

Informe Técnico Definitivo sobre la Generación de Alfa en Polymarket

1. Resumen Ejecutivo y Microestructura del Mercado

1.1. Introducción: La Evolución de la Infraestructura de Mercado

La microestructura del mercado es un factor de importancia estratégica en las finanzas descentralizadas (DeFi). Define las reglas de interacción, el descubrimiento de precios y la eficiencia de la ejecución, influyendo directamente en la rentabilidad de las estrategias de trading algorítmico. La transición arquitectónica de un Automated Market Maker (AMM) a un Central Limit Order Book (CLOB) en plataformas como Polymarket representa un cambio fundamental. Esta evolución altera drásticamente la eficiencia del capital, la dinámica de la liquidez y el conjunto de estrategias viables disponibles para los traders. Comprender esta transición es esencial para identificar y capitalizar las nuevas oportunidades de generación de alfa.

1.2. Análisis Comparativo: De AMM a CLOB

El cambio de un modelo AMM a un CLOB es una decisión de diseño crítica con implicaciones directas en el rendimiento. El siguiente análisis compara ambos modelos basándose en métricas cuantitativas y cualitativas extraídas de los datos del mercado.]

Aspecto	Automated Market Maker (AMM)	Central Limit Order Book (CLOB)
Slippage for Large Trades (\$100k)	Alto (5-10% en modelos CPMM)	Bajo (1-3% con suficiente profundidad)
Capital Efficiency & LP Returns	Moderada	Alta. Los <i>market makers</i> activos ganan <i>rebates</i> (típicamente 0.1%) y pueden alcanzar rendimientos del 10-20% APR.
Front-Running Risk	Alto. El diseño on-chain es susceptible a <i>sandwich attacks</i> , que pueden inflar los costos entre un 2% y un 5%.	Medio. El emparejamiento off-chain mitiga el MEV on-chain, pero introduce el arbitraje de latencia.
Price Discovery Mechanism	Basado en fórmulas (ej. $xy=k$), lo que puede distorsionar las probabilidades en operaciones extremas.	Agregación de órdenes discretas (oferta y demanda), lo que conduce a un descubrimiento de precios más preciso y lineal.

La elección de Polymarket de implementar un CLOB off-chain para el emparejamiento de órdenes con liquidación on-chain es una optimización arquitectónica crucial. Esta estructura híbrida aborda los cuellos de botella de rendimiento experimentados en la red Polygon. El motor de emparejamiento off-chain de Polymarket elimina eficazmente los vectores de MEV on-chain como los *sandwich attacks*. Sin embargo, introduce una forma diferente de MEV: el arbitraje de latencia, donde los traders con servidores co-ubicados o conexiones más rápidas al motor de emparejamiento pueden explotar órdenes obsoletas. Al procesar el libro de órdenes fuera de la cadena, Polymarket logra la baja latencia necesaria para el trading de alta frecuencia, mientras que la liquidación final en la blockchain garantiza la transparencia y la seguridad de los fondos.

1.3. El Framework de Gnosis Conditional Tokens (CTF)

La capa fundamental de liquidación de Polymarket se basa en el Gnosis Conditional Tokens Framework (CTF). Este conjunto de contratos inteligentes proporciona la infraestructura para la creación y el intercambio de activos que representan resultados de eventos. El

núcleo del CTF es un invariante matemático que permite una gestión eficiente del colateral. Un único token de colateral (USDC) puede ser dividido (*split*) en un conjunto completo de tokens de resultado. Por ejemplo, 1 USDC puede ser transformado en un token YES y un token NO. La propiedad fundamental es que este conjunto completo de tokens de resultado siempre puede ser fusionado (*merged*) de nuevo para redimir exactamente una unidad del colateral original (1 USDC). Estos tokens de resultado se implementan como tokens ERC-1155, un estándar que permite la representación de múltiples tipos de tokens en un único contrato. Esto hace que cada token de resultado (YES o NO para un mercado específico) sea fungible, facilitando la creación de mercados líquidos. Este mecanismo subyacente del CTF es lo que habilita la existencia de estrategias de arbitraje específicas y libres de riesgo.

2. Estrategias Algorítmicas de Generación de Ingresos

2.1. Introducción: Explotación Programática de Ineficiencias

Un conocimiento profundo de la arquitectura técnica del mercado revela ineficiencias estructurales explotables. Esta sección pasa de la teoría a la ejecución, proporcionando la lógica operativa para cuatro estrategias distintas de generación de alfa ejecutables de forma programática. Cada una se analiza en función de su perfil de retorno, requisitos de capital y complejidad de implementación.

2.2. Estrategia A: Arbitraje Atómico (Mint/Merge)

Esta estrategia explota directamente el invariante matemático del Gnosis CTF y surge cuando la suma de los precios de mercado de un conjunto completo de resultados se desvía de \$1.00. Es una forma de arbitraje determinista y de bajo riesgo. La ejecución precisa sigue estos pasos:

- **Identificar la Ineficiencia:** Un bot monitorea continuamente los precios de los tokens YES y NO en el CLOB para un mercado determinado, calculando si $\text{Cost(YES)} + \text{Cost(NO)} \neq \1.00 .
- **Explotar < \$1.00 :** Si la suma de los precios de mercado es inferior a \$1.00, el algoritmo ejecuta la siguiente secuencia:
 - Comprar un conjunto completo de acciones (ej., 1 YES + 1 NO) en el mercado a un costo combinado inferior a 1 USDC.
 - Ejecutar una transacción on-chain para fusionar (*merge*) ambas acciones de vuelta en 1 USDC, asegurando una ganancia libre de riesgo.
- **Explotar > \$1.00 :** Si la suma de los precios de mercado es superior a \$1.00, el algoritmo ejecuta la operación inversa:
 - Tomar 1 USDC y ejecutar una transacción on-chain para dividirlo (*split*) en un conjunto completo de acciones de resultado (1 YES + 1 NO).
 - Vender inmediatamente cada acción en el mercado por un valor combinado superior a 1 USDC. Estas oportunidades de arbitraje son inherentemente fugaces debido a su naturaleza determinista y libre de riesgo. La ejecución requiere un sistema de monitoreo y ejecución de alta frecuencia, ya que cualquier latencia resultará en que la oportunidad sea capturada por algoritmos competidores.

2.3. Estrategia B: Market Making (CLOB)

Esta estrategia consiste en proporcionar liquidez de forma activa en el CLOB para capturar el *bid-ask spread* y ganar los *rebates* de las órdenes *maker*. Requiere un control de inventario sofisticado y una infraestructura de baja latencia. Un bot de *market making* debe gestionar las siguientes funciones principales:

- **Inventory & Exposure Control:** Mantener posiciones YES/NO equilibradas para minimizar el riesgo direccional. Establece límites de exposición neta para evitar la acumulación excesiva de inventario en un lado del mercado.
- **Spread Capture:** Colocar órdenes pasivas (*maker*) en la parte superior del libro de órdenes (*top-of-book*) para capturar la diferencia entre el precio de compra y el de venta y ganar *rebates*.
- **Cancel/Replace Logic:** Utilizar ciclos rápidos de cancelación y reemplazo de órdenes para mantener una posición prioritaria en la cola de órdenes y evitar que las cotizaciones se vuelvan obsoletas (*stale*) a medida que el mercado se mueve.
- **Real-Time Data Consumption:** Suscribirse a los *feeds* de Websockets de la API de Polymarket para recibir actualizaciones del libro de órdenes de Nivel 2 (L2) en tiempo real, lo que es fundamental para ajustar las cotizaciones instantáneamente.

2.4. Estrategia C: Arbitraje Inter-Exchange

Esta estrategia explota las discrepancias de precios para el mismo evento entre Polymarket y otras plataformas, como Kalshi. Estas oportunidades surgen debido a diferencias estructurales fundamentales entre los mercados.

- **Regulatory Environment:** Polymarket opera como un protocolo global y *permissionless*, mientras que Kalshi está totalmente regulado por la CFTC en los Estados Unidos.
- **User Base & Capital Source:** Polymarket atrae a una base de usuarios global nativa de criptomonedas que utiliza USDC. Kalshi está restringido a usuarios de EE. UU. que operan con fiat.
- **Fee Structures:** Las estructuras de comisiones variables crean una superficie de arbitraje no lineal. La comisión por acción de Polymarket puede hacer que un arbitraje teóricamente rentable no lo sea en acciones de bajo precio, mientras que el modelo de Kalshi basado en ganancias es más indulgente en esos escenarios.

2.5. Estrategia D: Arbitraje por Latencia del Oráculo

Esta estrategia es una forma de arbitraje de información que explota el retraso inherente en el mecanismo de resolución de oráculos de Polymarket. Un trader obtuvo \$50,000 explotando este vector de ataque. El mecanismo funciona de la siguiente manera: un bot monitorea fuentes de datos de alta velocidad en tiempo real (ej. *feeds* de CEX) y coloca operaciones en Polymarket antes de que su oráculo más lento de UMA pueda actualizar y resolver el mercado. El elemento técnico clave que crea esta ventana de oportunidad es el "liveness period" o ventana de disputa de UMA, un retraso explotable entre el conocimiento del resultado y su ratificación on-chain.

3. Análisis de Riesgos para la Implementación

3.1. Introducción: Cuantificación de Vectores de Falla

Esta sección proporciona un marco cuantitativo para modelar el riesgo de cola a través de vectores operativos, financieros y a nivel de protocolo. Para cualquier estrategia algorítmica, el valor esperado es una función no solo de su alfa, sino también de la probabilidad cuantificable de una falla catastrófica. La identificación y mitigación de riesgos son tan críticas como el desarrollo de los algoritmos.

3.2. Riesgo de Smart Contract e Infraestructura

La dependencia de Polymarket de la cadena Polygon PoS introduce riesgos de infraestructura significativos que han afectado históricamente a la plataforma.

- **Anomalías y Caídas de la Red:** Datos de 2025 muestran que la red principal de Polygon experimentó 15 anomalías de red distintas, incluyendo caídas y mantenimiento, que provocaron retrasos en la correspondencia de órdenes de Polymarket.
- **"Intermittent Stuck Transactions":** Un incidente notable provocó que un gran número de órdenes quedaran atascadas durante casi 24 horas.
- **"Consensus Finalization Delay":** Otro evento impidió la finalización del consenso, dejando las liquidaciones de mercado en un limbo durante varias horas. Además del riesgo de la red, existe un riesgo financiero directo relacionado con el colateral.
- **Riesgo de Desvinculación del USDC:** Durante el colapso de Silicon Valley Bank (SVB), el valor del USDC cayó hasta **\$0.87**. Dado que todo el capital en Polymarket está denominado en USDC, un evento de este tipo erosionaría directamente el valor de todos los fondos mantenidos en la plataforma.

3.3. Riesgo del Oráculo (UMA)

Polymarket utiliza el "Optimistic Oracle" de UMA para la resolución de mercados. Este sistema funciona bajo un ciclo de request-propose-dispute. Si hay una disputa, el resultado se escala al Data Verification Mechanism (DVM), donde los poseedores de tokens UMA votan. Este sistema presenta varias vulnerabilidades.

- **Governance Attacks:** Existe preocupación sobre la concentración del poder de voto, como el caso de un "magnate con el **25% del control de los votos de UMA**", lo que plantea la posibilidad de que un solo actor influya en los resultados.
- **Ambiguous Resolution:** Los mercados con términos mal definidos son vulnerables. El caso del "traje de Zelenskyy" es un ejemplo clave, donde la falta de una definición rigurosa llevó a un resultado controvertido a pesar de que el oráculo funcionó según lo diseñado.
- **Cost of Dishonesty:** El sistema se basa en incentivos económicos (fianzas y *slashing*) para garantizar la honestidad. Los proponentes y disputantes deben depositar fianzas (*bonds*) que pueden perder si actúan de mala fe. Esto demuestra que el riesgo del oráculo no es meramente un problema de liquidación post-operación, sino un requisito crítico de diligencia debida inicial. Cualquier estrategia automatizada debe analizar programáticamente los términos de resolución del mercado en busca de ambigüedad semántica, ya que esto representa una forma no cuantificable de decaimiento del alfa.

3.4. Riesgo Regulatorio

El entorno regulatorio de Polymarket es complejo. Históricamente, la plataforma restringió el acceso a los usuarios de EE. UU. tras un acuerdo con la Commodity Futures Trading Commission (CFTC), en contraste con competidores como Kalshi, que opera como un mercado totalmente regulado por la CFTC. Recientemente, Polymarket ha ejecutado un pivote estratégico para volver a entrar en el mercado estadounidense a través de una asociación de infraestructura con una entidad regulada. Este movimiento crea un modelo regulatorio híbrido que mitiga parte del riesgo directo en EE. UU., pero introduce una dependencia de terceros y no elimina la incertidumbre regulatoria global.

4. Guía de Implementación Técnica

4.1. Introducción: Construyendo el Stack de Trading

Esta sección proporciona un plano técnico para que los ingenieros interactúen con Polymarket de forma programática. Un *stack* de trading eficaz debe ser capaz de consumir datos en tiempo real, ejecutar órdenes con baja latencia y gestionar el estado de la cuenta de forma segura. A continuación se detalla la arquitectura de software recomendada, las fuentes de datos y el modelo de autenticación necesario para la ejecución algorítmica.

4.2. Stack Tecnológico Recomendado

Un *stack* robusto y de alto rendimiento es esencial para implementar con éxito las estrategias descritas. La siguiente configuración multicapa es la recomendada:

- **Lenguaje de Programación:**
- **Python:** El estándar para el análisis cuantitativo y el desarrollo de bots, con librerías como requests y pandas.
- **Acceso a Datos en Tiempo Real:**
- **API de Polymarket (CLOB):** Utilizar Websockets para actualizaciones en tiempo real del libro de órdenes L2 y REST para obtener información estática del mercado.
- **Acceso a Datos Históricos On-Chain:**
- **Indexers:** Emplear servicios como **Goldsky** o **The Graph** para consultar datos de eventos históricos on-chain a través de sus subgraphs.
- **Monitoreo y Observabilidad:**
- **Metrics:** Implementar **Prometheus** para recopilar métricas de rendimiento en tiempo real como órdenes ejecutadas, inventario, exposición neta y Profit and Loss (P&L).

4.3. Arquitectura de Cuentas: Proxy Wallets y Firmas EIP-712

Polymarket utiliza un modelo de abstracción de cuentas que distingue entre la dirección principal del financiador (funder address) y la Proxy Wallet on-chain. La Proxy Wallet es un contrato inteligente que ejecuta operaciones en nombre del usuario, requiriendo que se establezcan permisos (allowances) para que pueda gastar USDC y tokens condicionales. Las órdenes se crean y firman off-chain utilizando el estándar EIP-712, que permite a los usuarios firmar mensajes de datos estructurados. La firma resultante se envía al motor de emparejamiento off-chain de Polymarket. Esta arquitectura permite que la colocación y cancelación de órdenes sean operaciones sin gas, ya que no se transmiten a la blockchain a menos que se ejecuten, optimizando drásticamente los costos y la velocidad.

5. Conclusión y Hoja de Ruta Estratégica

5.1. Síntesis de Estrategias y Riesgos

Este informe ha analizado la infraestructura de microestructura de Polymarket, identificando un cambio fundamental del modelo AMM al CLOB que ha abierto nuevas vías para la generación de alfa algorítmica. Se han detallado cuatro estrategias programáticas, cada una con un perfil único de complejidad técnica, requisitos de capital y riesgo. Los riesgos de infraestructura de Polygon, la desvinculación del USDC, la manipulación de oráculos y la incertidumbre regulatoria son factores críticos que deben ser gestionados activamente.

5.2. Estrategia Más Viable para un Equipo Pequeño

Al evaluar las cuatro estrategias para un equipo de ingeniería pequeño, se deben considerar los siguientes compromisos:

- **Arbitraje Atómico:** Bajo riesgo y determinista, pero las oportunidades son infrecuentes y efímeras.
- **Market Making:** Potencial de retornos consistentes, pero requiere capital significativo, gestión de inventario sofisticada y alto riesgo.
- **Arbitraje Inter-Exchange:** Barrera técnica más baja que el *market making*, con oportunidades verificables, pero requiere gestionar cuentas en diferentes entornos regulatorios y técnicos.
- **Arbitraje por Latencia del Oráculo:** Alto potencial de beneficio, pero es un *exploit* transitorio que conlleva un riesgo significativo y puede ser mitigado. En conclusión, una estrategia enfocada en el **Arbitraje Inter-Exchange**, complementada con un monitoreo oportunista para el **Arbitraje Atómico**, representa el enfoque más equilibrado y escalable. Se recomienda una hoja de ruta de implementación por fases:
 - **Fase 1:** Implementar un script de monitoreo de baja latencia para la condición $\text{Cost(YES)} + \text{Cost(NO)} \neq \1.00 en todos los mercados para capturar el Arbitraje Atómico oportunista.
 - **Fase 2:** Simultáneamente, establecer cuentas y acceso a la API tanto en Polymarket como en Kalshi, enfocándose en construir un *feed* de datos normalizado para las discrepancias de precios inter-exchange.
 - **Fase 3:** Desplegar capital en la estrategia de Arbitraje Inter-Exchange, utilizando los beneficios de la Fase 1 para financiar las posiciones iniciales. Este enfoque por fases minimiza la inversión inicial de capital mientras se valida el *stack* técnico con la estrategia de menor riesgo primero.