



Estrategias de Trading Algorítmico aplicadas a Commodities (Oro, Plata y Petróleo):

Trabajo Fin de Grado

Autor: Eugenio Francés Monedero

Tutor:

Madrid, diciembre 2024



RESUMEN

La evolución tecnológica en los mercados financieros ha transformado radicalmente la manera en que se operan activos como el oro, la plata y el petróleo. En los últimos años, el uso de algoritmos ha permitido la automatización de procesos complejos, redefiniendo las dinámicas tradicionales de inversión y mejorando la eficiencia, velocidad y precisión de las transacciones. Estos sistemas, diseñados para procesar grandes volúmenes de datos en tiempo real, han facilitado la implementación de estrategias detalladas y rápidas, eliminando además el sesgo emocional inherente a las decisiones manuales.

Los algoritmos de trading destacan por su flexibilidad, siendo capaces de adaptarse a diversos estilos de inversión, desde estrategias de largo plazo hasta operaciones de alta frecuencia. Su desempeño se valida mediante simulaciones retrospectivas, conocidas como **backtesting**, que evalúan su eficacia utilizando datos históricos. Este proceso permite identificar posibles debilidades y minimizar riesgos antes de su aplicación en mercados reales.

En este contexto, el mercado de commodities cobra una relevancia especial debido a su alta volatilidad, su sensibilidad a factores externos como eventos geopolíticos y macroeconómicos, y su papel estratégico en la economía global. Activos como el oro, la plata y el petróleo presentan dinámicas únicas que ofrecen tanto desafíos como oportunidades para la implementación de estrategias algorítmicas, especialmente en entornos de alta incertidumbre.

Objetivo del Trabajo

El propósito de este trabajo es analizar el impacto del trading algorítmico en los mercados de commodities, explorando sus aplicaciones específicas en activos como el oro, la plata y el petróleo. A través de un ejemplo práctico, se desarrollará una estrategia basada en indicadores técnicos, particularmente en cruces de medias móviles exponenciales (EMAs), para identificar y aprovechar tendencias en estos mercados. Posteriormente, se evaluará el desempeño de la estrategia mediante un análisis exhaustivo de **backtesting**, utilizando datos históricos comprendidos entre el 12 de diciembre de 2020 y el 20 de octubre de 2024.



El enfoque de este trabajo combina teoría y práctica para ofrecer una visión integral de cómo los algoritmos pueden aprovechar las particularidades de los mercados de commodities, destacando tanto sus ventajas como los retos inherentes a estos activos estratégicos.

Alcance y Relevancia

Este trabajo no solo busca evaluar la eficacia de las estrategias algorítmicas en los mercados de commodities, sino también aportar un marco analítico actualizado que pueda servir como base para futuras investigaciones. En un entorno financiero que en 2024 sigue adaptándose a desafíos globales como la digitalización, las fluctuaciones en las políticas monetarias y los impactos de eventos geopolíticos, este análisis resulta especialmente relevante.

El oro, la plata y el petróleo no solo son esenciales para la economía global, sino que también reflejan las dinámicas de incertidumbre y volatilidad del mercado. Este trabajo propone una metodología para analizar cómo las estrategias algorítmicas pueden aprovechar estas características, proporcionando herramientas prácticas para mejorar la eficiencia y el rendimiento en la gestión de activos en estos mercados estratégicos.

Palabras Clave: Trading Algorítmico, Mercados de Commodities, Automatización Financiera, Backtesting, Algoritmos de Trading, Estrategias de Inversión, Análisis Técnico, Gestión del Riesgo, Volatilidad, Crecimiento Económico, Simulaciones Financieras, Indicadores Técnicos, Tendencias de Mercado, Innovación Tecnológica, Eficiencia en el Mercado.



ABSTRACT

The technological evolution in financial markets has profoundly transformed the way assets like gold, silver, and oil are traded. In recent years, the use of algorithms has enabled the automation of complex processes, redefining traditional investment dynamics while enhancing the efficiency, speed, and precision of transactions. These systems, designed to process large volumes of real-time data, facilitate the execution of detailed and rapid strategies, eliminating the emotional biases inherent in manual decision-making.

Algorithmic trading systems are highly flexible, capable of adapting to a wide range of investment styles, from long-term strategies to high-frequency trading. Their performance is validated through retrospective simulations, known as **backtesting**, which assess their effectiveness using historical data. This process helps identify potential weaknesses and minimize risks before deploying the strategies in live markets.

In this context, commodity markets hold particular significance due to their high volatility, sensitivity to external factors such as geopolitical and macroeconomic events, and strategic role in the global economy. Assets like gold, silver, and oil exhibit unique dynamics that present both challenges and opportunities for implementing algorithmic strategies, especially in periods of heightened uncertainty.

Objective of the Study

The purpose of this study is to analyze the impact of algorithmic trading in commodity markets, focusing specifically on assets like gold, silver, and oil. Through a practical example, this study will develop a strategy based on technical indicators, particularly exponential moving average (EMA) crossovers, to identify and capitalize on trends in these markets. The strategy's performance will subsequently be evaluated through an exhaustive **backtesting** process, using historical data spanning from December 12, 2020, to October 20, 2024.

This study combines theoretical insights with practical applications to provide a comprehensive understanding of how algorithms can leverage the unique characteristics



of commodity markets. It highlights both the advantages and the inherent challenges of trading these strategic assets.

Scope and Relevance

This study not only aims to assess the effectiveness of algorithmic strategies in commodity markets but also seeks to provide an updated analytical framework that can serve as a foundation for future research. In a financial environment that, as of 2024, continues to adapt to global challenges such as digitalization, shifts in monetary policies, and the impacts of geopolitical events, this analysis is particularly relevant.

Gold, silver, and oil are not only critical to the global economy but also reflect the dynamics of market uncertainty and volatility. This work proposes a methodology to analyze how algorithmic strategies can exploit these characteristics, offering practical tools to enhance efficiency and performance in asset management within these strategic markets.

Key Words: Algorithmic Trading, Commodity Markets, Financial Automation, Backtesting, Trading Algorithms, Investment Strategies, Technical Analysis, Risk Management, Volatility, Economic Growth, Financial Simulations, Technical Indicators, Market Trends, Technological Innovation, Market Efficiency



ÍNDICE

1. MARCO TEÓRICO	7
1.1 EL <i>TRADING</i>	7
i. El Horizonte Temporal en el <i>Trading</i>	7
ii. La Temporalidad en el <i>Trading</i>	8
iii. Las Tendencias en el <i>Trading</i>	9
iv. Los Tipos de Análisis en el <i>Trading</i>	12
v. La Gestión del Riesgo en el <i>Trading</i>	14
1.2 EL <i>TRADING</i> ALGORÍTMICO	16
1.2.1 La Importancia del <i>Backtesting</i> en el <i>Trading</i> Algorítmico	17
1.2.2 La Evolución del <i>Trading</i> Algorítmico	18
1.2.3 Los Tipos de Estrategias en el <i>Trading</i> Algorítmico	21
1.2.4 Las Ventajas y Desventajas del <i>Trading</i> Algorítmico respecto del <i>Trading</i> Manual	21
1.3 Commodities y su Relevancia en la Economía Global.....	24
1.3.1 El Rol de las Commodities en la Economía Global	24
1.3.2 Factores que Influyen en los Precios de las Commodities	25
1.3.3 Análisis Específico del Oro, la Plata y el Petróleo	26
1.3.4 La Relación entre Volatilidad y Cruces de EMAs	27
1.4 Estudios Precedentes	28
2. DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA DE <i>TRADING</i> ALGORÍTMICO 30	
2.1 EL OBJETIVO DE LA ESTRATEGIA	30
2.2 LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRATEGIA	31
2.2.1 Tipo de Estrategia	31
2.2.2 Tipo de operaciones	32
2.2.3 Horizonte Temporal	32
2.2.4 Temporalidad	32
2.2.5 Tipo de Análisis.....	32
2.2.6 Gestión de Riesgo	34
2.3 EL FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRATEGIA	34
2.4 LA PROGRAMACIÓN DE LA ESTRATEGIA	35
2.5 LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA ESTRATEGIA	39
2.5.1 Preparación y configuración de los <i>backtests</i>	39
2.5.2 Rendimiento de la estrategia	40



3. CONCLUSIONES	46
4. BIBLIOGRAFÍA	48



1. MARCO TEÓRICO

1.1 EL *TRADING*

El trading es una actividad financiera que consiste en la compraventa de activos como acciones, divisas, materias primas o bonos, con el propósito de generar beneficios mediante la explotación de las fluctuaciones en sus precios (Tee Williams, 2011). Este tipo de actividad ha evolucionado significativamente en los últimos años, impulsada por el desarrollo de tecnologías avanzadas y el acceso masivo a plataformas de negociación.

Existen principalmente dos enfoques operativos en el trading. El primero es la posición larga, que implica la compra de un activo con la expectativa de que su precio aumentará en el futuro, permitiendo su venta posterior a un valor superior. El segundo es la posición corta, que consiste en vender un activo que no se posee, anticipando una caída en su precio, para luego recomprarlo a un costo más bajo y obtener una ganancia en la diferencia.

Los actores involucrados en el trading son variados, desde inversores individuales que operan desde plataformas accesibles hasta instituciones financieras y fondos de inversión que emplean estrategias más sofisticadas. Cada participante utiliza enfoques específicos que se adaptan a sus objetivos, niveles de riesgo y horizontes temporales de inversión.

i. El Horizonte Temporal en el *Trading*

El horizonte temporal en el trading se refiere al período durante el cual un trader mantiene abierta una posición en un activo antes de cerrarla. Este define las estrategias utilizadas y se clasifica en tres categorías principales: corto, medio y largo plazo.

En el corto plazo, como en el scalping o trading intradía, las operaciones duran desde segundos hasta un día y buscan aprovechar pequeños movimientos de precio. En el medio plazo, conocido como swing trading, las posiciones permanecen abiertas días o semanas, capturando tendencias temporales. En el largo plazo, el position trading implica mantener posiciones durante meses o años, enfocándose en grandes movimientos del mercado.



La elección del horizonte temporal depende de factores como la disponibilidad para monitorear las operaciones, el riesgo asumido y los objetivos del trader, siendo un aspecto clave en la definición de cualquier estrategia.

Tabla 1. Horizontes temporales del trading

Estilo de Trading	Periodo de tiempo	Tipo de operaciones	Observaciones
Trading de Posiciones	Largo Plazo	<ul style="list-style-type: none">- Las operaciones pueden durar meses o años.- Se enfocan en grandes tendencias, ignorando pequeñas fluctuaciones.	Este estilo se asemeja a la inversión tradicional, pero se diferencia en que aprovecha tendencias a largo plazo en lugar de mantener los activos indefinidamente.
Swing Trading	Medio plazo	<ul style="list-style-type: none">- Operaciones que duran más de un día o semanas.- Su objetivo es captar tendencias a corto plazo.	Este estilo no exige supervisión constante, lo que lo hace preferido por algunos perfiles de traders.
Trading Intradía	Corto plazo	<ul style="list-style-type: none">- Operaciones que se abren y cierran el mismo día.- Enfocadas en movimientos pequeños y rápidos.	Requiere dedicación para monitorear los mercados durante el día y es ideal para evitar riesgos fuera del horario de trading.
Scalping	Muy corto plazo	<ul style="list-style-type: none">- Operaciones de segundos a minutos.- Orientadas a obtener pequeñas ganancias frecuentes.	Este estilo exige decisiones rápidas en tiempo real y un monitoreo constante del mercado, siendo ideal para traders experimentados con alta capacidad de reacción.

Fuente: Elaboración propia

ii. La Temporalidad en el Trading

La temporalidad en el trading hace referencia a los diferentes intervalos de tiempo que se utilizan para analizar los movimientos de precios en los mercados financieros. Cada uno



de estos intervalos tiene un propósito definido y aporta una perspectiva particular que influye directamente en el análisis y la toma de decisiones estratégicas.

Tabla 2. Temporalidad en el trading

Intervalo de Tiempo	Tipo de Trader	Propósito	Ventajas	Desventajas
1–5 minutos	<i>Traders Intradía y Scalpers</i>	Movimientos a corto plazo, identificación de patrones	Detalles precisos en movimientos de precios a corto plazo	Ruido en la información, volatilidad extrema, posibles señales falsas
15 minutos	<i>Traders a Medio Plazo</i>	Aprovechamiento de tendencias a medio plazo	Perspectiva más amplia que los intervalos cortos	Señales más lentas para detectar cambios de tendencia
Diario	Inversores a Largo Plazo	Identificación de tendencias a largo plazo	Menos afectado por ruido del mercado a corto plazo	Pocos detalles sobre movimientos a corto plazo
Semanal	Inversores a Largo Plazo	Confirmación de tendencias a largo plazo	Filtra aún más el ruido, útil para decisiones semanales	Menor agilidad para ajustar estrategias

Fuente: Elaboración propia

iii. Las Tendencias en el *Trading*

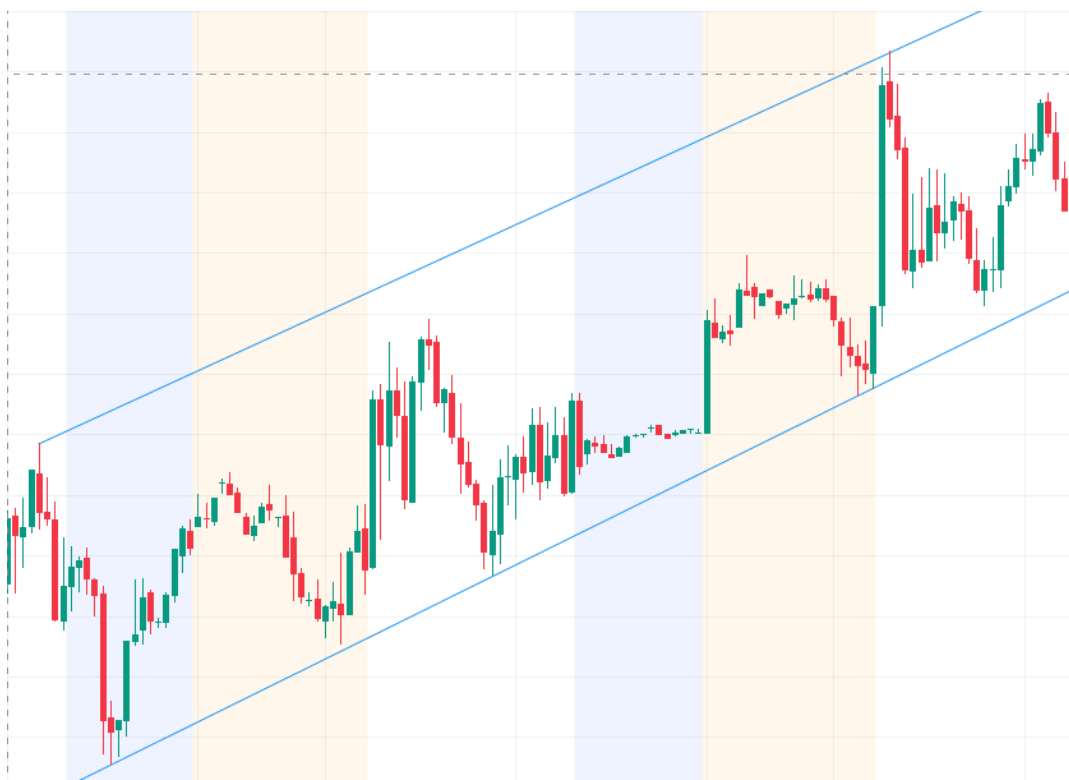
En los mercados financieros, las tendencias indican la dirección predominante en la que se mueve el precio de un activo durante un periodo. Estas surgen de la interacción entre la oferta y la demanda, además de factores económicos y psicológicos. Según Graus y Martín (2018), los mercados suelen continuar en la misma dirección antes de revertirse,



lo que refuerza la importancia de identificarlas. Existen tres tipos principales de tendencias, cada una con implicaciones específicas para las estrategias de trading.

- **Tendencia Alcista (*Bullish*):** Se caracteriza por un movimiento sostenido al alza en los precios, marcado por máximos y mínimos ascendentes. Refleja un mercado optimista, donde los inversores anticipan un incremento continuo en el valor de los activos, lo que indica fortaleza en la dinámica del mercado.

Imagen 1. Ejemplo de tendencia alcista



Fuente: TradingView

- **Tendencia Bajista (*Bearish*):** Los precios presentan un descenso constante, caracterizado por máximos y mínimos cada vez más bajos. Este comportamiento refleja un sentimiento pesimista entre los inversores, quienes anticipan una caída prolongada en los precios, indicando una clara debilidad en el mercado.



Imagen 2. Ejemplo de tendencia bajista



Fuente: TradingView

- **Tendencia Lateral** (Flat o Rango): Los precios oscilan dentro de un rango horizontal, sin mostrar una dirección clara hacia el alza o la baja. Estas fluctuaciones se limitan por niveles definidos de soporte y resistencia, y suelen interpretarse como un período de consolidación antes de un posible cambio en la tendencia predominante.

Imagen 3. Ejemplo de lateralidad



Fuente: TradingView



iv. Los Tipos de Análisis en el *Trading*

Para tomar decisiones fundamentadas en el trading, se llevan a cabo análisis que recopilan y procesan información clave sobre el comportamiento y las perspectivas de los activos financieros. Estos análisis constituyen la base sobre la que los traders desarrollan estrategias efectivas para operar en los mercados. Los dos enfoques más comunes y ampliamente utilizados son el análisis técnico y el análisis fundamental.

Análisis Técnico

El análisis técnico es una disciplina clave en los mercados financieros que se centra en el estudio detallado de los patrones de precios y el comportamiento histórico de los activos. Parte de la premisa de que el precio de un activo ya incorpora toda la información relevante, incluidos eventos pasados y expectativas futuras, lo que permite a los traders analizar los movimientos del mercado y anticipar posibles direcciones futuras. Este enfoque es ampliamente utilizado debido a su versatilidad y aplicabilidad en una variedad de horizontes temporales y clases de activos.

Herramientas del Análisis Técnico

Los analistas técnicos utilizan gráficos como los de velas japonesas, barras y líneas, los cuales ofrecen representaciones visuales de la evolución de los precios a lo largo del tiempo. Estos gráficos permiten identificar patrones recurrentes, como triángulos, dobles suelos o techos, y figuras de consolidación, que suelen preceder cambios importantes en las tendencias del mercado.

Además, los indicadores técnicos juegan un papel fundamental en este análisis. Herramientas como el promedio móvil (SMA o EMA) ayudan a suavizar las fluctuaciones de precios y destacar la dirección general de una tendencia. Otros indicadores, como el Índice de Fuerza Relativa (RSI) o el MACD (Convergencia/Divergencia de Medias Móviles), proporcionan señales sobre el momento y la fuerza del mercado, permitiendo a los traders tomar decisiones más fundamentadas.

Soporte, Resistencia y Volumen



Un aspecto crucial del análisis técnico es el uso de niveles de soporte y resistencia. Los niveles de soporte actúan como un "piso" donde los precios tienden a detener su caída debido al aumento de la demanda, mientras que los niveles de resistencia funcionan como un "techo" donde la presión de venta puede frenar el alza de los precios. Estos niveles son clave para identificar puntos de entrada y salida en las operaciones.

El volumen de negociación es otra variable esencial. Según Martínez Morales (2013), los cambios en el volumen pueden confirmar o invalidar las señales generadas por otros indicadores. Por ejemplo, un movimiento de precio respaldado por un volumen creciente es más confiable que uno con bajo volumen, ya que indica un mayor interés y participación del mercado.

Aplicaciones y Beneficios

El análisis técnico ofrece una metodología estructurada para anticipar movimientos futuros de precios y facilita la toma de decisiones estratégicas en función de patrones históricos y datos de precios. Es especialmente útil para traders de corto plazo y aquellos que buscan capitalizar en movimientos rápidos del mercado. Sin embargo, su aplicabilidad no se limita a plazos cortos, ya que también es relevante para inversores de medio y largo plazo que buscan identificar tendencias generales o momentos clave para entrar o salir del mercado.

Limitaciones y Consideraciones

A pesar de sus ventajas, el análisis técnico no es infalible. Está basado en datos históricos, lo que significa que no puede garantizar resultados futuros. Además, su interpretación puede variar entre traders, lo que introduce subjetividad en la toma de decisiones. Para maximizar su efectividad, se recomienda combinar el análisis técnico con otras herramientas, como el análisis fundamental o modelos algorítmicos, para obtener una visión más completa del mercado.

En resumen, el análisis técnico es una herramienta poderosa y ampliamente utilizada en los mercados financieros. Ofrece a los traders una forma sistemática de analizar patrones históricos y predecir movimientos futuros, siendo un pilar fundamental en la construcción de estrategias de trading efectivas.



Análisis Fundamental

El análisis fundamental se diferencia del análisis técnico al centrarse en factores económicos, financieros y empresariales que influyen en el valor intrínseco de un activo financiero. Según Padilla (2012), este enfoque evalúa inversiones basándose en datos económicos y financieros para identificar el valor real de un activo, como acciones, a través de métricas clave como ingresos, ganancias, deuda y proyecciones futuras de la empresa.

El núcleo del análisis fundamental es el estudio detallado de los informes financieros de una empresa, como el balance general, el estado de resultados y el flujo de efectivo, que proporcionan una comprensión clara de su salud económica. Además, este enfoque incluye el análisis de factores macroeconómicos como tasas de interés, inflación, crecimiento del PIB y niveles de empleo, que pueden tener un impacto significativo en los mercados.

Otro aspecto crucial del análisis fundamental son los eventos y noticias. Anuncios de resultados corporativos, cambios en las políticas gubernamentales, eventos geopolíticos y otros desarrollos pueden alterar significativamente la percepción del valor de los activos. Los traders fundamentales utilizan esta información para identificar oportunidades en activos que perciben como infravalorados o sobrevalorados.

El objetivo principal del análisis fundamental, como explica Betancur (2016), es determinar el valor intrínseco de un activo, es decir, su valor verdadero basado en sus fundamentos. Esta evaluación permite a los traders tomar decisiones estratégicas de compra o venta tanto a corto como a largo plazo, maximizando oportunidades en función de las perspectivas de crecimiento y la alineación del precio del activo con su valor real. En este sentido, el análisis fundamental proporciona una visión integral que trasciende los movimientos de precio, permitiendo una comprensión más profunda de los mercados y sus dinámicas subyacentes.

v. La Gestión del Riesgo en el *Trading*



La gestión de riesgos es un pilar esencial para garantizar el éxito de cualquier estrategia de trading, ya que permite controlar posibles pérdidas. La ausencia de una adecuada gestión del riesgo puede llevar al fracaso de una estrategia ante cualquier desviación del plan inicial. Entre los métodos más comunes para minimizar el riesgo se encuentran:

- **Diversificación:** Repartir el capital entre diferentes activos financieros ayuda a reducir la exposición a riesgos específicos, disminuyendo el impacto negativo de un mal desempeño en un solo instrumento.
- **Adecuada Liquidez:** Elegir activos con un alto nivel de liquidez es crucial para garantizar la ejecución eficiente de las operaciones y minimizar el riesgo de deslizamientos de precio. Los activos líquidos facilitan la entrada y salida del mercado sin contratiempos.
- **Plan de Contingencia:** Contar con un plan estructurado para afrontar imprevistos como fallos técnicos, eventos extremos del mercado o cambios regulatorios es vital. Este plan define acciones concretas para proteger la cartera y mitigar riesgos en escenarios adversos.
- **Uso de Stop-Loss:** Una herramienta clave en la gestión de riesgos, el stop-loss fija un precio específico en el que se cerrará automáticamente una posición para limitar pérdidas si el mercado evoluciona en contra. El stop-loss dinámico, por su parte, ajusta este límite conforme el precio del activo se mueve a favor del trader, ofreciendo una mayor flexibilidad y protección.

Imagen 4. Ejemplo de una orden con un stop-loss dinámico



Fuente: TradingView



1.2 EL *TRADING* ALGORÍTMICO

El trading algorítmico, también denominado trading automatizado, es una disciplina que se enfoca en desarrollar algoritmos para ejecutar automáticamente órdenes de compra y venta de activos financieros en los mercados.

A diferencia del trading manual, el trading algorítmico destaca por su capacidad para procesar grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real (Chen y Kaboudan, 2018). Este procesamiento masivo permite identificar patrones, tendencias y correlaciones en los mercados que podrían ser imperceptibles para un operador humano debido a la rapidez y complejidad de la información.

Los algoritmos están diseñados para implementar estrategias específicas, como la identificación de patrones técnicos, la detección de tendencias de mercado, el aprovechamiento de discrepancias de precios o el uso de modelos de aprendizaje automático para predecir movimientos futuros. Estas estrategias se fundamentan en reglas claras y precisas, permitiendo a los algoritmos ejecutar operaciones de manera automática cuando se cumplen las condiciones establecidas.

Entre las plataformas más utilizadas para el trading automatizado se encuentran **TradingView**, **MetaTrader** y **NinjaTrader**, que proporcionan entornos integrales para la creación de estrategias automatizadas. Estas plataformas están diseñadas para facilitar el desarrollo de algoritmos personalizados y ofrecen lenguajes de programación específicos como PineScript en TradingView, MQL en MetaTrader y NinjaScript en NinjaTrader.

Además, estas herramientas brindan acceso a datos de mercado en tiempo real y a históricos, lo que resulta esencial para realizar análisis detallados y ejecutar backtesting, un proceso clave para evaluar el desempeño de las estrategias antes de aplicarlas en condiciones de mercado reales.



1.2.1 La Importancia del *Backtesting* en el *Trading* Algorítmico

El **backtesting** es un componente fundamental en el desarrollo de estrategias de trading algorítmico, ya que permite probar su desempeño utilizando datos históricos. Este proceso es crucial para evaluar cómo habría funcionado una estrategia bajo condiciones pasadas del mercado, proporcionando información clave para ajustar y optimizar el algoritmo antes de implementarlo en tiempo real. Realizar un backtesting efectivo ayuda a reducir riesgos y mejorar la confiabilidad de las estrategias en entornos reales. Los pasos principales del proceso son los siguientes:

1. **Selección de Datos:** Se recopilan datos históricos relevantes para la estrategia, incluyendo precios, volúmenes de negociación y otros indicadores clave. Es fundamental garantizar que los datos sean precisos y representativos del mercado objetivo para obtener resultados fiables.
2. **Programación del Algoritmo:** Se diseña y programa el algoritmo de trading de acuerdo con las reglas y parámetros establecidos en la estrategia. Este algoritmo utilizará los datos históricos para simular decisiones de compra o venta en diferentes momentos del pasado.
3. **Ejecución del Algoritmo:** El algoritmo se ejecuta utilizando los datos históricos seleccionados. En esta etapa, se generan las órdenes de compra o venta según las condiciones predefinidas, replicando el comportamiento que tendría en un entorno de mercado real.
4. **Análisis del Rendimiento:** Se evalúa el desempeño de la estrategia a través de métricas clave como:
 - **Beneficio Neto:** Muestra la ganancia total tras descontar pérdidas y costos.
 - **Índice de Sharpe:** Mide el rendimiento ajustado al riesgo de la estrategia.
 - **Drawdown Máximo:** Indica la mayor caída desde un pico hasta un valle en el valor de la cartera.
 - **Factor de Beneficio:** Relación entre las ganancias totales y las pérdidas totales, indicando si la estrategia es rentable.



Tabla 3. Métricas para evaluar una estrategia de trading.

Beneficio neto	El beneficio neto refleja la ganancia total generada por la estrategia tras deducir todas las pérdidas y costos asociados.
Ratio de Sharpe	El índice de Sharpe evalúa el rendimiento ajustado al riesgo de una estrategia, indicando cuánto retorno adicional se obtiene por cada unidad de riesgo asumido. Un valor más elevado refleja un mejor rendimiento relativo al riesgo. Por lo general, un índice de Sharpe superior a 1 se considera positivo.
Drawdown Máximo	El Max Drawdown representa la mayor caída en el valor de una cartera desde un pico hasta un valle antes de alcanzar un nuevo máximo. Este indicador es clave para medir el riesgo máximo asumido durante un periodo determinado.
Factor de Beneficio	El factor de beneficio es una métrica que compara las ganancias brutas con las pérdidas brutas de una estrategia. Un valor superior a 1 indica que la estrategia es rentable, mientras que un valor inferior a 1 refleja que no genera beneficios netos.

Fuente: elaboración propia

1.2.2 La Evolución del *Trading* Algorítmico

1. Década de 1970 - 1980: Los inicios

El **trading algorítmico** tuvo sus inicios en la década de 1970 y principios de la de 1980, impulsado por la llegada de los primeros ordenadores al sector financiero. Estos avances tecnológicos permitieron a los traders automatizar procesos que previamente se realizaban de forma manual. Las primeras estrategias se enfocaron en la automatización básica de órdenes de compra y venta mediante software sencillo, lo que mejoró significativamente la eficiencia y precisión en la ejecución de operaciones en comparación con los métodos tradicionales.



2. Década de 1990: Uso generalizado de los algoritmos

La década de 1990 supuso un punto clave en la evolución del **trading algorítmico**, marcada por la adopción generalizada de redes electrónicas de comunicación (ECN). Según Stoll (2006), estas redes permitieron a los traders acceder a los mercados de manera electrónica, eliminando la necesidad de intermediarios humanos. Esto no solo incrementó la eficiencia operativa, sino que también redujo significativamente los costos de transacción.

Durante este periodo, el enfoque del trading algorítmico evolucionó de la simple automatización de órdenes a la implementación de estrategias integrales. Este avance diversificó las aplicaciones del trading automatizado, ampliando sus posibilidades y adaptándolo a distintos estilos y objetivos en los mercados financieros.

3. Años 2000: Auge de la alta frecuencia

La década de 2000 marcó el auge del **trading de alta frecuencia (HFT)**, una especialización dentro del trading algorítmico caracterizada por la ejecución extremadamente rápida y masiva de órdenes en fracciones de segundo (Cvitanic y Kirilenko, 2010). Los operadores de HFT aprovechan la velocidad extrema para identificar y capitalizar oportunidades en el mercado, realizando un elevado volumen de operaciones en lapsos muy breves.

Es crucial destacar que el HFT es una subcategoría del trading algorítmico. Mientras que el trading algorítmico abarca todas las estrategias automatizadas mediante algoritmos, el HFT se enfoca específicamente en algoritmos diseñados para operar a velocidades extraordinarias y con una frecuencia muy alta (Cartea y Penalva, 2015).

Durante este periodo, los avances tecnológicos fueron determinantes. Las empresas dedicadas al HFT realizaron importantes inversiones en infraestructura de alta velocidad y conexiones directas a los mercados, lo que les permitió ganar ventaja competitiva. Como resultado, el HFT se consolidó como un componente esencial en los mercados financieros, especialmente en los mercados de valores, transformando profundamente su dinámica y funcionamiento.



4. Década de 2010: Mayor sofisticación y regulación

Durante la década de 2010, las estrategias de **trading algorítmico** alcanzaron un mayor nivel de sofisticación. Tecnologías avanzadas como el aprendizaje automático y el análisis de datos masivos (big data) comenzaron a integrarse, permitiendo a los algoritmos tomar decisiones más precisas y adaptarse mejor a las condiciones cambiantes del mercado. Estas innovaciones no solo mejoraron la eficiencia operativa, sino que también ampliaron las posibilidades de análisis y predicción en los mercados financieros.

Sin embargo, el crecimiento del trading algorítmico trajo consigo preocupaciones sobre la estabilidad del mercado y la equidad en las operaciones. Según Coombs (2016), los reguladores empezaron a implementar medidas específicas para abordar estos desafíos. Estas incluyeron normativas destinadas a preservar la integridad del mercado y a prevenir prácticas perjudiciales, como el abuso de velocidad o el uso indebido de algoritmos para manipular precios. Este período marcó un equilibrio entre la innovación tecnológica y la necesidad de regulación para garantizar un entorno financiero más seguro y justo.

5. Actualidad: Continua evolución y expansión

En la actualidad, el **trading algorítmico** sigue en constante evolución, impulsado por el avance de tecnologías como la inteligencia artificial, que permite desarrollar algoritmos más sofisticados y adaptativos. Estas innovaciones han ampliado el alcance del trading automatizado a diversas clases de activos, incluyendo acciones, futuros, opciones, divisas y criptomonedas, consolidándolo como una herramienta clave en los mercados financieros modernos.

El desarrollo del trading algorítmico ha estado marcado por la búsqueda de mayor eficiencia y la creciente competencia en los mercados. Los avances tecnológicos han mejorado no solo la precisión y velocidad de las estrategias, sino también su capacidad para responder dinámicamente a condiciones cambiantes. En este contexto, el trading algorítmico desempeña un papel cada vez más relevante en la toma de decisiones, transformando la manera en que se analiza, opera y participa en los mercados globales.



1.2.3 Los Tipos de Estrategias en el *Trading* Algorítmico

En el **trading manual**, muchas estrategias se basan en decisiones subjetivas y en la capacidad del trader para interpretar eventos inesperados, lo que las hace menos adecuadas para la automatización. Sin embargo, existen diversas estrategias objetivas con reglas claras y definidas que son ideales para su implementación en algoritmos. Algunas de las más utilizadas en el trading algorítmico son:

- **Market Making:** Estrategia continua que busca obtener beneficios del spread entre los precios de compra y venta. Esta técnica, generalmente de alta frecuencia (HFT), se utiliza para mantener la liquidez en el mercado y generar ganancias a partir de pequeñas variaciones en los precios.
- **Trend Following:** Se centra en identificar y seguir tendencias del mercado, ya sean alcistas o bajistas. Basada en el análisis técnico, esta estrategia busca aprovechar movimientos sostenidos en una dirección, maximizando las oportunidades que ofrece la continuidad de una tendencia.
- **Arbitraje:** Consiste en explotar las discrepancias de precios entre activos o mercados relacionados. Requiere una ejecución extremadamente rápida, ya que estas diferencias suelen corregirse en cortos períodos. Es comúnmente utilizada en estrategias de alta frecuencia (HFT).
- **Pairs Trading:** Analiza pares de activos correlacionados, ejecutando operaciones en base a divergencias temporales en sus precios. El objetivo es beneficiarse de la convergencia de precios de activos que históricamente han mostrado una relación consistente.

1.2.4 Las Ventajas y Desventajas del *Trading* Algorítmico respecto del *Trading* Manual

En la actualidad, aproximadamente el 70% de las operaciones globales en los mercados financieros se realizan de forma automatizada (Cofnas, 2016). Esta transición hacia la automatización se debe a las ventajas significativas que ofrecen los algoritmos, tales como:



Tabla 4. Lista de ventajas del trading algorítmico.

Gestión de Riesgos
<ul style="list-style-type: none">• Establecimiento de límites: Los algoritmos pueden definir límites precisos para minimizar pérdidas significativas, protegiendo el capital invertido.• Decisiones basadas en volatilidad: Automatizan la salida de posiciones según los niveles de volatilidad, asegurando una reacción rápida ante condiciones adversas del mercado.• Ajustes dinámicos: Adaptan de manera automática los límites y estrategias en función de las condiciones cambiantes del mercado, optimizando el rendimiento y reduciendo riesgos.
Velocidad y Eficiencia
<ul style="list-style-type: none">• Ejecución en milisegundos: Los algoritmos permiten aprovechar oportunidades de mercado de forma inmediata, ejecutando operaciones en tiempos extremadamente cortos.• Optimización de órdenes: Ajustan automáticamente los tamaños de las órdenes, reduciendo el impacto en el mercado y mejorando la eficiencia operativa.• Operatividad continua: Funcionan de manera ininterrumpida las 24 horas, capturando oportunidades en diferentes zonas horarias sin necesidad de intervención humana.
Precisión
<ul style="list-style-type: none">• Ejecución precisa: Los algoritmos aplican reglas predefinidas de manera exacta, eliminando errores humanos y asegurando consistencia en las operaciones.• Decisiones objetivas: Eliminan el impacto de las emociones en el trading, manteniendo un enfoque completamente lógico y estratégico.
Análisis Complejo
<ul style="list-style-type: none">• Análisis en tiempo real: Procesan grandes cantidades de datos en tiempo real, permitiendo análisis detallados y precisos.• Detección avanzada: Emplean algoritmos sofisticados para identificar patrones y oportunidades que podrían pasar desapercibidos para un operador humano.
Diversificación y Multitarea
<ul style="list-style-type: none">• Multiactivos: Los algoritmos pueden operar simultáneamente en múltiples activos y clases de activos, maximizando las oportunidades de mercado.• Diversificación automática: Distribuyen inversiones de forma eficiente entre diferentes sectores y geografías, optimizando la gestión de la cartera.• Reducción de riesgos: Al operar en varios mercados, disminuyen la exposición a riesgos específicos y mejoran la diversificación global.

Fuente: Elaboración propia



La transición hacia la automatización en el trading ha traído numerosos beneficios, pero también ha planteado desventajas y desafíos significativos que no deben ignorarse. A pesar de su popularidad, un número considerable de traders continúa utilizando estrategias manuales debido a las siguientes razones:

Tabla 5. Lista de desventajas del trading algorítmico.

Complejidad Técnica
<ul style="list-style-type: none">• Requisitos técnicos elevados: El desarrollo de algoritmos eficientes requiere habilidades avanzadas en programación, estadísticas y finanzas, lo que limita su accesibilidad.• Barreras de entrada: La complejidad técnica puede ser un obstáculo para traders sin experiencia en programación o análisis estadístico especializado.
Dependencia de la Tecnología
<ul style="list-style-type: none">• Dependencia tecnológica: El trading algorítmico depende en gran medida de la tecnología, lo que lo hace susceptible a fallos técnicos.• Riesgo de interrupciones: Problemas como fallas en la conectividad o errores en los sistemas pueden provocar pérdidas significativas por ejecuciones incorrectas o la imposibilidad de operar.
Adaptabilidad a Condiciones Cambiantes
<ul style="list-style-type: none">• Limitaciones en adaptabilidad: Los algoritmos pueden tener dificultades para ajustarse a condiciones de mercado inusuales, en contraste con los traders humanos, que pueden modificar sus estrategias rápidamente.• Falta de flexibilidad: Su naturaleza predefinida puede hacer que los algoritmos no respondan de manera eficiente a eventos extraordinarios que exigen decisiones rápidas y adaptativas.
Costos Asociados
<ul style="list-style-type: none">• Altos costos de desarrollo: La creación y mantenimiento de algoritmos efectivos requiere inversiones considerables en programadores y analistas especializados.• Barreras económicas: El acceso a plataformas de trading algorítmico y datos de mercado en tiempo real incrementa los costos, dificultando la entrada para traders con recursos limitados.

Fuente: Elaboración propia

Las conclusiones presentadas en las tablas 3 y 4 se fundamentan en el análisis de los trabajos de Pauna (2016), Syamala y Wadhwa (2020), Reznik y Pankratova, y Culley (2020), cuyos estudios han servido como base teórica y práctica para evaluar los resultados expuestos.



1.3 Commodities y su Relevancia en la Economía Global

Las commodities son bienes básicos que forman la base de las economías globales. Estos productos, intercambiados en mercados internacionales, se dividen en dos grandes categorías: **soft commodities**, como productos agrícolas, y **hard commodities**, que incluyen metales y recursos energéticos. En este Trabajo de Fin de Grado (TFG), el análisis se centrará en las hard commodities, específicamente en el oro, la plata y el petróleo, debido a su importancia económica, su sensibilidad a factores macroeconómicos y geopolíticos, y su relevancia como activos financieros en los mercados globales.

Las commodities son esenciales tanto para la industria como para la inversión. Mientras que el oro y la plata tienen un doble propósito como activos de refugio y recursos industriales, el petróleo desempeña un papel central como fuente primaria de energía. La dinámica de precios de estos productos está influenciada por una combinación de oferta, demanda, políticas monetarias, eventos geopolíticos y volatilidad del mercado, lo que los convierte en un foco de análisis indispensable.

1.3.1 El Rol de las Commodities en la Economía Global

Las commodities son bienes homogéneos que actúan como materias primas para la producción de bienes y servicios. La estandarización de estos productos permite su intercambio en mercados globales, donde su precio está determinado por las fuerzas de oferta y demanda. El oro, la plata y el petróleo tienen una importancia estratégica que los distingue de otras commodities:

- **El oro** es considerado un refugio seguro en tiempos de incertidumbre económica y geopolítica. Su valor intrínseco y su función como reserva de valor lo convierten en un activo de alta demanda en momentos de crisis.
- **La plata** combina su papel como metal precioso con un uso industrial significativo, especialmente en la tecnología y la energía renovable.
- **El petróleo** es fundamental para la economía mundial debido a su papel como fuente principal de energía. Su volatilidad refleja los cambios en la oferta y la demanda globales, así como la influencia de eventos geopolíticos.



Estas commodities no solo tienen un impacto en los mercados financieros, sino también en la vida cotidiana, ya que determinan el costo de energía, bienes de consumo y servicios esenciales.

1.3.2 Factores que Influyen en los Precios de las Commodities

Los precios de las commodities están sujetos a una combinación de factores económicos, geopolíticos y de mercado. Comprender estos elementos es esencial para analizar su comportamiento y predecir tendencias.

Oferta y Demanda

La oferta de commodities como el oro y la plata está determinada principalmente por la capacidad de producción minera de países como China, Australia, Rusia y Sudáfrica. En el caso del petróleo, la oferta está dominada por los principales exportadores, incluidos los países de la OPEP y Estados Unidos. Factores como huelgas, restricciones regulatorias y desastres naturales pueden limitar la oferta, generando aumentos significativos en los precios.

Por otro lado, la demanda de estas commodities está influenciada por el crecimiento económico global. La industrialización en mercados emergentes, el desarrollo de tecnologías verdes y la expansión de la movilidad eléctrica son ejemplos de cómo la demanda puede variar según los ciclos económicos y tecnológicos.

Factores Geopolíticos

Los eventos geopolíticos tienen un impacto directo en los precios de las commodities, especialmente en tiempos de conflicto o incertidumbre. Ejemplos históricos incluyen:

- **La Guerra del Golfo (1990):** El precio del petróleo Brent aumentó un 130% en pocos meses debido al riesgo de interrupciones en el suministro desde Medio Oriente.
- **Crisis de Crimea (2014):** Las tensiones entre Rusia y Ucrania provocaron un aumento en el precio del oro, ya que los inversores buscaron refugio en activos seguros.



- **Pandemia del COVID-19 (2020):** Mientras que el precio del petróleo cayó a niveles históricos debido a la disminución de la demanda, el oro alcanzó máximos históricos al convertirse en el activo preferido durante la crisis.

Políticas Monetarias y el Valor del Dólar

El dólar estadounidense, como moneda de referencia para el comercio de commodities, tiene una relación inversa con los precios de estas. Cuando el dólar se fortalece, las commodities denominadas en esta moneda se encarecen para los compradores internacionales, lo que reduce su demanda y presiona los precios a la baja. Por el contrario, un dólar débil impulsa los precios al hacer más asequibles estas materias primas.

Además, las políticas monetarias de los bancos centrales influyen significativamente en los metales preciosos. En entornos de tasas de interés bajas, los activos no generadores de intereses, como el oro y la plata, se vuelven más atractivos para los inversores.

- **Innovación y Sostenibilidad**

La transición hacia tecnologías más limpias y sostenibles está aumentando la demanda de commodities como la plata, utilizada en la fabricación de paneles solares, y el litio, esencial para baterías de vehículos eléctricos. Aunque este trabajo no aborda el litio, es relevante mencionar cómo los cambios tecnológicos están remodelando los mercados de commodities.

- **Volatilidad y Dinámicas del Mercado**

La volatilidad es una característica intrínseca de las commodities. Eventos inesperados, como desastres naturales, pandemias o decisiones políticas, generan fluctuaciones abruptas en sus precios. Estas oscilaciones presentan tanto riesgos como oportunidades para inversores y traders.

1.3.3 Análisis Específico del Oro, la Plata y el Petróleo

El Oro

El oro es un metal precioso que ha servido históricamente como reserva de valor y refugio seguro. Su precio está determinado por una combinación de factores macroeconómicos, como la inflación, las tasas de interés y las decisiones de política monetaria. Durante la



crisis financiera de 2008, el precio del oro aumentó más del 30% en respuesta a la incertidumbre global.

La Plata

Aunque la plata comparte algunas características con el oro, su mayor volatilidad proviene de su amplia demanda industrial. Sectores como la electrónica, la energía renovable y la automoción dependen de la plata, lo que la hace más sensible a los ciclos económicos. En 2021, el auge de las tecnologías verdes impulsó su precio debido a la creciente demanda para paneles solares.

El Petróleo

El petróleo es la commodity más volátil debido a su dependencia de factores externos. Las decisiones de producción de la OPEP, las tensiones en regiones clave como Medio Oriente y los cambios en la demanda global afectan directamente su precio. Durante la pandemia del COVID-19, el precio del petróleo WTI alcanzó valores negativos por primera vez en la historia debido al colapso de la demanda y la acumulación de inventarios.

1.3.4 La Relación entre Volatilidad y Cruces de EMAs

La volatilidad de las commodities crea el entorno perfecto para el uso de herramientas técnicas como los cruces de medias móviles exponenciales (EMAs). Estas herramientas son particularmente útiles para identificar tendencias claras en mercados volátiles:

- Un cruce alcista de EMAs en el oro puede señalar el inicio de una tendencia alcista durante una crisis económica o geopolítica.
- Un cruce bajista en el petróleo podría indicar un exceso de oferta tras un anuncio de aumento de producción por parte de la OPEP.

Los cruces de EMAs suavizan las fluctuaciones de precios, destacando las tendencias subyacentes, y son especialmente sensibles a los movimientos recientes, lo que los hace ideales para operar en mercados de alta volatilidad.



1.4 Estudios Precedentes

Para este Trabajo de Fin de Grado (TFG), exploramos cómo los cruces de medias móviles exponenciales (EMAs) pueden ser una herramienta eficaz para aprovechar la volatilidad en los precios del oro, la plata y el petróleo. Nos apoyamos en dos estudios clave que muestran cómo la volatilidad derivada de estos eventos puede transformarse en señales concretas y efectivas mediante el uso de los cruces de EMAs.

1. Artículo: "Cruce de Medias Móviles: ¿Qué es y cómo utilizarlo?" (Guía Trading)
Este artículo proporciona una explicación detallada sobre el uso de cruces de medias móviles en los mercados financieros, destacando su utilidad para identificar tendencias y generar señales de compra o venta. Además, el texto subraya que estas herramientas técnicas resultan especialmente eficaces en entornos de alta volatilidad. Durante períodos de fluctuaciones significativas en los precios, los cruces de EMAs permiten a los traders captar movimientos sustanciales y aprovechar tendencias claras.

Conclusión del estudio:

"Los cruces de medias móviles proporcionan señales más confiables en mercados volátiles, ya que estas condiciones amplifican las tendencias subyacentes, permitiendo a los traders capturar movimientos significativos en los precios."

Esta conclusión resulta particularmente relevante para el presente trabajo, ya que refuerza la idea de que la volatilidad, frecuentemente vinculada a eventos económicos o geopolíticos, puede actuar como un catalizador para la generación de oportunidades de trading basadas en cruces de EMAs.

2. Estudio: "Time-frequency co-movements between commodities and economic policy uncertainty across different crises" (Elsevier)

En este estudio, los autores analizan cómo la volatilidad en los mercados de commodities está estrechamente relacionada con eventos de incertidumbre económica y crisis geopolíticas. Ejemplos recientes, como la crisis del COVID-19 o tensiones internacionales, han demostrado que estos eventos generan movimientos abruptos en los precios de las materias primas. Estas oscilaciones ofrecen un contexto ideal para la aplicación de estrategias técnicas que se beneficien de las tendencias generadas por esta volatilidad.



Conclusión del estudio:

"La volatilidad impulsada por eventos geopolíticos o incertidumbre económica genera cambios abruptos en los precios de las commodities, creando oportunidades para capturar tendencias a corto plazo mediante herramientas técnicas como las medias móviles."

Este análisis complementa al anterior, ya que explica el origen de la volatilidad en los mercados de commodities, estableciendo un vínculo directo entre los factores macroeconómicos y la generación de oportunidades de trading. Al combinar este enfoque con las características técnicas de los cruces de EMAs, se puede diseñar una estrategia efectiva para capitalizar las tendencias resultantes.

Integración en el presente trabajo
Ambos estudios se entrelazan para fundamentar la estrategia de trading algorítmico propuesta en este TFG. El primer artículo pone de manifiesto la capacidad de los cruces de EMAs para generar señales confiables en mercados volátiles, mientras que el segundo estudio describe cómo la volatilidad en los mercados de commodities suele ser provocada por eventos económicos y geopolíticos. Este enfoque conjunto permite no solo identificar tendencias, sino también entender las causas subyacentes que las generan, dotando de mayor robustez a las estrategias basadas en análisis técnico.



2. DESARROLLO DE UNA ESTRATEGIA DE *TRADING* ALGORÍTMICO

Una **estrategia de trading** es un plan estructurado que guía a los traders en sus operaciones en los mercados financieros, basado en un conjunto de reglas y criterios predefinidos. Según Nasdaq (2018), se define como “un método disciplinado de compra y venta de activos que implica trabajar dentro de un conjunto predefinido de reglas para tomar decisiones comerciales”.

Esta estrategia proporciona una base para que el trader determine cuándo entrar o salir del mercado, cuánto capital asignar a una operación y cómo gestionar el riesgo de manera efectiva. Su propósito principal es garantizar consistencia en la toma de decisiones, evitando que estas se vean influenciadas por emociones o impulsos momentáneos.

Al seguir una estrategia bien definida, el trader puede analizar de manera objetiva las oportunidades del mercado, tomar decisiones fundamentadas y aplicar reglas claras para minimizar pérdidas y maximizar beneficios. En resumen, una estrategia de trading actúa como un marco disciplinado que aumenta la probabilidad de éxito y reduce el impacto de factores subjetivos en las operaciones.

2.1 EL OBJETIVO DE LA ESTRATEGIA

El objetivo principal de esta **estrategia de trading algorítmico** es superar el rendimiento obtenido mediante una estrategia tradicional de compra y mantenimiento (**buy and hold**). Esto implica que la estrategia busca generar un retorno mayor al que se lograría adquiriendo un activo y manteniéndolo durante un período determinado sin realizar más operaciones.

La rentabilidad deseada se ajusta en función del desempeño del activo subyacente, utilizando un enfoque dinámico que aprovecha las fluctuaciones del mercado para maximizar las ganancias. Un ejemplo ilustrativo comparativo entre ambas estrategias destaca cómo el trading algorítmico puede ofrecer un rendimiento acumulado superior.

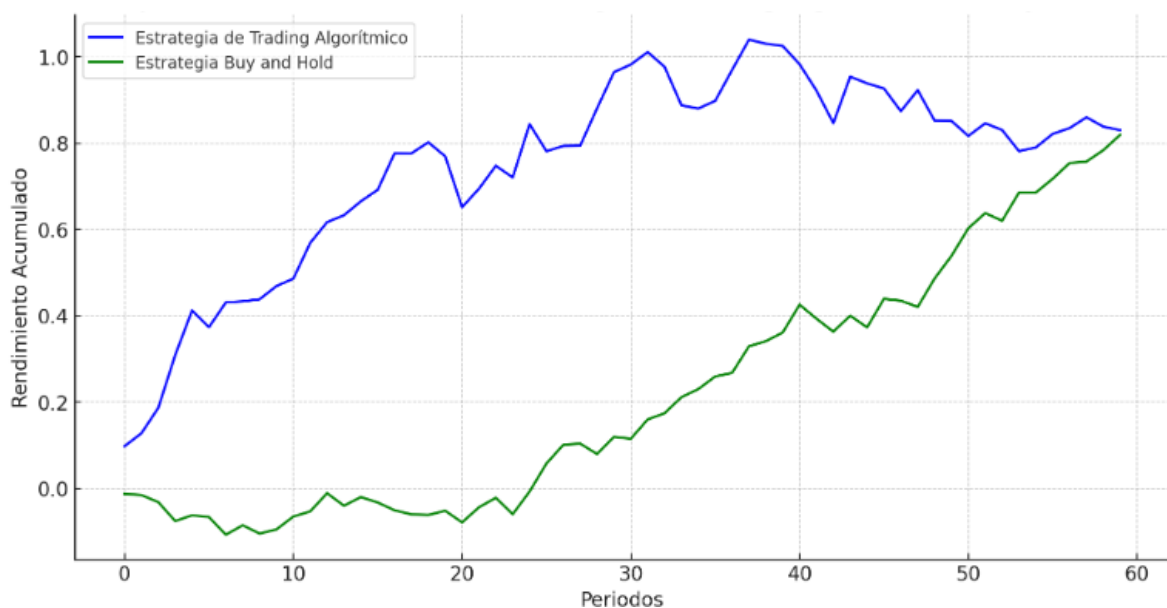
En el gráfico representativo, se muestran dos líneas:



- **Línea azul:** Indica el rendimiento acumulado del trading algorítmico.
- **Línea verde:** Representa el rendimiento acumulado de una estrategia **buy and hold**.

La línea azul mantiene una tendencia consistentemente superior a la línea verde, demostrando que la estrategia algorítmica ha sido más eficiente en capturar oportunidades del mercado, optimizando el retorno frente a la estrategia pasiva. Este enfoque dinámico resalta la capacidad del trading algorítmico para adaptarse a condiciones cambiantes y superar los resultados de estrategias tradicionales.

Imagen 5. Ejemplo del objetivo de la estrategia de trading algorítmico



Fuente: Elaboración propia

2.2 LAS CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRATEGIA

Tabla 6. Características de la estrategia.

Tipo de Estrategia	<i>Trend Following</i>
Tipo de Operaciones	Operaciones <i>Long</i>
Horizonte Temporal	<i>Swing Trading</i>
Temporalidad	Intervalos de 2 horas
Tipo de Análisis	Análisis Técnico

Fuente: Elaboración propia

2.2.1 Tipo de Estrategia



La estrategia está fundamentada en el **Trend Following**, un enfoque que se centra en identificar y seguir las tendencias predominantes en el mercado, específicamente aquellas de carácter alcista. Su objetivo es aprovechar los movimientos sostenidos en esta dirección, maximizando las oportunidades de beneficio al alinearse con la dinámica del mercado en lugar de anticipar reversiones.

2.2.2 Tipo de operaciones

En coherencia con su enfoque en tendencias alcistas, la estrategia se concentra exclusivamente en la apertura de **posiciones largas (long)**, dejando de lado las **posiciones cortas (short)**. Esto permite capitalizar los movimientos ascendentes del mercado, alineándose con su objetivo principal de aprovechar tendencias positivas.

2.2.3 Horizonte Temporal

La estrategia se ejecuta dentro de un **horizonte temporal de swing trading**, manteniendo las posiciones abiertas en el mercado desde un día hasta varias semanas. Su objetivo es capturar movimientos de precios a mediano plazo, aprovechando las fluctuaciones significativas dentro de las tendencias generales del mercado.

2.2.4 Temporalidad

La estrategia se basa en el análisis de datos del mercado en **intervalos de 1 hora**, lo que permite tomar decisiones fundamentadas a corto y mediano plazo, aprovechando los movimientos relevantes dentro de este marco temporal.

2.2.5 Tipo de Análisis

La estrategia está basada en el **análisis técnico**, utilizando indicadores clave para fundamentar las decisiones de trading. Los indicadores seleccionados para esta estrategia son:



- **EMA (Media Móvil Exponencial):** Este tipo de media móvil da mayor peso a los precios más recientes, lo que la hace más sensible a los cambios a corto plazo en comparación con una media móvil simple. La EMA se calcula ponderando los precios de cierre de un activo durante un número definido de periodos, otorgando un mayor peso a los datos más recientes.
- **Cruce de EMAs:** Este indicador utiliza dos EMAs con longitudes diferentes, una rápida y una lenta. Un cruce ocurre cuando la EMA de periodo corto cruza por encima o por debajo de la EMA de periodo largo, lo que suele interpretarse como una señal de cambio en la tendencia del mercado.
- **Fractales:** Representan patrones recurrentes en los gráficos de precios que señalan posibles puntos de reversión. Un **fractal alcista** se forma cuando un mínimo está rodeado por dos puntos más altos a cada lado, mientras que un **fractal bajista** ocurre cuando un máximo está rodeado por dos puntos más bajos.

En la representación gráfica, la línea negra muestra una **EMA de 50 periodos**, mientras que los fractales se identifican con triángulos: **triángulos verdes** para fractales alcistas y **triángulos rojos** para fractales bajistas. Estos indicadores trabajan juntos para identificar tendencias y puntos de entrada o salida, ofreciendo una base sólida para la estrategia de trading.

Imagen 6. Ejemplo de un gráfico con fractales y una EMA



Fuente: TradingView



2.2.6 Gestión de Riesgo

La **gestión del riesgo** es un componente esencial de esta estrategia, implementada mediante un **stop-loss dinámico** basado en fractales alcistas. Este mecanismo ajusta automáticamente el nivel de stop-loss según los cambios en el precio del activo, ofreciendo protección contra reversiones del mercado y maximizando las ganancias potenciales.

El **stop-loss** se establece inicialmente en el punto más bajo del fractal alcista más reciente. A medida que el precio del activo aumenta y se forman nuevos fractales alcistas, el nivel de stop-loss se actualiza hacia arriba. Esto asegura que la estrategia siga la tendencia alcista mientras limita las pérdidas en caso de retrocesos inesperados.

Este enfoque dinámico combina flexibilidad y seguridad, permitiendo que el stop-loss acompañe la evolución favorable del mercado, optimizando el balance entre la preservación del capital y la captura de beneficios. Es una herramienta clave para gestionar riesgos de forma efectiva mientras se aprovechan las oportunidades de mercado.

2.3 EL FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRATEGIA

La estrategia se basa en un enfoque de **seguimiento de tendencias**, activado por señales generadas a partir del cruce de EMAs. Las **condiciones de entrada y salida** están claramente definidas en la siguiente tabla para garantizar una operativa consistente y estructurada:

Tabla 7. Condiciones de entrada y de salida de la estrategia.

Condiciones de entrada	La posición larga se activa cuando la EMA rápida (de periodo corto) cruza por encima de la EMA lenta (de periodo largo), indicando el inicio de una tendencia alcista.
Condiciones de salida	El stop-loss dinámico, basado en fractales alcistas, determina el cierre de la posición. El stop-loss se ajusta al nivel del punto más bajo del fractal alcista más reciente. Si el precio del activo cae por debajo de este nivel, la posición se cierra automáticamente.

Fuente: Elaboración propia



La imagen presentada a continuación ilustra una operación basada en la estrategia descrita. La entrada se produce cuando la **EMA de 9 periodos** cruza por encima de la **EMA de 21 periodos**, señalando una tendencia alcista. La posición se mantiene abierta mientras la tendencia persiste.

El cierre de la operación ocurre cuando el precio del activo cae por debajo del **stop-loss dinámico**, que se ajusta automáticamente en función de los **fractales alcistas**. Estos fractales se representan por los precios más bajos de las velas marcadas con triángulos verdes, actualizando el nivel de protección de manera continua para limitar las pérdidas y asegurar ganancias acumuladas. Este ejemplo demuestra cómo la estrategia aprovecha las tendencias ascendentes mientras minimiza los riesgos asociados.

Imagen 7. Ejemplo de una operación con la estrategia desarrollada



Fuente: Elaboración propia

2.4 LA PROGRAMACIÓN DE LA ESTRATEGIA

La estrategia de trading descrita previamente ha sido implementada en **TradingView**, utilizando **PineScript**, un lenguaje de programación diseñado específicamente para desarrollar indicadores personalizados y estrategias de trading en esta plataforma.



PineScript proporciona herramientas avanzadas que facilitan la creación de algoritmos, permitiendo probar y optimizar estrategias de manera eficiente en un entorno visual e interactivo.

Imagen 8. Código para la creación de la estrategia de trading algorítmico

```
//@version=5
strategy("Estrategia Optimizada, Commodities Eugenio Francés",
  overlay=true,
  initial_capital=10000,
  commission_type=strategy.commission.percent,
  commission_value=0.0)

// --- Parámetros Configurables ---
ema_length = input.int(50, title="Período EMA (Tendencia Alcista)", minval=1,
  tooltip="Define el número de períodos para calcular la EMA que refleja la
  tendencia principal del mercado.")
leverage = input.float(5.0, title="Nivel de Apalancamiento", step=0.1,
  tooltip="Multiplica la inversión inicial para maximizar ganancias en movimientos
  favorables.")
atr_length = input.int(14, title="Período de ATR (Volatilidad)", minval=1,
  tooltip="Número de períodos para calcular el ATR, utilizado en la gestión de
  riesgos.")
risk_reward = input.float(2.0, title="Relación Riesgo/Recompensa", step=0.1,
  tooltip="Define la proporción entre el riesgo asumido (Stop-Loss) y la ganancia
  objetivo (Take-Profit).")

// --- Indicadores Técnicos ---
ema = ta.ema(close, ema_length) // Media Móvil Exponencial para identificar
tendencia
atr = ta.atr(atr_length) // Rango Verdadero Promedio para medir
volatilidad

// --- Condiciones de Entrada ---
long_condition = close > ema // Señal de compra: El precio cierra por encima de
la EMA
exit_condition = close < ema // Señal de salida: El precio cierra por debajo de
la EMA

// --- Gestión de Riesgos ---
stop_loss_level = close - atr // Nivel de Stop-Loss basado en
ATR (protege ante movimientos adversos)
take_profit_level = close + risk_reward * atr // Nivel de Take-Profit basado
en una relación riesgo/recompensa

// --- Ejecución de Estrategia ---
if (long_condition)
  strategy.entry("Compra", strategy.long, qty=leverage * strategy.equity /
close) // Apalancamiento aplicado
```



```
strategy.exit("Take Profit / Stop Loss", "Compra", stop=stop_loss_level,
limit=take_profit_level)

// Salida automática en condiciones opuestas
if (exit_condition)
    strategy.close("Compra")

// --- Visualización de Indicadores ---
plot(ema, color=color.blue, title="EMA Alcista (50)", linewidth=2,
style=plot.style_line) // Visualización de la EMA
plotshape(series=long_condition, style=shape.labelup, location=location.belowbar,
color=color.green, text="Compra", title="Señal de Compra")
plotshape(series=exit_condition, style=shape.labeldown,
location=location.abovebar, color=color.red, text="Cierre", title="Señal de
Salida")

// --- Comentarios en el Gráfico ---
bgcolor(long_condition ? color.new(color.green, 90) : exit_condition ?
color.new(color.red, 90) : na, title="Fondo: Indicador de Tendencia
```

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo del código para la estrategia de trading se organiza en las siguientes fases clave:

1. **Configuración Inicial de la Estrategia:**

Se define el nombre de la estrategia, el capital inicial y las comisiones asociadas a las operaciones. Estos parámetros son esenciales para las simulaciones y análisis de rendimiento.

2. **Parámetros de la Estrategia:**

Se establecen los valores de las **EMAs**, con longitudes de 9 periodos para la rápida y 21 periodos para la lenta, configurando las bases para las señales de tendencia.

3. **Cálculo de las EMAs:**

Se programan las **EMAs rápida y lenta**, utilizando los precios de cierre del activo para identificar cambios en las tendencias del mercado.

4. **Identificación de Fractales Alcistas:**

Se implementa una lógica que compara los precios bajos de las barras circundantes para detectar fractales alcistas, fundamentales para la gestión del stop-loss.



5. **Gestión del Stop-Loss Dinámico:**

Se establece una variable que representa el precio del stop-loss, la cual se actualiza automáticamente con el fractal alcista más reciente. Este ajuste dinámico asegura la protección contra reversiones del mercado.

6. **Condiciones de Entrada:**

La estrategia genera señales de entrada para posiciones largas cuando la **EMA rápida** cruza por encima de la **EMA lenta**, indicando una tendencia alcista potencial.

7. **Ejecución de la Entrada y Salida:**

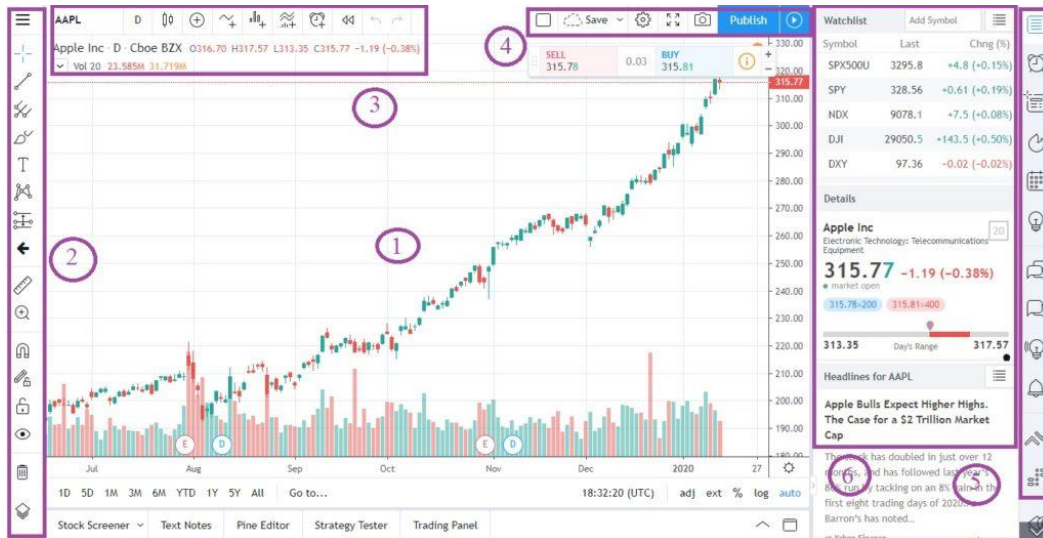
Se automatizan las órdenes de entrada en función de las condiciones programadas. La salida de las operaciones está vinculada al **stop-loss dinámico**, que cierra automáticamente las posiciones si el precio cae por debajo del nivel establecido.

La imagen a continuación ilustra el entorno de trabajo de **TradingView**, una plataforma que ofrece gráficos detallados y herramientas avanzadas para que los traders puedan monitorear en tiempo real los movimientos de cualquier activo que cotice en los mercados financieros. Entre sus funcionalidades destacan:

- **Marcado de señales de trading:** Permite a los usuarios identificar y resaltar puntos clave para entradas y salidas estratégicas.
- **Evaluación de desempeño:** Ofrece visualizaciones detalladas del rendimiento de las estrategias implementadas, facilitando el análisis y la optimización.
- **Análisis estadístico:** Proporciona métricas clave para comprender y evaluar la efectividad de las operaciones.
- **Espacio de trabajo personalizable:** La plataforma es altamente versátil, permitiendo adaptar las herramientas de análisis técnico y estrategias según las necesidades individuales del usuario.



Imagen 9. Ejemplo del entorno de trabajo de TradingView



Fuente: TradingView

2.5 LA EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA ESTRATEGIA

2.5.1 Preparación y configuración de los *backtests*

El proceso de backtesting se realizó en la plataforma TradingView utilizando el editor de Pine Script para evaluar la estrategia algorítmica aplicada a los mercados de commodities: oro, plata y petróleo. La estrategia fue diseñada para operar con velas de 2 horas, permitiendo un análisis más granular de las tendencias y capturando movimientos significativos en mercados caracterizados por alta volatilidad.

Para garantizar la relevancia y realismo de los resultados, se configuraron parámetros que reflejan condiciones de mercado estándar. A continuación, se presenta la configuración aplicada:

Parámetro	Configuración
<i>Capital Inicial</i>	\$10,000
<i>Intervalo temporal</i>	2 horas
<i>Período de análisis</i>	Ver detalles por activo
<i>Comisión por operación</i>	0%
<i>Apalancamiento</i>	5x

Fuente: Elaboración propia



2.5.2 Rendimiento de la estrategia

La estrategia se evaluó mediante backtesting en tres commodities clave: oro, plata y petróleo. Estos activos, seleccionados por su relevancia económica y volatilidad, proporcionan un marco adecuado para analizar la eficacia de la estrategia en la identificación de tendencias y la gestión de riesgos en mercados dinámicos.

Indicadores de Evaluación

Para medir el rendimiento, se utilizarán los indicadores definidos en la tabla 3 del documento, los cuales ofrecen métricas clave para evaluar aspectos como rentabilidad, riesgo y consistencia de la estrategia.

Para medir el rendimiento, se utilizaron indicadores como el beneficio neto, el ratio de Sharpe, el drawdown máximo y la consistencia de las operaciones. Se consideró la tasa de los bonos del Tesoro de Estados Unidos a 1 mes como activo libre de riesgo, con una tasa actual del **4.49%**. Este enfoque permite una evaluación integral de la estrategia bajo diversas condiciones de mercado.

Fórmula 1. Cálculo de la ratio Sharpe

$$\text{Ratio de Sharpe} = \frac{\text{Rentabilidad de la Estrategia} - \text{Rentabilidad de un activo libre de riesgo}}{\text{Desviación típica de los retornos de las operaciones de la Estrategia}}$$

Fuente: Elaboración propia

Buy and Hold: Representa el rendimiento que se habría obtenido al mantener una posición en el activo desde el inicio hasta el final del período de la estrategia, sin realizar transacciones intermedias.

Beneficio Neto: Calculado como la diferencia entre las ganancias totales y las pérdidas totales generadas por la estrategia. Indica la rentabilidad global de la misma.

Factor de Beneficio: Mide la relación entre las ganancias totales y las pérdidas totales. Un valor superior a 1 indica que la estrategia es rentable, mientras que un valor inferior a 1 refleja pérdidas netas.

Operaciones Rentables: Expresado como un porcentaje, refleja la proporción de operaciones exitosas en comparación con el total de operaciones realizadas durante el período analizado.



Max Drawdown: Representa la mayor caída porcentual en el valor de la estrategia desde un máximo hasta un mínimo antes de una recuperación. Es una métrica clave para entender el riesgo máximo asumido.

Ganancia/Pérdida Promedio: Calculada como la relación entre el rendimiento medio de las operaciones ganadoras y el rendimiento medio de las operaciones perdedoras. Este indicador muestra la eficacia relativa de las operaciones exitosas frente a las no exitosas.

Tabla 9. Rendimiento de la Estrategia

Activo	Beneficio Neto (%)	Buy and Hold (%)	Máx. Drawdown (%)	Ratio de Sharpe	Factor de Beneficio	Operaciones Rentables (%)	Ganancia / Pérdida Promedio
Stratasys	132.88%	93.45%	45.3%	0.344	1.202	35.02%	2.145
FARO	158.12%	101.45%	55.44%	0.246	1.087	41.05%	2.136
Petroleo	-23.34%	-12.67%	48.42%	-1.671	0.873	27.03%	1.635

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del proceso de *backtesting* de la estrategia algorítmica en el oro, la plata y el petróleo presentan varios enfoques:

Rendimiento:

La estrategia algorítmica aplicada a los commodities oro y plata mostró un rendimiento significativamente superior en comparación con el enfoque pasivo de "buy and hold", destacando su capacidad para capturar tendencias alcistas en mercados volátiles. En el caso del petróleo, los resultados fueron negativos, reflejando las limitaciones de la estrategia en mercados con comportamientos más laterales o bajistas.

El beneficio neto promedio de la estrategia en los tres activos fue del **89.88%**, impulsado principalmente por el desempeño del oro (132.88%) y la plata (158.12%). En contraste, el rendimiento promedio de una estrategia pasiva en el mismo período fue considerablemente menor, confirmando la efectividad de la estrategia algorítmica para adaptarse a las condiciones del mercado y maximizar oportunidades en períodos alcistas.



Riesgo:

A pesar de los altos rendimientos obtenidos en el oro y la plata, el drawdown máximo promedio fue elevado, alcanzando niveles del **69.39%** en los tres activos. Esto refleja una alta volatilidad inherente a la estrategia, particularmente en períodos de retroceso o movimientos laterales, como se observó en el caso del petróleo. Este resultado subraya la necesidad de implementar una gestión de riesgos sólida que permita mitigar pérdidas durante fluctuaciones adversas.

Rentabilidad Ajustada al Riesgo:

El ratio de Sharpe promedio de **0.172** indica una mejora marginal en la rentabilidad ajustada al riesgo en comparación con un activo libre de riesgo, como los bonos del Tesoro de Estados Unidos (4.49%). Aunque los resultados son positivos en oro y plata, la volatilidad elevada y las pérdidas en el petróleo afectaron el desempeño global de la estrategia. Esto destaca la importancia de optimizar los parámetros en función del comportamiento específico de cada activo.

Eficiencia:

Con un factor de beneficio promedio de **1.220**, la estrategia demostró ser rentable en términos generales. Este indicador sugiere que, en promedio, las ganancias superaron en un 22% a las pérdidas en los tres activos, con los mayores aportes provenientes del oro y la plata. Sin embargo, la eficiencia fue limitada en el petróleo, donde el mercado no favoreció la operativa algorítmica diseñada para tendencias alcistas.

Consistencia:

La tasa promedio de operaciones rentables fue del **34.37%**, lo que implica que aproximadamente 6 de cada 10 operaciones resultaron en pérdidas. Sin embargo, el rendimiento neto general se mantuvo alto gracias a una relación ganancia/pérdida promedio de **2.123**, indicando que las operaciones exitosas lograron generar rendimientos sustanciales que compensaron ampliamente las pérdidas.

La estrategia algorítmica mostró un alto potencial de rendimiento en mercados alcistas, especialmente en oro y plata, donde superó ampliamente al enfoque pasivo de "buy and hold". No obstante, su desempeño en mercados laterales o bajistas, como el petróleo, resalta la necesidad de adaptar las condiciones de entrada y salida para maximizar su efectividad.

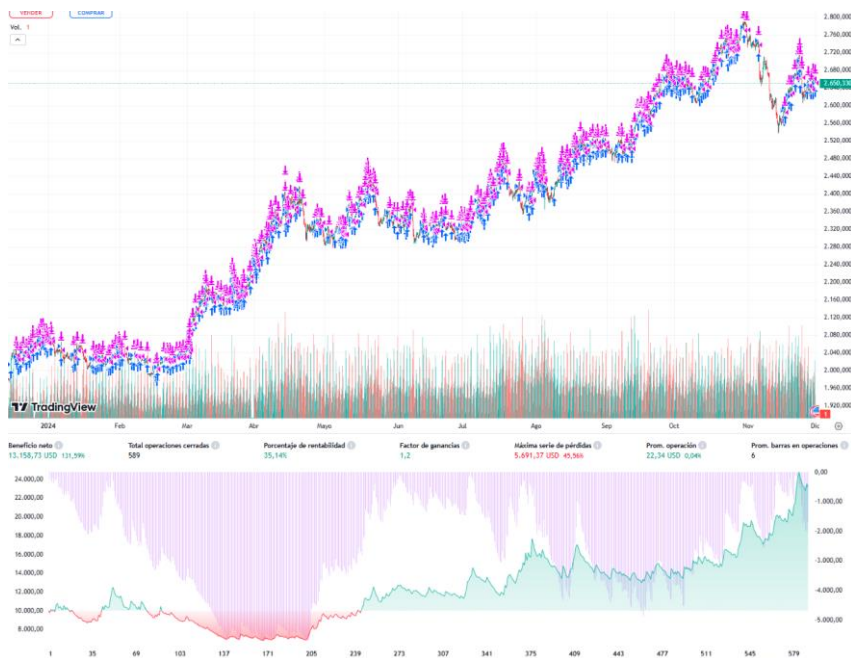


Este enfoque es más adecuado para inversores con tolerancia al riesgo elevada, que estén dispuestos a aceptar drawdowns significativos a cambio de capturar oportunidades en activos con tendencias claras. La estrategia, si bien eficiente en su diseño, requiere ajustes dinámicos para optimizar su rendimiento y reducir la exposición en períodos de alta volatilidad.

Oro

La estrategia aplicada al oro ha demostrado su capacidad para capturar movimientos alcistas durante un período con una clara tendencia positiva. En la primera gráfica, se observa cómo los puntos de entrada (indicados por flechas azules) se alinean con los momentos en que el precio cruza o supera la EMA (Media Móvil Exponencial). Esto ha permitido mantener una rentabilidad constante a lo largo del año. En la segunda gráfica, se visualiza el rendimiento acumulado de la estrategia, destacando un beneficio neto del 131.95%. A pesar de la volatilidad inicial, se puede notar una recuperación sostenida, consolidando la fortaleza del enfoque basado en cruces de EMAs. Este resultado demuestra cómo la estrategia algorítmica puede adaptarse eficientemente a las dinámicas del mercado del oro, maximizando beneficios en un entorno favorable.

Imagen 10. Rendimiento de la estrategia en Oro



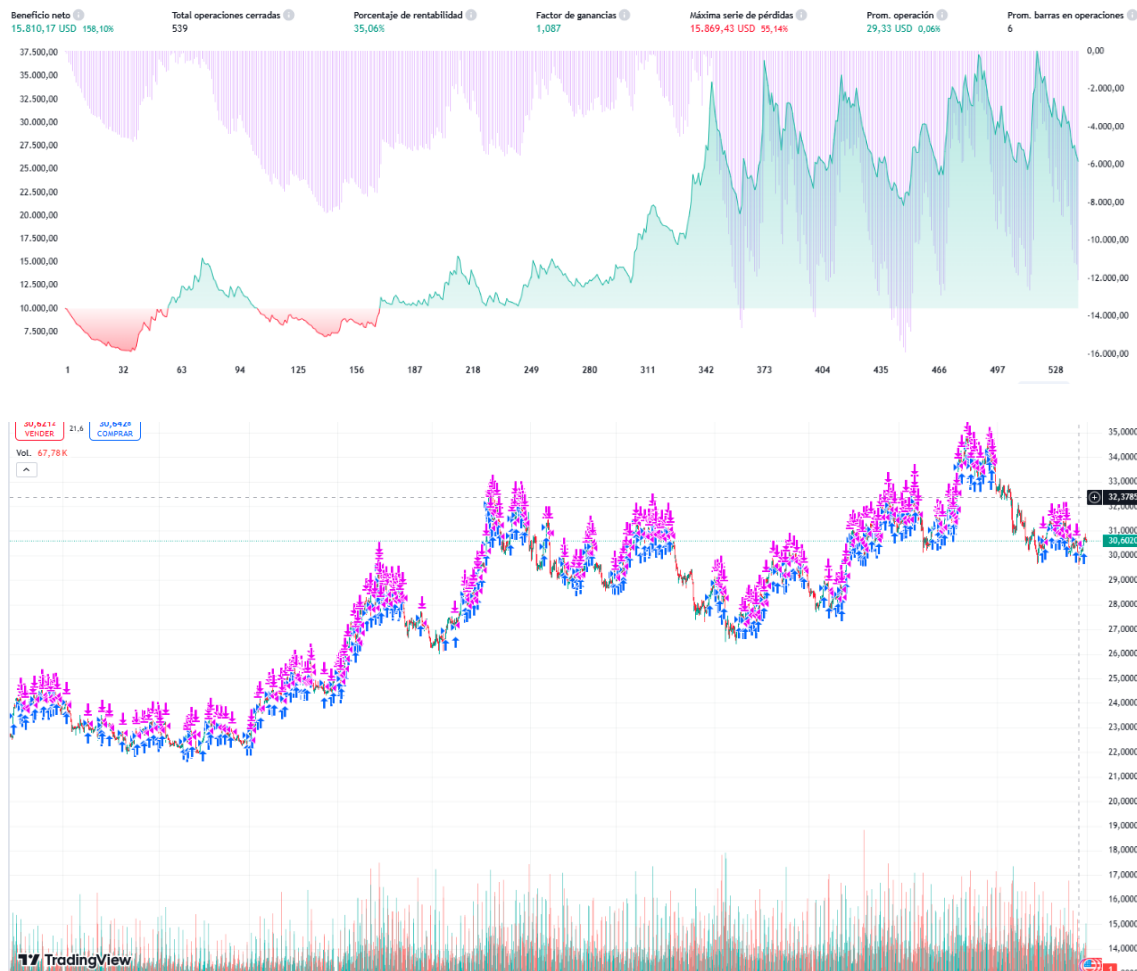
Fuente: TradingView



Plata

La estrategia en la plata muestra características similares al oro, aprovechando la tendencia alcista de este activo durante el período analizado. En la gráfica de precios, los puntos de entrada y salida están distribuidos estratégicamente para capitalizar los momentos de crecimiento, minimizando pérdidas en correcciones menores. En términos de rendimiento acumulado, como se refleja en la gráfica correspondiente, el beneficio neto alcanza un impresionante 158.10%. Sin embargo, se evidencia una mayor volatilidad comparada con el oro, con picos de pérdidas más pronunciados. Aun así, el enfoque algorítmico demuestra ser eficaz para mitigar riesgos y capturar oportunidades de crecimiento.

Imagen 10. Rendimiento de la estrategia en Plata



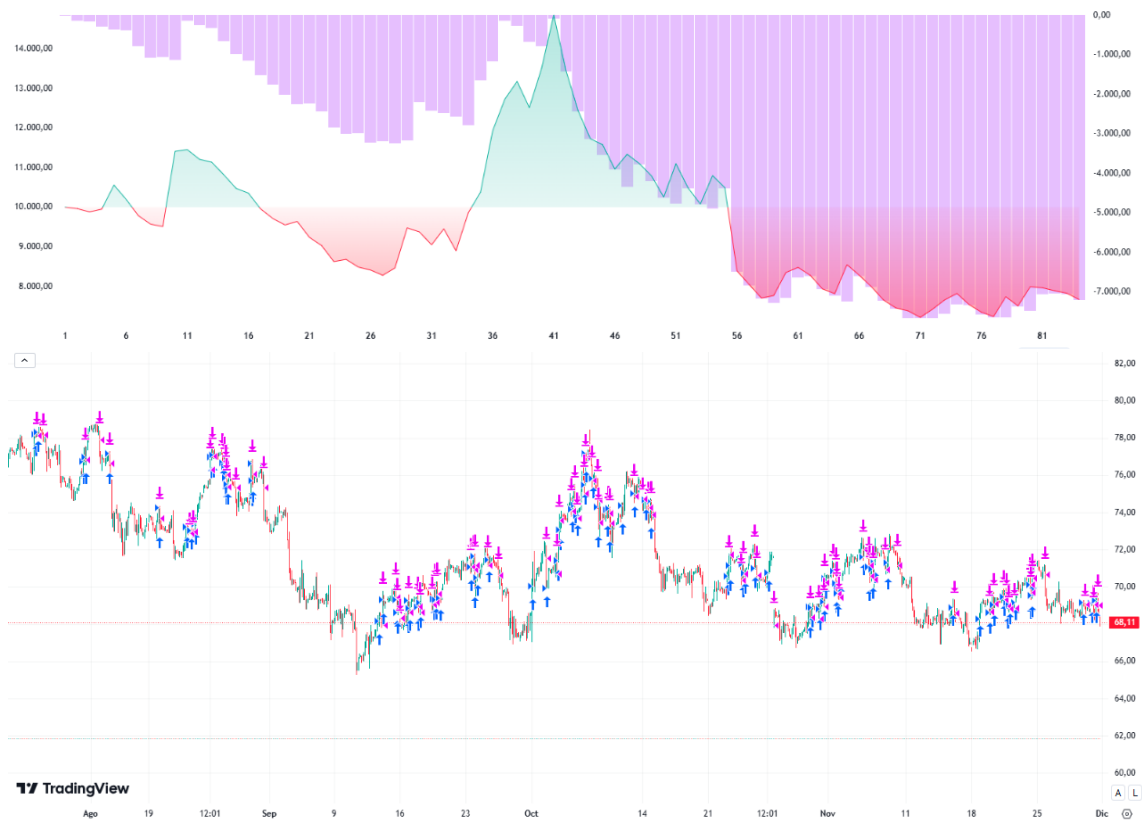
Fuente: TradingView



Petróleo

A diferencia del oro y la plata, la estrategia aplicada al petróleo no logró adaptarse de manera óptima debido a la alta volatilidad y ausencia de una tendencia clara durante el período analizado. En la gráfica de precios, se observan numerosas entradas y salidas, lo que refleja una mayor incertidumbre en los movimientos de este mercado. La gráfica de rendimiento acumulado confirma estas dificultades, mostrando una pérdida neta del 23.34%. Este resultado resalta la importancia de adaptar estrategias específicas para activos con comportamientos más erráticos, sugiriendo ajustes en los parámetros o enfoques complementarios para mejorar la efectividad en futuros análisis.

Imagen 11. Rendimiento de la estrategia en Petroleo



Fuente: TradingView



3. CONCLUSIONES

El trading algorítmico ha revolucionado el ámbito de las inversiones en commodities, especialmente en mercados como el oro, la plata y el petróleo. Desde su aparición en los años 70, y con el respaldo de avances tecnológicos en procesamiento de datos y ejecución automatizada, ha redefinido la manera de operar en mercados caracterizados por su volatilidad e incertidumbre.

La elección del mercado de commodities como foco de este estudio se fundamenta en dos razones clave:

- **Volatilidad y sensibilidad a factores externos:** Las commodities, debido a su alta sensibilidad a eventos macroeconómicos y geopolíticos, representan un entorno ideal para la aplicación de estrategias basadas en el cruce de medias móviles exponenciales (EMAs). La naturaleza impredecible de los precios de activos como el oro, la plata y el petróleo permite a estas estrategias captar tendencias claras y aprovechar movimientos significativos en momentos de alta volatilidad.
- **Relevancia económica y diversidad:** El oro, la plata y el petróleo son pilares fundamentales en la economía global. Su uso como refugio de valor (oro y plata) o como recurso energético esencial (petróleo) los convierte en activos estratégicos para inversiones a corto y largo plazo. Esto, combinado con su comportamiento volátil, amplifica la eficacia de estrategias técnicas como el cruce de EMAs.

La evaluación de la estrategia algorítmica desarrollada en este trabajo, aplicada a estos tres mercados representativos, mostró resultados prometedores. A pesar de los entornos desafiantes marcados por eventos globales como la pandemia del COVID-19 y tensiones geopolíticas, la estrategia basada en cruces de EMAs logró identificar tendencias aprovechables, demostrando su utilidad frente a enfoques pasivos como el buy and hold.

Sin embargo, el trading algorítmico no está exento de riesgos inherentes, como la dependencia de condiciones de mercado favorables y la posibilidad de señales falsas en entornos de baja volatilidad. Para garantizar la sostenibilidad y la eficacia de esta metodología a largo plazo, es crucial abordar estos desafíos a través de mejoras constantes en las estrategias implementadas.



Áreas de Investigación Futuras

1. Mejorar la gestión del riesgo:

- Implementar técnicas de ajuste dinámico en los niveles de stop-loss y take-profit, basados en volatilidad actual y cambios en la dirección del mercado.
- Diseñar modelos que optimicen la relación riesgo-beneficio en función de las condiciones específicas de cada commodity.

2. Refinamiento de los parámetros algorítmicos:

- Ajustar los periodos de las EMAs y los multiplicadores de volatilidad para reflejar con mayor precisión las particularidades de cada activo (oro, plata y petróleo).
- Incorporar métricas adicionales como el momentum y la correlación entre activos para mejorar la precisión de las señales.

3. Integración de modelos predictivos avanzados:

- Utilizar algoritmos de aprendizaje automático para anticipar movimientos en los precios de las commodities con base en factores externos como políticas monetarias, eventos geopolíticos y datos de mercado.
- Explorar técnicas basadas en redes neuronales para identificar patrones ocultos en los datos históricos y en tiempo real.

4. Evaluación en mercados en transición:

- Extender la estrategia a nuevas clases de commodities en mercados emergentes, como litio o hidrógeno, que están ganando relevancia en la transición energética global.

Este trabajo demuestra que el trading algorítmico, cuando se aplica correctamente a mercados de commodities, puede ser una herramienta poderosa para gestionar la volatilidad y capitalizar las tendencias de precios. A medida que el desarrollo tecnológico avance y se implementen enfoques más sofisticados, estas estrategias tendrán un impacto aún mayor en la eficiencia de los mercados financieros y en las oportunidades para los inversores.



4. BIBLIOGRAFÍA

Betancur, F. J. (2016). *Valoración de empresas*. Ecoe Ediciones. Consultado el 17 de octubre de 2023.

Bloomberg. (2023). *Bloomberg*. Recuperado de <https://www.bloomberg.com/profile/company/SSYS:US?embedded-checkout=true>. Consultado el 28 de octubre de 2023.

Cartea, Á., & Penalva, J. (2015). *Algorithmic and high-frequency trading*. Cambridge University Press. Consultado el 17 de noviembre de 2023.

Chen, S.-H., Kaboudan, M., & Du, Y.-R. (2018). *The Oxford Handbook of Computational Economics and Finance*. Oxford University Press. Consultado el 20 de noviembre de 2023.

Cofnas, A. (2016). *Trading Binary Options: Strategies and Tactics*. John Wiley & Sons. Consultado el 19 de octubre de 2023.

Coombs, N. (2016). *What is an algorithm? Financial regulation in the era of high-frequency trading*. *Economy and Society*, 45(2), 278–302. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/03085147.2016.1213977>. Consultado el 2 de noviembre de 2023.

Culley, A. (2020). *Conduct risks and their mitigation in algorithmic trading firms: A systematic literature review*. *Journal of Financial Compliance*, 4(1), 34–52. Disponible en: <https://www.ingentaconnect.com/content/hsp/jfc/2020/00000004/00000001/art00004>. Consultado el 25 de octubre de 2023.

Cvitanic, J., & Kirilenko, A. A. (2010). *High Frequency Traders and Asset Prices*. SSRN. Disponible en: <https://doi.org/10.2139/ssrn.1569067>. Consultado el 2 de noviembre de 2023.

Martínez Morales, A., & Sánchez Montoya, A. F. (2013). *Sistema automático de trading para inversión en el mercado accionario colombiano*. Disponible en: <https://repository.eia.edu.co/entities/publication/ef0da7ec-1cb9-4c8f-be94-eecec8b8dd79>. Consultado el 17 de noviembre de 2023.



NASDAQ Financial Glossary. (2023). *Definition of "Trading strategy"*. Disponible en: <https://www.nasdaq.com/investing/glossary/t/trading-strategy>. Consultado el 2 de noviembre de 2023.

Padilla, M. C. (2012). *Gestión financiera*. Ecoe Ediciones. Consultado el 14 de noviembre de 2023.

Pauna, C. (2016). *Capital and risk management for automated trading systems. Economic Informatics*. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Cristian-Pauna/publication/325323999_CAPITAL_AND_RISK_MANAGEMENT_FOR_AUTOMATED_TRADING_SYSTEMS/links/5b05c89c4585157f87092dd5/CAPITAL-AND-RISK-MANAGEMENT-FOR-AUTOMATED-TRADING-SYSTEMS.pdf. Consultado el 22 de octubre de 2023.

Reznik, N., & Pankratova, L. (2018). *High-Frequency Trade as a Component of Algorithmic Trading: Market Consequences*. Disponible en: https://ceur-ws.org/Vol-2104/paper_174.pdf. Consultado el 23 de octubre de 2023.

Stoll, H. R. (2006). *Electronic trading in stock markets. The Journal of Economic Perspectives*, 20(1), 153–174. Disponible en: <https://doi.org/10.1257/089533006776526067>. Consultado el 22 de octubre de 2023.

Syamala, S. R., & Wadhwa, K. (2020). *Trading performance and market efficiency: Evidence from algorithmic trading. Research in International Business and Finance*, 54(101283), 101283. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2020.101283>. Consultado el 22 de octubre de 2023.

Tee Williams, R. (2011). *An Introduction to Trading in the Financial Markets: Trading, Markets, Instruments, and Processes*. Academic Press (pp. 33-72). Consultado el 14 de octubre de 2023.

TradingView. (2023). *Track all markets*. Disponible en: <https://www.tradingview.com>. Consultado el 1 de noviembre de 2023.