

Informe Educativo - KipuBankV3_TP4

Autor: Equipo KipuBankV3 · Fecha: 12 Nov 2025

Este documento explica, paso a paso y en lenguaje claro, cómo está construido KipuBankV3_TP4, por qué tomamos cada decisión de diseño y cómo reproducir todo el flujo (desde preparar el entorno, entender el contrato, ejecutar pruebas, desplegar, interactuar y revisar seguridad). Está pensado para lectores sin experiencia previa en blockchain.

1. ¿Qué es KipuBankV3?

KipuBankV3 es un contrato inteligente (smart contract) que funciona como un “banco” educativo en la red Ethereum (testnet Sepolia). Permite:

- Recibir depósitos en ETH y en tokens ERC-20.
- Convertir automáticamente los depósitos a USDC usando Uniswap V2 (un protocolo de intercambio descentralizado).
- Retirar fondos (ETH o USDC) respetando límites por seguridad.
- Verificar precios con Chainlink para evitar operar con datos desactualizados o manipulados.
- Administrar permisos (roles), pausar el sistema ante emergencias y (opcionalmente) programar cambios con un timelock.

Objetivo pedagógico: mostrar buenas prácticas de ingeniería de smart contracts, integración con protocolos DeFi y enfoque de seguridad.

2. Conceptos básicos (en simple)

- Blockchain: una base de datos compartida y segura. En Ethereum, los programas se llaman “smart contracts”.
- ETH: la moneda nativa de Ethereum. Sirve para pagar comisiones (gas) y transferir valor.
- Token ERC-20: estándar para tokens fungibles (por ejemplo USDC). Permite transferir, aprobar y consultar balances.
- Oráculo (Chainlink): servicio que trae datos del mundo real (por ejemplo, precio de ETH en USD) a la blockchain.
- AMM (Uniswap V2): mercado automatizado que permite intercambiar tokens por fórmulas matemáticas y liquidez aportada por usuarios.
- Gas: costo de ejecución de operaciones. Depende de complejidad y del precio de la red.

3. Requisitos del proyecto (TP4)

- Depósitos en ETH y ERC-20 con conversión a USDC mediante Uniswap V2.

- Retiro con tope por transacción (`MAX_WITHDRAWAL_PER_TX`).
 - Validaciones de precio: staleness (desactualización) y desviación máxima.
 - Roles de acceso (RBAC), pausa de emergencia, prevención de reentrancia.
 - Métricas y eventos para trazabilidad.
-

4. Diseño y decisiones técnicas

4.1 Herencia y librerías

- OpenZeppelin: AccessControl, Pausable, ReentrancyGuard, SafeERC20.
 - Por qué: estándares auditados, reducen errores comunes, facilitan RBAC y seguridad.

4.2 Tokens y catálogo

- ETH (nativo) y USDC habilitados por defecto.
- Extensión con `addOrUpdateToken` bajo `TOKEN_MANAGER_ROLE` para admitir otros tokens.
 - Por qué: mantener un catálogo explícito evita operar con tokens no soportados.

4.3 Oráculo de precios

- Chainlink AggregatorV3Interface (ETH/USD de 8 decimales).
- Validaciones:
 - Staleness: el dato no debe estar “viejo” más allá de `PRICE_FEED_TIMEOUT`.
 - Desviación: se compara con `lastRecordedPrice` y se rechazan saltos mayores a `MAX_PRICE_DEVIATION_BPS` (p. ej. 5%).
 - Por qué: reduce riesgo de operar con precios incorrectos por fallos o manipulación.

4.4 Swaps en Uniswap V2

- Rutas Token→WETH→USDC (o WETH→USDC si ya es WETH).
- Estimación previa con `getAmountsOut` y validación contra `amountOutMin` para limitar slippage.
 - Por qué: asegurar un valor mínimo de salida protege al usuario ante variaciones de precio.

4.5 Seguridad

- Patrón CEI (Checks-Effects-Interactions) + ReentrancyGuard.
- Pausable para congelar operaciones ante incidentes.
- Errores personalizados en lugar de strings (menor gas y mayor claridad).
- Límites operativos: cap global en USD y tope de retiro por transacción.

4.6 Administración y timelock

- Roles separados: admin, gestor de cap/oráculo, gestor de pausa, gestor de tokens.

- Timelock opcional para programar cambios con retraso mínimo (defensa contra cambios apresurados).
-

5. Recorrido del código (alto nivel)

Archivo principal: `src/KipuBankV3_TP4.sol`.

- `deposit()`: recibe ETH, convierte a USD con precio de Chainlink, verifica cap y acredita saldo.
- `depositAndSwapERC20(...)`: transfiere el token de entrada, estima swap, valida cap y slippage, ejecuta swap y acredita USDC.
- `withdrawToken(token, amount)`: valida monto, token soportado, tope por transacción y balance; transfiere al usuario.
- Utilidades internas: cálculo de USD, chequeo de cap, actualización y registro del último precio, contadores y eventos.
- Seguridad transversal: CEI, errores personalizados, pausas, roles, reentrancia.

Cada función está pensada para ser predecible, emitir eventos claros y fallar con mensajes/errores específicos.

6. Integraciones externas

- Chainlink: `latestRoundData()` para precio ETH/USD y timestamp.
- Uniswap V2 Router: `getAmountsOut` y `swapExactTokensForTokens` para calcular y ejecutar swaps.

Buenas prácticas: siempre validar entradas, manejar retornos, y acotar el riesgo mediante límites y verificación de precio.

7. Pruebas y cobertura

- Framework: Foundry (`forge-std/Test`).
- Tipos: unitarias, integración (router/oráculo mockeados), fuzzing, eventos y control de acceso.
- Métricas (ejemplo actual): 43/43 tests, 66.5% líneas global, ~89% en contrato principal.

Cómo ejecutar localmente:

```
forge build
forge test -vv
forge coverage
```

8. Despliegue y verificación

Script: `script/Deploy.s.sol` (Sepolia)

```
forge script script/Deploy.s.sol:DeployScript \
--rpc-url $RPC_URL_SEPOLIA \
--broadcast \
--verify \
```

```
--etherscan-api-key $ETHERSCAN_API_KEY -vvvv
```

Resultado: dirección del contrato y logs con parámetros relevantes.

9. Interacción on-chain (ejemplos)

- Consultar límites y direcciones (con cast de Foundry).
 - Verificar roles (hasRole), router configurado, etc.
 - Depositar y retirar en redes de prueba.
-

10. Seguridad y modelo de amenazas

- Reentrancia: mitigada con CEI + ReentrancyGuard.
- Precios: staleness y desviación para evitar operar con datos inválidos.
- Slippage: controlado con amountOutMin.
- Roles y pausas: restringen acciones administrativas y permiten respuesta a incidentes.
- Timelock (opcional): añade fricción temporal a cambios sensibles.

Documentos complementarios:

- Auditoría (cómo revisar): AUDITOR_GUIDE.md.
 - Modelo de amenazas (riesgos y mitigaciones): THREAT_MODEL.md.
-

11. Operación y monitoreo

- Eventos clave: DepositSuccessful, WithdrawalSuccessful.
 - Contadores: getDepositCount.
 - Recomendación: registrar métricas y alertas sobre pausas, cambios de roles y variaciones de precio.
-

12. Glosario rápido

- CEI: práctica de codificación segura (verificar → actualizar estado → interactuar).
 - Slippage: diferencia entre precio esperado y ejecutado.
 - Staleness: antigüedad del dato del oráculo.
 - RBAC: control de acceso basado en roles.
-

13. Pasos para reproducir el proyecto

1. Clonar el repo y ejecutar forge install.
 2. Configurar .env con PRIVATE_KEY, RPC_URL_SEPOLIA, ETHERSCAN_API_KEY.
 3. Ejecutar pruebas y cobertura.
 4. Desplegar con Deploy.s.sol.
 5. Verificar en Etherscan.
 6. Interactuar (cast/Front-end) y revisar eventos.
-

14. Preguntas frecuentes (FAQ)

- ¿Puedo usar otro token que no sea USDC? Sí, habilitándolo en el catálogo con addOrUpdateToken (rol requerido).
- ¿Por qué usar Chainlink? Porque es un oráculo ampliamente adoptado y auditado.
- ¿Por qué errores personalizados? Gastan menos gas y estandarizan diagnósticos.
- ¿Qué pasa si el precio está viejo? La operación revierte para proteger fondos.

15. Conclusiones

KipuBankV3_TP4 ilustra un flujo completo de diseño, desarrollo, pruebas y despliegue de un smart contract con integraciones DeFi y enfoque en seguridad. El código busca ser legible, modular y seguro, priorizando prácticas recomendadas y límites operativos claros.

Apéndice A - Diagrama general (mermaid)

```
graph LR
    A[Usuario] --> B{Deposita}
    B -->|ETH| C[deposit]
    B -->|ERC20| D[depositAndSwapERC20]
    C --> E[Valida precio + cap]
    D --> F[getAmountsOut + slippage]
    E --> G[Actualiza saldo]
    F --> H[Swap a USDC]
    G --> I[Evento]
    H --> I
    I --> J{Retiro}
    J --> K[withdrawToken]
```

Repositorio: https://github.com/g-centurion/KipuBankV3_TP4
Contrato (Sepolia): 0x5b7f2F853AdF9730fBA307dc2Bd2B19FF51FcDD7