



ITESO, Universidad Jesuita de Guadalajara

MICROESTRUCTURA Y SISTEMAS DE TRADING

“002 INTRODUCTION TO TRADING”

LUIS FELIPE GOMEZ ESTRADA

ROLANDO FORTANELL CANEDO

07/10/2025

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	3
ESTRATEGIA	3
ANÁLISIS DE DATOS.....	4
METODOLOGÍA E IMPLEMENTACIÓN	4
RESULTADOS.....	6
LIMITACIONES.....	11
CONCLUSIONES	12

Introducción

El trabajo tiene como objetivo desarrollar, optimizar y evaluar una estrategia de trading automatizada aplicada al mercado de criptomonedas, específicamente sobre el activo Bitcoin. Debido a su alta volatilidad y comportamiento especulativo, este mercado representa un entorno desafiante para el diseño de estrategias rentables y estables, pero al mismo tiempo ofrece amplias oportunidades de ganancia para quienes logran adaptarse eficazmente a sus dinámicas.

La estrategia propuesta se basa en el uso combinado de tres indicadores técnicos RSI, MACD y Bandas de Bollinger, seleccionados por su capacidad para capturar diferentes aspectos del movimiento del precio, como la fuerza de la tendencia, los niveles de sobrecompra o sobreventa y la volatilidad del activo. A través de la integración de estos indicadores, se busca generar señales de compra y venta con una mayor precisión, reduciendo el número de operaciones falsas y mejorando la fiabilidad del sistema.

Con el propósito de optimizar el rendimiento y minimizar el riesgo de sobreajuste, se implementaron técnicas avanzadas como la optimización de hiperparámetros mediante Optuna y el análisis walkforward, que permiten evaluar la robustez del modelo en distintas condiciones temporales. Además, se realizó un proceso de backtesting utilizando datos históricos de Bitcoin con resolución de una hora, incorporando parámetros realistas como comisiones de transacción y capital inicial, con el fin de aproximar los resultados a un entorno operativo real.

Estrategia

Para el desarrollo de esta estrategia de trading se implementaron tres indicadores técnicos con el objetivo de generar señales de compra y venta a partir del comportamiento histórico del conjunto de datos analizado. Estos indicadores se seleccionaron por su capacidad de capturar distintos aspectos del movimiento del precio, lo que permite obtener una visión más completa del mercado.

Con el fin de reducir la cantidad de señales falsas y aumentar la fiabilidad de las decisiones operativas, se estableció como condición que al menos dos de los tres indicadores coincidieran al emitir una señal. De esta manera, se busca filtrar movimientos erráticos o temporales del mercado y enfocarse en oportunidades con una mayor probabilidad de éxito.

Los indicadores técnicos utilizados fueron los siguientes:

- RSI (Relative Strength Index): Este indicador mide la velocidad y la magnitud de cómo se mueven los precios recientes de una acción, de esta manera se puede detectar si existe sobrecompra o sobreventa en el precio de dicha acción.
- MACD (Moving Average Convergence Divergence): Este indicador que mide la fuerza del movimiento del precio, esto ayuda a determinar la fuerza de la tendencia y poder saber cuándo abrir o cerrar una posición.
- Bollinger Bands: Es un indicador el cual permite medir la volatilidad de las acciones para poder ver si estas esta sobrevaloradas o infravaloradas.

Análisis de datos

En este caso, se utilizó un conjunto de datos que contiene información del precio de Bitcoin con una resolución temporal de una hora. Para poder emplear correctamente estos datos dentro de la estrategia, fue necesario realizar algunos ajustes preliminares en el procesamiento de la información.

En primer lugar, se modificó el nombre del encabezado de la columna “Date” a “Datetime”, con el propósito de reflejar de manera más precisa el formato temporal de los registros. Además, se ajustó el orden cronológico del conjunto de datos, ya que originalmente estaba dispuesto de forma descendente, es decir, de las observaciones más recientes a las más antiguas. Este orden se invirtió para organizar los registros de los más antiguos a los más recientes, lo que facilita el análisis secuencial y la simulación adecuada de estrategias a lo largo del tiempo.

Posteriormente, el conjunto de datos fue dividido en tres partes con el fin de evaluar el rendimiento de la estrategia bajo diferentes condiciones temporales. El 60% de los datos se destinó al conjunto de entrenamiento, el 20% al conjunto de prueba y el 20% restante al conjunto de validación. Esta división permite analizar el desempeño del modelo de manera progresiva y garantizar que los resultados obtenidos sean representativos y no producto del sobreajuste.

Metodología e Implementación

Los indicadores técnicos fueron implementados en el modelo de la siguiente manera:

Para el RSI (Relative Strength Index), los hiperparámetros optimizados fueron:

- rsi_window: número de periodos utilizados para calcular el RSI.
- rsi_lower: umbral inferior, que indica posibles condiciones de sobreventa; si el RSI cae por debajo de este valor, se genera una señal de compra.
- rsi_upper: umbral superior, que indica posibles condiciones de sobrecompra; si el RSI supera este valor, se genera una señal de venta.

En el caso del MACD (Moving Average Convergence Divergence), los hiperparámetros optimizados fueron:

- long window y short window: ambos se utilizan para calcular la línea MACD y detectar cambios en la tendencia del precio.
- macd_signal: número de periodos para calcular la línea de señal; cuando la línea MACD cruza por encima de la línea de señal se genera una señal de compra, y cuando cruza hacia abajo se genera una señal de venta.

Para las Bandas de Bollinger (Bollinger Bands), los parámetros optimizados fueron:

- bb_window: número de periodos utilizados para calcular la media móvil central.
- bb_dev: número de desviaciones estándar para calcular las bandas superior e inferior; valores más altos hacen las bandas más anchas, generando menos señales pero con menor probabilidad de que sean falsas.

Para la optimización de estos parámetros se utilizó Optuna, que se encarga de probar diferentes combinaciones de parámetros, evaluar los resultados y aprender cuáles son las combinaciones óptimas para aplicarlas en la estrategia. Este proceso permite ajustar los indicadores de manera eficiente y maximizar el rendimiento esperado.

Para evitar el sobreajuste (overfitting), se implementó un walkforward analysis, que consiste en evaluar la estrategia de manera progresiva a lo largo del tiempo mediante ventanas consecutivas de entrenamiento y prueba.

En cada iteración del walkforward analysis:

1. Se selecciona un periodo de entrenamiento, donde se optimizan los parámetros de la estrategia utilizando únicamente los datos de esa ventana.
2. Luego se define un periodo de prueba, inmediatamente posterior al periodo de entrenamiento, donde se aplica la estrategia con los parámetros optimizados y se registra su desempeño.
3. La ventana se desplaza hacia adelante en el tiempo, repitiendo el proceso de entrenamiento y prueba de forma consecutiva hasta cubrir todo el conjunto de datos.

Este enfoque permite simular cómo habría funcionado la estrategia en condiciones reales, ya que en cada ventana de prueba los datos no fueron utilizados previamente para optimizar los parámetros. De esta manera, se puede evaluar si los parámetros son realmente robustos y si la estrategia mantiene su rendimiento en datos nuevos, lo que ayuda a identificar y reducir el riesgo de sobreajuste.

Además, el walkforward analysis permite observar la estabilidad de la estrategia a lo largo del tiempo, detectando periodos donde la estrategia podría comportarse peor o donde los parámetros optimizados pierden efectividad. Esto proporciona una visión más realista de la rentabilidad y el riesgo de la estrategia antes de implementarla en condiciones reales de mercado.

Toda esta optimización se integra en el proceso de backtesting, donde se evalúa cómo habría funcionado la estrategia durante un periodo determinado. En este caso, se utilizó el conjunto de datos de Bitcoin mencionado anteriormente, con condiciones específicas:

- Comisión por transacción: 0.125%
- Capital inicial: 1 millón de dólares

Para medir la efectividad de la estrategia, se utilizaron las siguientes métricas:

- Sharpe Ratio: mide cuánto rendimiento extra obtiene una estrategia por cada unidad de riesgo asumido.

$$\text{Sharpe Ratio} = \frac{\mu_{\text{rend}}}{\sigma_{\text{rend}}}$$

donde μ_{rend} es el rendimiento promedio de la inversión y σ_{rend} es la desviación estándar de los rendimientos.

- Sortino Ratio: similar al Sharpe Ratio, pero solo considera el riesgo negativo (desviación estándar de las pérdidas).

$$\text{Sortino Ratio} = \frac{\mu_{\text{rend}}}{\sigma_{\text{neg}}}$$

donde σ_{neg} es la desviación estándar de los rendimientos negativos.

- Maximum Drawdown (MDD): indica la pérdida máxima que una inversión experimenta desde un pico hasta el punto más bajo antes de recuperarse.

$$\text{Maximum Drawdown} = \frac{\text{Valor máximo} - \text{Valor mínimo posterior}}{\text{Valor máximo}}$$

- Calmar Ratio: relaciona la rentabilidad promedio anual con el máximo drawdown.

$$\text{Calmar Ratio} = \frac{\text{Rendimiento anual promedio}}{\text{Maximum Drawdown}}$$

Estas métricas permiten evaluar tanto la rentabilidad como el riesgo de la estrategia, proporcionando un panorama completo de su desempeño y estabilidad a lo largo del tiempo.

Resultados

Mejores parámetros

Después de realizar la optimización estos fueron los mejores valores para cada parámetro:

- RSI Window: 13
- RSI Lower: 28
- RSI Upper: 70
- MACD Fast: 15
- MACD Slow: 20
- MACD Signal: 5
- BB Window: 18
- BB Dev: 2.498545238642646
- Stop Loss: 0.09816577185523342
- Take profit: 0.14454335964233622

- Capital Exposure: 0.22212927294334922

Train

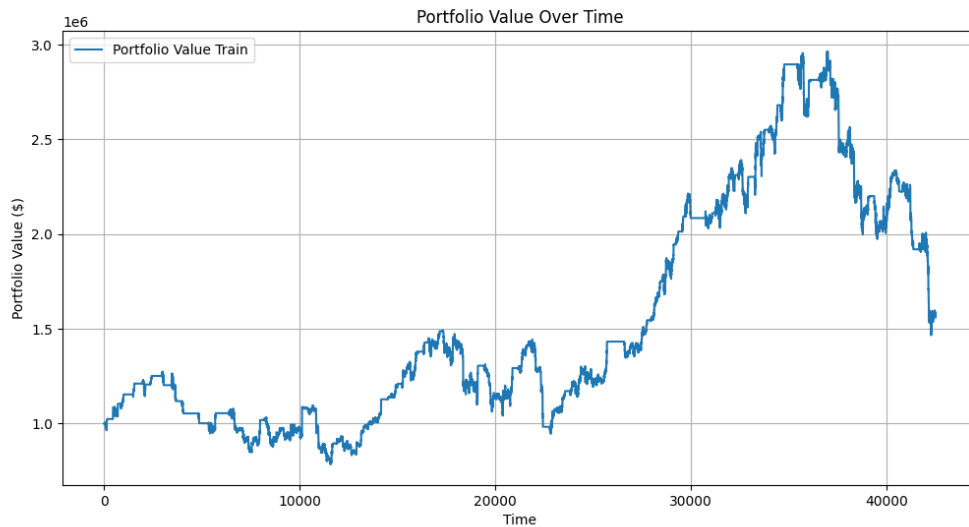
Portfolio Final Value: 1,560,799.56

Final Cash: 1,559,930,88

Win Rate: 52.96%

Métricas:

Sharpe Ratio	Sortino Ratio	Maximum Drawdown	Calmar Ratio
0.46133	0.709183	0.505475	0.264584



El portafolio mostró un crecimiento notable, pasando de un capital inicial de 1,000,000 a 1,560,799, lo que representa un retorno total de aproximadamente 56.08%.

Sin embargo, al analizar las métricas de desempeño ajustadas al riesgo, se observa que la estrategia presenta un perfil de riesgo elevado. El Sharpe Ratio de 0.46 indica que por cada unidad de riesgo asumido solo se obtuvo 0.46 unidades de retorno excedente, lo cual se considera bajo. De manera similar, el Sortino Ratio de 0.71 también refleja un desempeño débil, evidenciando demasiado riesgo a la baja en comparación con los rendimientos positivos.

El Maximum Drawdown alcanzó un 50.5%, lo que significa que en el peor momento el portafolio perdió más de la mitad de su valor máximo antes de recuperarse, un nivel de pérdida considerablemente alto para un periodo de entrenamiento. Finalmente, el Calmar Ratio de 0.26 confirma esta relación desfavorable entre riesgo y retorno, ya que por cada unidad de riesgo asumido solo se generó 0.26 unidades de rentabilidad.

En la gráfica de evolución del portafolio se aprecia una tendencia general alcista, aunque con caídas significativas hacia el final del periodo, lo cual coincide con el elevado nivel de drawdown registrado. Esto sugiere que, si bien la estrategia logra generar beneficios, la exposición al riesgo es excesiva y sería recomendable implementar mejoras en la gestión del riesgo y la estabilidad del rendimiento.

Test

Porfolio Final Value: \$1,456,427.78

Cash: \$1,455,538.93

Win Rate: 58.15%

Métricas:

Sharpe Ratio	Sortino Ratio	Maximum Drawdown	Calmar Ratio
0.95415	1.442082	0.20872	1.31166

En la fase de prueba, el portafolio alcanzó un valor final de \$1,456,427.78, considerando que el capital inicial es de \$1,000,000 lo que representa un retorno total aproximado de 45.64%. El resultado es un poco menor comparado con el de entrenamiento, pero muestra una mejora en las métricas.

El Sharpe Ratio aumentó de 0.46 del entrenamiento a 0.95 en la prueba, hay una mejor relación entre rendimiento y volatilidad, por cada unidad de riesgo se obtiene casi una unidad de retorno excedente, acercándose a un nivel considerado aceptable. De forma similar, el Sortino Ratio mejoró de 0.71 a 1.44, mostrando una reducción importante de riesgo a la baja y un comportamiento más equilibrado entre pérdidas y ganancias.

El Maximum Drawdown disminuyó de 50.5% a 20.87%, lo cual es una mejora considerable. Esto significa que la pérdida máxima experimentada en el periodo de prueba fue mucho menor que en el entrenamiento, reflejando un control de riesgo más eficiente y una mayor estabilidad del portafolio. El Calmar Ratio también mejoró notablemente, pasando de 0.26 a 1.31, lo que indica que el retorno obtenido compensa adecuadamente las caídas máximas y se encuentra dentro de un rango considerando bueno.

Además, podemos observar que el Win Rate aumentó de 52.96% a 58.15%, lo que sugiere que las operaciones exitosas fueron mayores en la fase de prueba. Es decir que la estrategia logró mantener su efectividad fuera del conjunto de entrenamiento, evitando en gran medida el sobreajuste.

Validation

Porfolio Final Value: \$1,584,860.11

Cash: \$1,583,010.06

Win Rate: 46.98%

Métricas:

Sharpe Ratio	Sortino Ratio	Maximum Drawdown	Calmar Ratio
0.32858	0.49208	0.255125	0.357152

En la fase de prueba, el portafolio alcanzó un valor final de \$1,584,860.11, en este caso el capital inicial es de la fase de prueba de \$1,456,427.78.

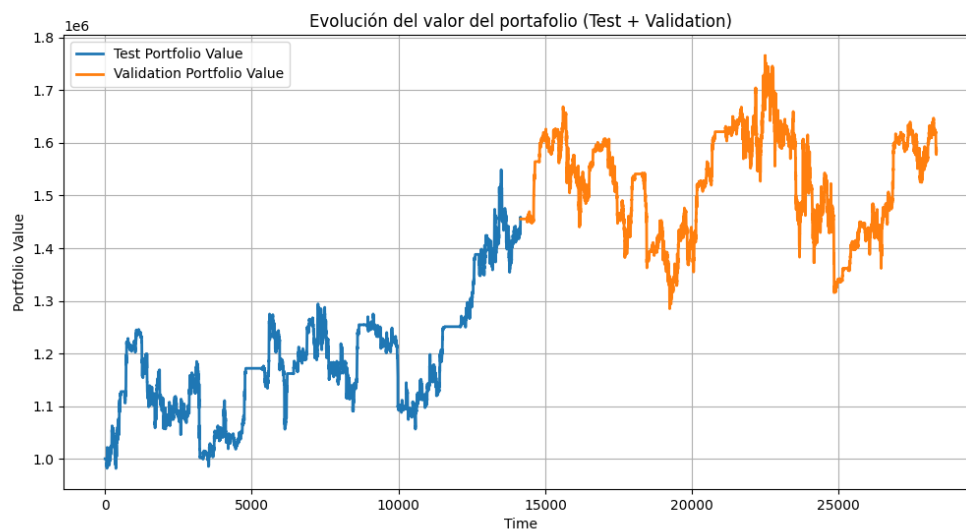
En este caso el win rate fue de 46.98%, lo que significa que menos de la mitad de las operaciones resultaron ganadoras. Este dato se puede interpretar junto con las métricas, un modelo puede ser rentable aun con una tasa de aciertos baja, siempre y cuando las ganancias superen las pérdidas en magnitud. En este caso, los resultados muestran un desempeño estable, aunque con una eficiencia limitada.

Las métricas financieras confirman esto ya que el Sharpe Ratio de 0.33 y el Sortino Ratio de 0.49 indican que el modelo asume un nivel de riesgo relativamente alto en comparación con el retorno obtenido, por lo que la rentabilidad ajustada al riesgo es baja. El Maximum Drawdown es de 25.51% dice que, en algún punto, el portafolio experimentó una caída moderada desde su máximo histórico, el Calmar Ratio de 0.36 evidencia que el retorno generado no compensa del todo esa caída.

Test + Validation

Métricas:

Sharpe Ratio	Sortino Ratio	Maximum Drawdown	Calmar Ratio
0.645917	0.9719	0.255125	0.714338



Datetime	Monthly Returns	Quarterly Returns	Annual Returns
30/06/22	0.010191	0.010191	0
31/07/22	0.201404	0	0
31/08/22	-0.075833	0	0
30/09/22	-0.033048	0.073605	0
31/10/22	0.053123	0	0
30/11/22	-0.078108	0	0
31/12/22	-0.025779	-0.054163	0.025803
31/01/23	0.142278	0	0
28/02/23	0.034254	0	0
31/03/23	-0.008404	0.171477	0
30/04/23	0.054223	0	0
31/05/23	-0.067163	0	0
30/06/23	0.061491	0.043889	0
31/07/23	-0.030333	0	0
31/08/23	-0.102112	0	0
30/09/23	0.038067	-0.096204	0
31/10/23	0.103333	0	0
30/11/23	0.031549	0	0
31/12/23	0.068076	0.215622	0.343559
31/01/24	0.031683	0	0
29/02/24	0.100304	0	0
31/03/24	0.03917	0.179629	0
30/04/24	-0.084234	0	0
31/05/24	0.065537	0	0
30/06/24	-0.06682	-0.089419	0
31/07/24	0.032856	0	0
31/08/24	-0.095139	0	0
30/09/24	0.031347	-0.036112	0

31/10/24	0.082775	0	0
30/11/24	0.050855	0	0
31/12/24	-0.028788	0.105083	0.144156
31/01/25	0.077024	0	0
28/02/25	-0.140513	0	0
31/03/25	-0.008549	-0.082225	0
30/04/25	-0.058934	0	0
31/05/25	0.045531	0	0
30/06/25	0.030443	0.013867	0
31/07/25	0.091195	0	0
31/08/25	-0.04141	0	0
30/09/25	0.0326	0.080109	0
31/12/25	0	0	0.005043

En este caso podemos ver el portafolio final, donde se considera la fase de prueba y validación como un solo periodo, en cuanto al valor del portafolio es el mismo que el de la fase de validación ya que solamente se están juntando ambos trayectos, pero el resultado es igual en cuanto a esto.

El Sharpe Ratio de 0.6459 sugiere que el rendimiento ajustado al riesgo es aceptable, aunque no sobresaliente; el portafolio logra retornos razonables, pero con una volatilidad algo elevada. Por su parte, el Sortino Ratio de 0.9719 es superior al Sharpe, lo que indica que la mayor parte de la variabilidad proviene de movimientos al alza y no de pérdidas significativas. Esto refleja un manejo adecuado del riesgo a la baja. El Maximum Drawdown, de aproximadamente 25.5%, representa la caída máxima desde un pico histórico. Aunque no es excesivamente alto, denota que el portafolio puede sufrir retrocesos relevantes en ciertos periodos. Finalmente, el Calmar Ratio de 0.7143 muestra una relación rendimiento con riesgo aceptable.

En la gráfica de evolución del portafolio se observa que, durante el periodo de prueba, la estrategia mantiene una tendencia alcista constante, con retrocesos leves y un crecimiento progresivo del capital. En cambio, durante la fase de validación el comportamiento se vuelve más volátil y lateral, con subidas y bajadas más pronunciadas y sin alcanzar nuevos máximos sostenidos. Esto podría indicar una pérdida parcial de capacidad predictiva fuera del periodo de entrenamiento, o un cambio en las condiciones del mercado que afectó el desempeño.

Limitaciones

Aunque es cierto que esta estrategia con estos parámetros mostro buenos rendimientos, no siempre era el caso, la mayoría de las veces que se ejecutaba la

estrategia existían escenarios con pérdidas, esto demuestra la inestabilidad del mercado en este caso de las criptomonedas debido a su alta volatilidad, esto se demuestra ya que, aunque se esté trabajando con datos ya conocidos y establecidos aun así existe pérdida en muchos casos.

De igual manera, aunque el backtesting toma en cuenta ciertas condiciones como la comisión y el capital inicial, es verdad que no toma todos los factores que existen en un entorno real, que puedan llegar a afectar los rendimientos del modelo.

Conclusiones

La estrategia mostró un desempeño efectivo en términos generales, considerando las condiciones de alta volatilidad propias del mercado de Bitcoin. Es importante reconocer que, debido a la naturaleza de este activo, los movimientos de precio suelen ser bruscos y poco predecibles, lo cual incrementa el riesgo y puede afectar la estabilidad de los resultados. Aun así, la estrategia logró adaptarse de manera razonable a dichas condiciones y generar un rendimiento positivo.

Es posible que la efectividad del modelo pudiera haber sido aún mayor si se hubieran incorporado indicadores adicionales o una combinación más amplia de variables técnicas. Una mayor diversidad de señales habría permitido una mejor detección de los cambios de tendencia y una reducción de las operaciones menos rentables. No obstante, dentro de los parámetros definidos, la estrategia demostró una gestión adecuada del riesgo y una estructura de decisión coherente.

Los resultados finales reflejaron un rendimiento neto de aproximadamente 584,860.11 dólares, lo cual representa una ganancia considerable, especialmente al considerar la complejidad del activo operado. Aunque las métricas de desempeño no alcanzaron niveles sobresalientes, se mantuvieron dentro de un rango aceptable para una estrategia expuesta a alta volatilidad. La implementación de Optuna como herramienta de optimización contribuyó significativamente al rendimiento del modelo, al permitir un ajuste más eficiente de los hiperparámetros y evitar problemas de sobreajuste, logrando así un comportamiento más equilibrado entre las fases de prueba y validación.

En resumen, los resultados obtenidos son satisfactorios: la estrategia logró rendimientos positivos en un entorno complejo, manteniendo un control razonable del riesgo. A futuro, se recomienda continuar explorando combinaciones de indicadores, ajustar los periodos de entrenamiento y aplicar técnicas de validación más robustas para mejorar la consistencia y la capacidad predictiva del modelo.

