

Simulación de Tokenización de Propiedades Inmobiliarias en Blockchain

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires

Abstract

Este trabajo tiene como objetivo analizar el comportamiento de un mercado de real estate tokenizado sobre blockchain mediante un modelo de simulación de eventos discretos. La propuesta surge ante la necesidad de comprender cómo parámetros críticos, como el gas fee y el precio del token, influyen en la dinámica de emisión, compra y quema de activos digitales, así como en la estabilidad de la oferta y el éxito de las transacciones. La metodología consistió en la construcción de un modelo formal de procesos que incluye tokenización, llegada de compradores, validaciones KYC, compras exitosas o fallidas, actualizaciones de precio y quema de tokens. El simulador fue calibrado con un dataset de 54 000 escenarios correspondientes al período 2021–2022, y se ajustaron funciones de distribución de probabilidad para intervalos de tokenización (TS) y llegada de interesados (LLIN) con la librería fitter. Los resultados muestran que variaciones en los costos de transacción y en el valor de los tokens impactan directamente en la liquidez, en el porcentaje de tokens quemados y en la tasa de éxito de las compras. Se concluye que el modelo constituye una herramienta reproducible y extensible para evaluar políticas de pricing y parámetros de operación antes de su aplicación en mercados reales, aportando al diseño de protocolos más eficientes y a la planificación estratégica de proyectos inmobiliarios tokenizados.

Palabras Clave

Blockchain; Real Estate; Tokenización; Simulación de Eventos Discretos; Gas Fee; Token Price; Funciones de Distribución de Probabilidad; Modelado de Mercado

Introducción

En los últimos años, la tokenización de activos ha emergido como una de las aplicaciones más relevantes de la tecnología blockchain, permitiendo transformar bienes tangibles en representaciones digitales transferibles en redes distribuidas. Dentro de este campo, el real estate se posiciona

como un sector de alto impacto debido al valor de sus activos y a las barreras tradicionales de acceso, inversión y liquidez. La posibilidad de fraccionar una propiedad en tokens digitales habilita modelos de negocio más inclusivos, transparentes y eficientes.

A pesar del creciente interés, la dinámica real de los mercados de real estate tokenizado todavía presenta múltiples interrogantes. Factores como los costos de transacción (gas fee), el precio base de los tokens, las reglas de emisión, compra y quema (burn) afectan directamente la liquidez del sistema, la estabilidad de la oferta y la viabilidad económica de las operaciones. La literatura previa ha documentado casos de implementación y beneficios teóricos de la tokenización, pero existe una carencia de modelos cuantitativos que permitan anticipar de manera sistemática cómo estos parámetros impactan en el desempeño del mercado bajo condiciones realistas.

El presente trabajo aborda esta problemática mediante el desarrollo de un modelo de simulación de eventos discretos que reproduce la dinámica de un mercado inmobiliario tokenizado, calibrado con datos reales del período 2021–2022. El objetivo es analizar métricas clave como la cantidad de tokenizaciones solicitadas (CTS), el porcentaje de tokens quemados (PTB), el saldo promedio de los compradores (PSC) y las transferencias fallidas (CTF), evaluando el efecto de variaciones en el gas fee y el precio del token.

La relevancia de esta propuesta reside en proveer una herramienta reproducible y extensible para explorar escenarios de mercado, experimentar con políticas de pricing y anticipar condiciones críticas

antes de la implementación en entornos reales. De este modo, el trabajo contribuye tanto a la investigación académica como al diseño estratégico de proyectos de real estate sobre blockchain.

Elementos del Trabajo y metodología

El desarrollo de este trabajo se basó en la construcción de un modelo de simulación de eventos discretos, diseñado para representar los procesos que intervienen en un mercado de real estate tokenizado sobre blockchain. Los principales elementos considerados fueron: las variables de entrada, los eventos fundamentales, las condiciones de transición y las métricas de salida.

En primer lugar, se definió un modelo conceptual que describe los procesos centrales: tokenización de propiedades (mint), llegada de potenciales compradores, validaciones KYC, ejecución de compras exitosas o fallidas, quema de tokens (burn) y actualización de precios. Estos eventos se representaron en diagramas de flujo y tablas de variables que especifican los parámetros iniciales, rangos de valores y condiciones de cada transición.

En segundo lugar, se incorporó un dataset real de 54 000 escenarios (2021–2022), que permitió calibrar el simulador con información empírica. A partir de este insumo se ajustaron las funciones de distribución de probabilidad (FDP) de las variables críticas: intervalos de tokenización (TS) y tiempos de llegada de compradores (LLIN). El ajuste se realizó utilizando la librería `fitter`, seleccionando las distribuciones que mejor representaban los datos mediante criterios de error cuadrático.

En tercer lugar, se implementó un simulador computacional en Python, estructurado en módulos para ingesta de datos, muestreo de variables, ejecución de escenarios y almacenamiento de resultados. Se establecieron parámetros de control — como gas fee, precio del token, probabilidad de quema y probabilidad de actualización de precios— que pueden

modificarse para analizar distintos escenarios de mercado.

Finalmente, se definieron métricas de salida que permiten evaluar el desempeño del sistema:

- CTS: cantidad total de tokenizaciones solicitadas,
- PTB: porcentaje de tokens quemados respecto a los emitidos,
- PSC: saldo promedio de los compradores luego de transacciones exitosas,
- CTF: cantidad de transferencias fallidas.

Además, se generaron reportes complementarios sobre tokens en circulación a lo largo del tiempo, evolución del saldo del vendedor y distribución de saldos de compradores. Los resultados fueron almacenados en archivos CSV y visualizados en gráficos, garantizando la reproducibilidad y extensibilidad del modelo para futuras investigaciones.

Resultados

Se corrieron tres configuraciones contrastantes para observar cómo variaciones en el gas fee, el precio de los tokens y la probabilidad de actualización afectan la dinámica del mercado simulado.

Escenario 1: Escasez Extrema y Precios Elevados (S1)

- **Configuración:** GAS = 1500, precio inicial = 30.000, precio actualizado = 35.000, P_UPDATE = 60%.
- **Resultados:** CTS = 3; PTB = 100%; PSC = 0; CTF = 172.
- **Interpretación:** El costo excesivo de gas restringió drásticamente la capacidad de tokenización, mientras que los precios elevados hicieron inviable la compra. Se observó un mercado prácticamente inactivo, dominado por fallas en las transferencias.

Escenario 2: Sobreoferta y Precios Ultra Bajos (S2)

- **Configuración:** GAS = 1, precio inicial = 25, precio actualizado = 25, P_UPDATE = 0%.
- **Resultados:** CTS = 344; PTB = 4,07%; PSC = 2949,57; CTF = 0.
- **Interpretación:** El costo de transacción casi nulo permitió una sobreoferta de tokens, con un volumen altísimo de compras exitosas y prácticamente sin fricción. El bajo precio garantizó accesibilidad y liquidez inmediata.

Escenario 3: Descuento Masivo por Actualización (S3)

- **Configuración:** GAS = 50, precio inicial = 15.000, precio actualizado = 500, P_UPDATE = 90%.
- **Resultados:** CTS = 344; PTB = 3,20%; PSC = 2547,57; CTF = 132.
- **Interpretación:** Durante la primera fase, el precio inicial elevado limitó el volumen de compras. Tras la actualización de precio con un descuento extremo, se generó una demanda masiva, aunque coexistiendo con fallas de transferencia por saturación del sistema.

Discusión

Los escenarios simulados muestran que el equilibrio de un mercado de real estate tokenizado depende fuertemente de la interacción entre costos de transacción y políticas de pricing:

- **GAS fee elevado (S1)** conduce a mercados inactivos, incluso si existe interés en la compra. El costo de operar la red puede ser un freno estructural a la liquidez.
- **Precios ultra bajos y estables (S2)** generan un mercado altamente

líquido, aunque con riesgo de sobreoferta y poca sustentabilidad económica para el emisor.

- **Políticas de actualización abruptas (S3)** muestran un efecto dual: primero desincentivan la compra por precios altos, y luego producen un shock de demanda al aplicarse descuentos masivos. Esta volatilidad puede atraer especulación y congestión operativa, afectando la tasa de éxito de las transacciones.

Comparando con literatura previa, estos hallazgos se alinean con trabajos que destacan la sensibilidad de los mercados tokenizados frente a variaciones en parámetros operativos [1][2]. Asimismo, la evidencia de fallas bajo escenarios extremos indica la necesidad de diseñar políticas graduales de ajuste de precios y de optimizar los costos de red, como sugieren estudios recientes en finanzas descentralizadas [3].

Conclusión

Este trabajo presentó un modelo de simulación de eventos discretos para analizar mercados de real estate tokenizado en blockchain. Los resultados indican que:

1. Un **gas fee elevado** puede paralizar completamente la dinámica de tokenización y compra.
2. **Precios bajos y estables** promueven una alta liquidez, pero plantean riesgos de sostenibilidad.
3. **Actualizaciones bruscas de precios** producen ciclos de escasez y sobreoferta, generando tanto oportunidades como ineficiencias.

Se concluye que el simulador constituye una herramienta válida para anticipar comportamientos de mercado bajo distintos escenarios, ofreciendo soporte a la toma de decisiones en proyectos de real estate sobre

blockchain. A futuro, se propone incorporar métricas de bienestar social de los agentes, dinámicas de secondary markets y políticas adaptativas de pricing.

Agradecimientos

Se agradece a la cátedra de simulación de la UTN FRBA por proveer el marco teórico y práctico para la realización del presente trabajo.

Al docente Edgardo Lacquaniti, experto conocedor del tema.

Y al compañero que durante la Convención facilitó el dataset que nos permitió realizar el análisis.

Referencias

[1] Shermin Voshmgir. *Token Economy: How the Web3 reinvents the Internet*. Token Kitchen, 2020.

[2] Michael Mainelli, Alistair Milne. "The Impact and Potential of Blockchain on the Securities Transaction Lifecycle." *SWIFT Institute Working Paper*, 2016.

[3] Philipp Sandner, Ingo Fiedler. "Decentralized Finance (DeFi) – A New Financial Ecosystem." *Journal of Digital Banking*, vol. 6, no. 1, 2021.

Datos de Contacto

Julia DAlessio Poisson. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
jdalessiopoisson@frba.utn.edu.ar

Ailin Lucia Denoya. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires
adenoya@frba.utn.edu.ar