $68/kg en octubre. No estandarizado.	Vende a $68/kg, gana margen sobre costos.	Vende a $68/kg, pierde oportunidad de ganar más.
Opciones	Compra opción put para asegurar $65/kg, pagando $2/kg de prima. Tiene derecho, no obligación.	Ejerce opción, vende a $65/kg. Neto: $65 – $60 (costo) – $2 (prima) = $3/kg ganancia.	No ejerce opción, vende a mercado: $80 – $60 (costo) – $2 (prima) = $18/kg ganancia.

Futuros y forwards aseguran margen pero limitan ganancias.
Opciones protegen y permiten aprovechar subidas, a cambio de un costo anticipado.

La optimización de portafolios

Don Elías no solo produce aguacate; también tiene producción de limón y mango. Cada producto tiene precios volátiles y riesgos distintos:

Aguacate → alta rentabilidad, alta volatilidad.

Limón → rentabilidad media, volatilidad media.

Mango → rentabilidad baja, volatilidad baja.

Quiere armar un portafolio que:
Maximice rendimiento esperado.
Minimize riesgo total (no solo riesgo de un producto).
Aproveche que **los precios no siempre suben o bajan juntos**.

- Usando herramientas como media-varianza (Markowitz):
- Calcula combinaciones que maximizan rendimiento ajustado al riesgo.
- Encuentra la **frontera eficiente**: portafolios que no tienen combinación mejor (en retorno vs. riesgo).
- Identifica cuánto invertir en cada producto. Ejemplo óptimo:
  - 50% aguacate
  - 30% limón
  - 20% mango
- Así, Don Elías no apuesta todo a lo más rentable, sino que balancea su riesgo.
- La optimización de portafolios permite balancear riesgos entre productos. No busca eliminar el riesgo, sino repartirlo inteligentemente para que el negocio sea más estable y rentable a largo plazo.

Value at Risk (VaR)

Don Elías tiene un portafolio de exportación formado por 50% aguacate, 30% limón y 20% mango, con un valor total de $1,000,000 MXN.

Después de analizar datos históricos, estima que la volatilidad semanal de su portafolio es de 6%.

Quiere saber cuánto podría perder, con un 95% de confianza, en la próxima semana.

Fórmula:

$$VaR = Z \times \sigma_p \times V$$

Definición de variables:

- $Z =$ Factor de confianza $(95\% \rightarrow 1.65)$
- $\sigma_p =$ Volatilidad del portafolio $(6\% = 0.06)$
- $V =$ Valor del portafolio $(1,000,000 \text{ MXN})$

Datos del ejemplo:

$$VaR = 1.65 \times 0.06 \times 1,000,000$$

Cálculo del resultado:

$$VaR = 99,000 \,\text{MXN}$$

Interpretación:
Con 95% de confianza, Don Elías no perderá más de $99,000 MXN en su portafolio de frutas durante la próxima semana.

Conditional Value at Risk (CVaR)

tienen colas extremas, así que quiere calcular también el Conditional Value at Risk (CVaR), que estima la pérdida promedio **en los peores escenarios**, es decir, cuando ya se superó el VaR.

El VaR le dice a Don Elías que tiene un 95% de confianza de que no perderá más de $99,000 MXN.
El CVaR le advierte que si ocurre un evento extremo (peor 5% de casos), la pérdida promedio esperada será de $123,600 MXN.

Esto le permite anticipar cuánta liquidez o ajuste de posición podría necesitar si se enfrenta a una crisis de mercado, evitando decisiones apresuradas o quedarse sin capital operativo.

Fórmulas:

$$VaR = \mu + Z \times \sigma$$

$$CVaR = \mu + \frac{\phi(Z)}{1-c} \times \sigma$$

Definición de variables:

- μ = Retorno medio esperado (suponemos 0 para simplificación)
- Z = Factor de confianza ($95\% \rightarrow 1.65$)
- σ = Desviación estándar del portafolio ($6\% = 0.06$)
- c = Nivel de confianza (0.95)
- $\phi(Z)$ = Densidad de la normal estándar en Z (para 1.65, $\phi(1.65) = 0.103$)
- V = Valor del portafolio ($1,000,000$ MXN)

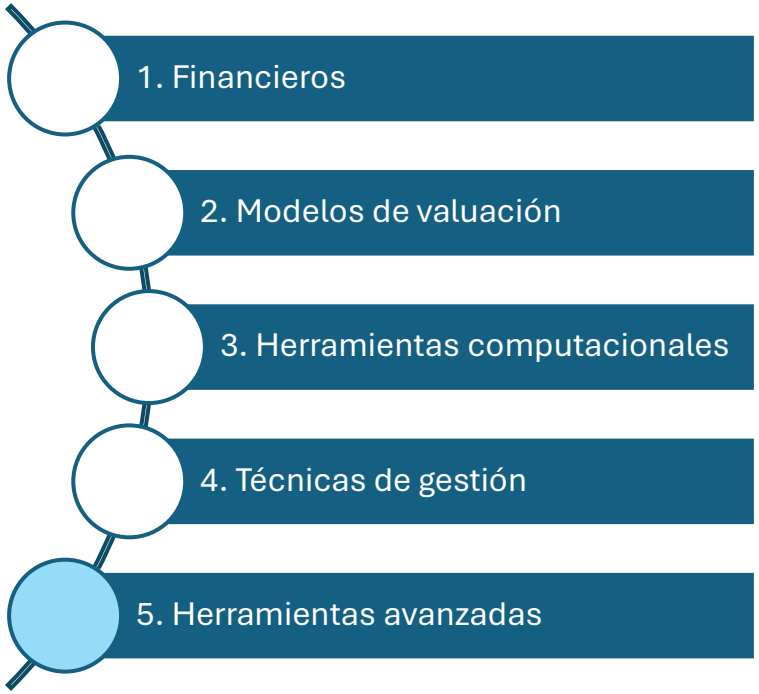
Cálculo del VaR:

$$VaR = 0 + 1.65 \times 0.06 \times 1,000,000 = 99,000\,\text{MXN}$$

Cálculo del CVaR:

$$CVaR = 0 + \frac{0.103}{1-0.95} \times 0.06 \times 1,000,000 = \frac{0.103}{0.05} \times 60,000 = 2.06 \times 60,000 = 123,600\,\text{MXN}$$

5. Herramientas avanzadas y disruptivas (los que están cambiando todo)



- **Algoritmos financieros:** Son sistemas automatizados que siguen reglas predefinidas para ejecutar operaciones financieras, calcular precios o gestionar riesgos. En mercados modernos, son esenciales para implementar estrategias complejas que requieren velocidad y precisión, como arbitraje estadístico, rebalanceo dinámico de portafolios o ejecución en alta frecuencia.
- **Inteligencia artificial y machine learning:** técnicas que permiten a los modelos aprender de grandes volúmenes de datos para identificar patrones y hacer predicciones sin depender únicamente de suposiciones estadísticas tradicionales. En finanzas se aplican al análisis de riesgos, detección de anomalías, predicción de precios, asignación de activos y optimización de carteras.
- **Blockchain y criptoactivos** tecnología de registro distribuido que permite realizar transacciones verificables sin necesidad de intermediarios centralizados. Su principal innovación es la seguridad criptográfica y la inmutabilidad de los registros, lo que da origen a criptoactivos como Bitcoin, stablecoins y smart contracts. Transforma pagos transfronterizos, emisión de activos, financiamiento descentralizado y desarrollo de productos derivados sobre criptoactivos, aunque también plantea retos regulatorios y de volatilidad.