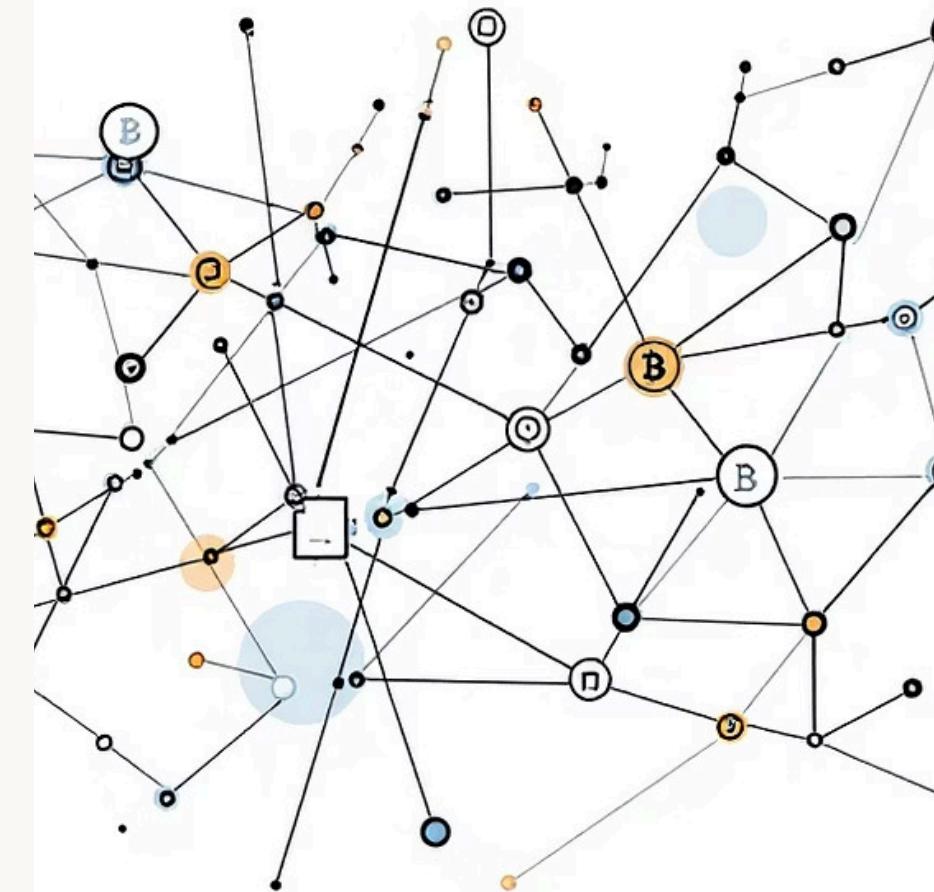


Simulación de la Dinámica de una Mempool de Blockchain

Un Enfoque Basado en Eventos Discretos

Trabajo Integrador Final - Cátedra de Simulación 2025

Simón Tadeo Ocampo



Conceptos Fundamentales



Blockchain

Libro contable digital distribuido



Mempool

"Sala de espera" para transacciones no confirmadas



Minero

Servidor que procesa por lotes (bloques)



Fee Rate

Comisión (*sats/vByte*). Define la prioridad

¿Por qué Simulación?

Modelo M/M/1	Mempool Real
FIFO	Prioridad por Dinero
Servicio Individual	Servicio por Lotes
Tasas constantes	Tiempos Estocásticos

Intratabilidad Analítica

Análisis de Datos de Entrada

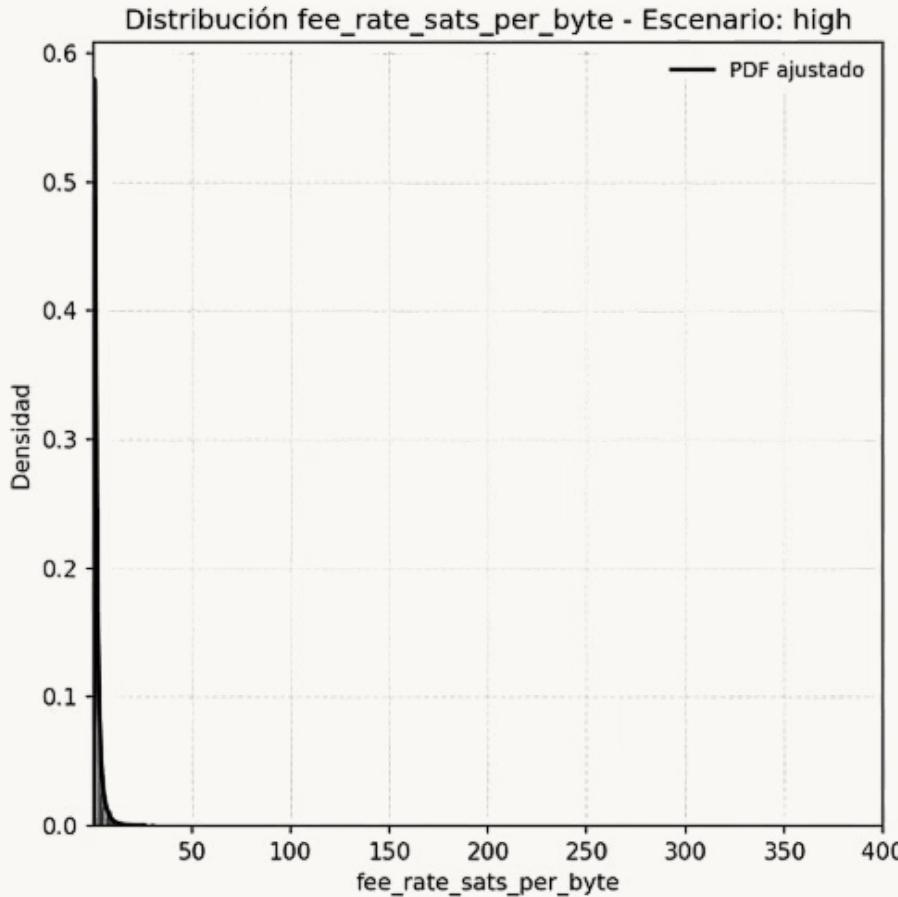


Figura 2 (a): El histograma de Fee Rate con la curva ajustada.

- Datos reales recolectados vía Websockets (Python)
- Framework de ajuste: BIC + Validación Cruzada + Bootstrap

Hallazgo: Distribuciones de cola pesada (Johnson SU)

El Desafío de la Heterogeneidad

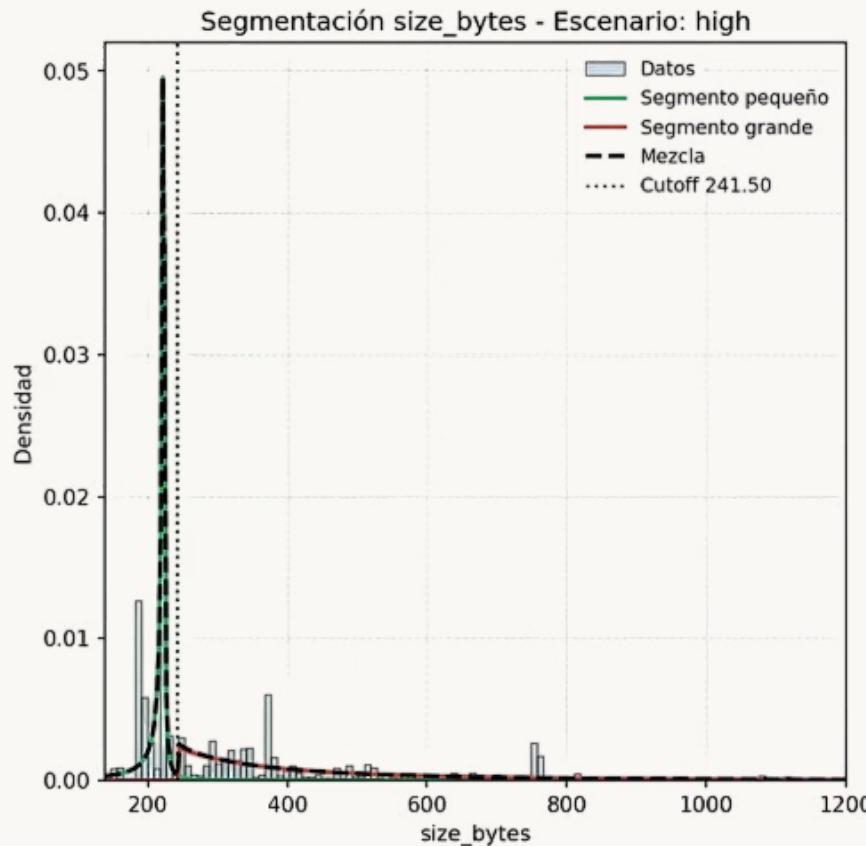
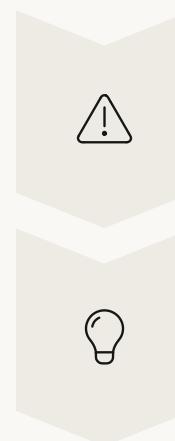


Figura 3 (a): Ajuste segmentado vs. modelo único



- Transacciones pequeñas (*JohnsonSU*) + Grandes (*Pareto*)

Arquitectura en SimPy

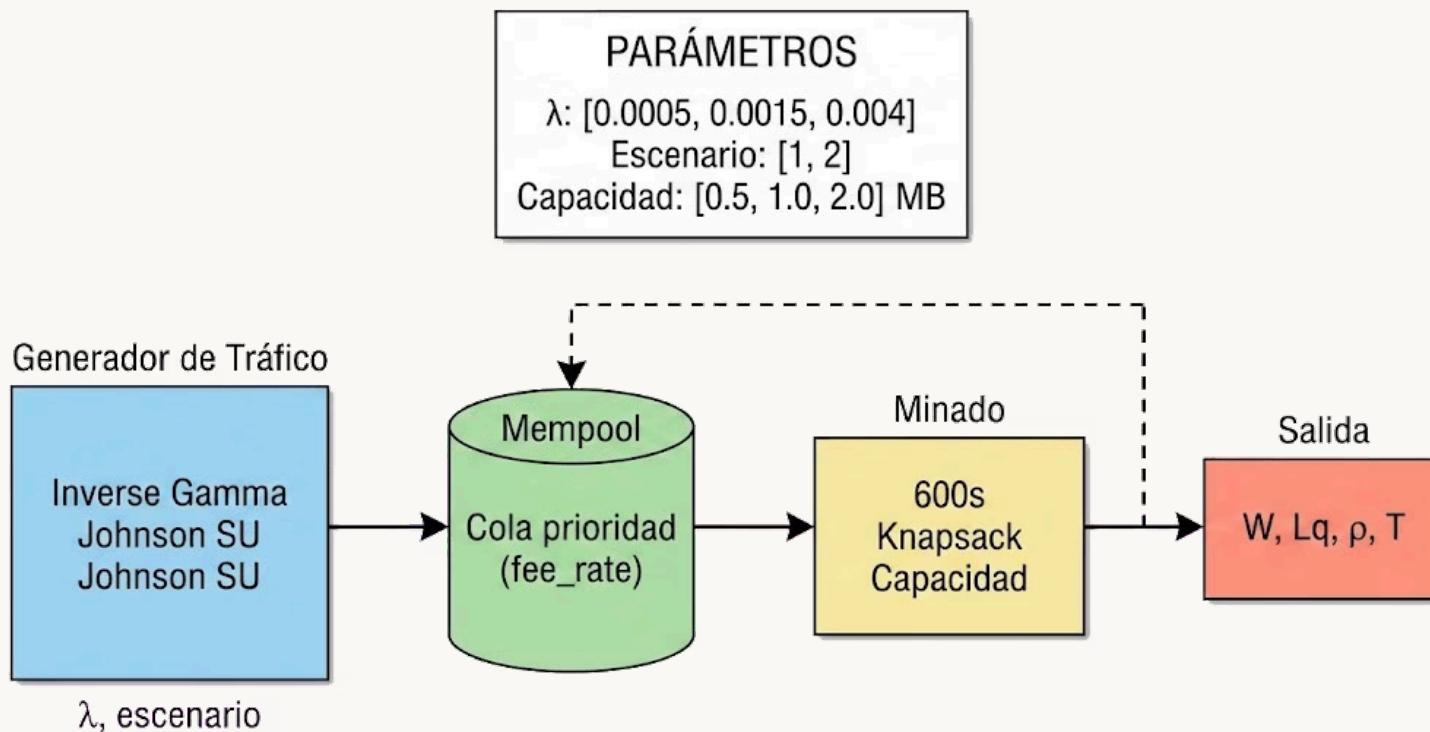


Figura 7: Diagrama de bloques del sistema

Generador → Mempool → Minado → Salida

Experimentación y Resultados

- Se realizó un **diseño factorial completo** ($3 \times 2 \times 3$), lo que implicó 180 corridas de simulación para evaluar exhaustivamente la dinámica de la mempool bajo diversas condiciones operativas.

f_λ	Escenario	Cap (MB)	W (seg)	L_q (txs)	N_{txs}
0.0005	2	0.5	46,695	57,214	174,086
0.0005	2	0.5	44,501	40,155	148,892
0.0005	2	1.0	40,943	132,893	426,182
0.0015	2	0.5	33,505	82,094	169,623
0.0005	2	1.0	33,315	109,517	358,623

Tabla 9: Top 5 configuraciones con mayor congestión

Configuración Crítica

Una capacidad de bloque de **0.5 MB** resultó en tiempos de espera de las transacciones **superiores a 12 horas**, indicando un cuello de botella severo que compromete la eficiencia de la red.

Factor Dominante

La **capacidad del bloque** fue identificada como el factor más influyente en el rendimiento de la mempool, con una proporción de varianza explicada

$$\eta^2 = 0.190.$$

Conclusiones

01

Eficacia de la Simulación de Eventos Discretos en Blockchain

02

Importancia del tratamiento estadístico riguroso (colas pesadas)

03

Capacidad predictiva para escenarios de saturación ($\rho > 1$)