

PAP - PROGRAMA DE MODELACIÓN MATEMÁTICA PARA EL DESARROLLO DE PLANES Y PROYECTOS DE NEGOCIO

“Estrategias de Rotación Sectorial”

Integrantes:

Alvarado Garnica Óscar Uriel - **734194**

Enriquez Nares Diego Emilio - **728356**

Martínez Ramírez José Alfonso - **734272**

Mugica Liparoli Juan Antonio - **728370**



*Prof. Sean Nicolás
González Vázquez*

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....2

FLUJO DE TRABAJO2

 OBJETIVO DEL PROYECTO 2

 DEFINICIÓN DEL PROYECTO 3

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROYECTO.....3

 ROTACIÓN SECTORIAL 3

 NATURALEZA DE LOS ACTIVOS5

 INDICADORES ECONÓMICOS 5

 FASES DE LA ECONOMÍA 6

 ASSET ROTATION 7

 METODOLOGÍA GENERAL 8

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS9

 RESUMEN ESTADÍSTICO HISTÓRICO 9

 COMPORTAMIENTO HISTÓRICO 11

 DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA..... 13

 CUARTILES HISTÓRICOS 14

 CORRELACIÓN HISTÓRICA 15

MODELO17

 DISEÑO Y CONCEPTUALIZACIÓN 17

 ENTRENAMIENTO Y VALIDACIÓN 20

 OPTIMIZACIÓN Y GENERALIZACIÓN DE PARÁMETROS E HIPER-PARÁMETROS..... 20

 IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIA ESPERADA 20

 SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN 21

 IMPLEMENTACIÓN 21

BACKTESTING DINÁMICO21

 FUNDAMENTACIÓN..... 21

 MÉTRICAS DE DESEMPEÑO 21

 COMPARACIÓN CON EL ‘BENCHMARK’ 21

CONCLUSIONES.....21

ANEXOS.....22

 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROYECTO 22

 SOFTWARE 23

 GLOSARIO 23

BIBLIOGRAFIA.....27

ESTRATEGIAS DE ROTACIÓN SECTORIAL

INTRODUCCIÓN

En el dinámico y complejo entorno de los mercados financieros, los gestores de portafolios se enfrentan al desafío de anticipar los movimientos del mercado y ajustar sus estrategias de inversión de acuerdo con las fases del ciclo económico. Este proyecto se centra en desarrollar un modelo matemático basado en el concepto de la rotación sectorial, utilizando indicadores económicos clave, como: CLI, BCI, GDP y CCI, para guiar la toma de decisiones de inversión. La teoría fundamental es que los diferentes sectores económicos responden de manera distinta a las fluctuaciones económicas, lo que ofrece oportunidades para optimizar la asignación de activos en función de la fase del ciclo económico del momento.

Mediante la recopilación y el análisis de datos históricos, este proyecto busca identificar patrones y relaciones entre los indicadores económicos y el rendimiento del S&P 500 (benchmark), con el objetivo de construir un modelo matemático que no solo anticipe los movimientos del mercado financiero, sino que también ofrezca estrategias cuantitativas de cuándo sobreponderar (overweight), subponderar (underweight) o mantener una posición neutral en un sector económico específico. La implementación de estas técnicas y de un modelado matemático permitirá evaluar su efectividad, validarlas mediante backtesting dinámico y compararlas con un modelo benchmark.

FLUJO DE TRABAJO

OBJETIVO DEL PROYECTO

El propósito de este proyecto es desarrollar un modelo matemático que permita anticipar las fases del ciclo económico y, a partir de esta predicción, diseñar una estrategia de inversión cuantitativa que optimice la toma de decisiones en función de las condiciones económicas del

momento. Se buscan aplicar técnicas de asset allocation para ajustar la exposición a diferentes sectores económico. Además, se llevará a cabo una comparación exhaustiva del desempeño de esta estrategia frente a un benchmark, con el objetivo de validar su efectividad a través de análisis estadísticos y un enfoque basado en datos históricos.

DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Se realizará un análisis descriptivo y una comparación gráfica de los indicadores económicos (mencionados anteriormente) contra un benchmark (S&P 500). Luego, se descargarán los datos históricos del benchmark y de sus respectivo activos financieros y se clasificarán según su naturaleza (beta): pro-cíclico (1) o anti-cíclico (0); después, se propondrán distintos modelos matemáticos con el objetivo de clasificar la postura (overweight, underweight o neutral) de la estrategia de rotación sectorial seleccionada. Posteriormente, se entrenará y validará el mejor modelo hallado, se optimizarán y generalizarán sus respectivos parámetros e hiper-parámetros y se evaluará una estrategia de inversión también propuesta. Finalmente, se implementará dicha estrategia con el modelo seleccionado, se realizará un backtesting dinámico (el cual validará la implementación de dicho modelo) con una selección aleatoria de activos financieros, se identificarán sus respectivas métricas de desempeño y, por último, se visualizará una comparación contra el benchmark.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROYECTO

ROTACIÓN SECTORIAL

La rotación sectorial es una estrategia de inversión que consiste en ajustar portafolios cambiando la asignación de activos financieros entre sectores económicos según la fase del ciclo económico del momento. Imagina que eres un gestor de portafolios y observas que hay cambios en la economía, ya sea por cambios en las tasas de interés, nuevas políticas monetarias de diferentes bancos centrales o también por ser un gestor de portafolios que revisa de forma recurrente los

indicadores económicos para entender qué es lo próximo que puede ocurrir en el mercado financiero en base a distintas métricas económicas. En base a un análisis, prevés que en los próximos meses es probable que la economía entre en recesión o que se experimente una expansión económica. Dependiendo de estas condiciones económicas, debes ajustar tu portafolio para maximizar los rendimientos, minimizar las pérdidas y ajustar el riesgo en base a la aversión al riesgo que tienen tus clientes.

Dicha estrategia implica seleccionar y ponderar sectores económicos específicos en el portafolio según la fase del ciclo económico en la que se encuentra la economía. Los mercados financieros tienen tendencias alcistas y bajistas dependiendo las expectativas económicas que tienen los participantes. En base a esto, es importante tener en cuenta que hay momentos donde conviene estar overweight en activos financieros agresivos (pro-cíclicos) y underweight en activos financieros defensivos (anti-cíclicos). Una métrica interesante para saber cuándo un activo financiero es pro-cíclico o anti-cíclico se conoce, como: 'beta' (β), el cual es un indicador que nos alerta cuánto se mueve un activo financiero con respecto al mercado financiero (benchmark), el significado de la beta varía dependiendo su valor:

- $\beta = 1$: El activo se mueve igual que el mercado financiero.
- $\beta < 1$: El activo tiene una relación inversa al mercado financiero. Por ejemplo, una beta de 0.40 indica que, si el mercado sube 1, nuestro activo sube menos (0.40), lo que implica menor riesgo sistemático.
- $\beta > 1$: El activo se mueve en la misma dirección que el mercado financiero, pero con mayor fuerza, lo que conlleva mayor riesgo sistemático.

Conociendo el ciclo económico, podemos seleccionar activos financieros con alguna beta específica. En periodos de recesión económica, es conveniente optar por activos defensivos con una beta inferior a uno. En tiempos de expansión económica, es preferible elegir activos con una beta igual o superior a uno. Es por eso por lo que un gestor de portafolios puede superar al mercado financiero alternando entre sobreponderar, subponderar y mantener una posición neutral en activos agresivos y defensivos, según el ciclo económico en el que se encuentre la economía.

NATURALEZA DE LOS ACTIVOS

- *Pro-cíclica*: Activo o estrategia financiera que tiende a beneficiarse durante periodos de expansión económica, como el sector industrial o tecnológico. Ponderación alta en activos pro-cíclicos. Este tipo de activos son elásticos, es decir, tienen un gran impacto respecto al cambio de precios o condiciones económicas; presentan una beta (β) > 0.7 . Algunos ejemplos de sectores: Tech, Consumer Discretionary, Financial y Real State.
- *Anti-cíclica*: Activo o estrategia financiera que tiende a tener un buen desempeño durante periodos de recesión económica, como el sector de consumo básico. Ponderación alta en activos anti-cíclicos. Este tipo de activos son inelásticos, es decir, no se ven afectados por cambios o alteraciones generales del mercado; presentan un rango de beta $0 > \beta > 0.70$. Algunos ejemplos de sectores: Consumer Staples, Healthcare, Utilities y Safe-Haven Commodities.

INDICADORES ECONÓMICOS

- 1- *Business Confidence Index (BCI)*: Este indicador económico mide la confianza de las empresas en la economía, lo que refleja su disposición a invertir en nuevos proyectos, contratar empleados, y expandir operaciones. Si las empresas son optimistas sobre el futuro, comenzarán a realizar inversiones antes de que se materialice el crecimiento económico, lo que puede hacer que el BCI se adelante al ciclo económico. Un aumento en la confianza empresarial sugiere un incremento en la actividad económica futura, mientras que una disminución podría indicar una desaceleración.
- 2- *Consumer Confidence Index (CCI)*: Este indicador económico mide la confianza de los consumidores en la economía, lo que afecta directamente sus decisiones de gasto y ahorro. Si los consumidores están confiados en su situación financiera y en el estado de la economía, es probable que aumenten su consumo, impulsando la demanda agregada antes de que se refleje en el crecimiento económico. Por otro lado, si la confianza disminuye, los consumidores pueden recortar sus gastos, lo que podría anticipar una recesión económica.
- 3- *Composite Leading Indicator (CLI)*: Este indicador económico es un índice compuesto que incluye varios indicadores económicos adelantados, como el empleo, los pedidos de

manufactura, y los permisos de construcción, entre otros. Estos componentes están seleccionados porque tienden a moverse antes que el ciclo económico general. Al agrupar múltiples indicadores adelantados, el CLI proporciona una señal temprana de cambios en la actividad económica, permitiendo prever fases de expansión o recesión en la economía.

- 4- *Gross Domestic Product (GDP)*: Este indicador económico mide el valor total de los bienes y servicios producidos en una economía durante un período específico. Sin embargo, a diferencia de los otros indicadores, el GDP es un indicador rezagado, ya que refleja el resultado final de la actividad económica en lugar de preverla. Dicho esto, algunos componentes del GDP, como el gasto en inversión y el gasto de los consumidores, pueden contener información sobre tendencias futuras.

FASES DE LA ECONOMÍA

- 1- *Macro Bottoming*: En esta fase existe un incremento en las ganancias o utilidades de una empresa o del mercado en general también conocido como ‘earnings expansion’. También en el periodo de acumulación el mercado financiero está en una tendencia ascendente, donde los precios de las acciones están subiendo. Esto generalmente ocurre en respuesta a factores positivos como un crecimiento económico sólido, buenas noticias corporativas o políticas económicas favorables, a este término se le conoce como ‘rising equity markets’. En esta temporada las condiciones macroeconómicas son desfavorables, existe un sentimiento positivo en el mercado financiero y es momento de inversión en activos financieros con beta alta (pro-cíclicos).
- 2- *Macro Improving*: La economía está en su mejor momento, altas ganancias corporativas, los bancos centrales comienzan a subir las tasas de interés, valuaciones elevadas, las acciones alcanzan su techo, también existe un sentimiento eufórico en el mercado financiero donde todos recomiendan comprar. Se recomienda comenzar la transición de activos financieros pro-cíclicos a anti-cíclicos.
- 3- *Macro Peaking*: La economía tiene un crecimiento económico insostenible y hay una contracción de la demanda. Existe una disminución de las ganancias empresariales, las tasas de interés se encuentran en máximos históricos, caen los mercados financieros, los inversionistas tienen un sentimiento pesimista del mercado financiero. Se recomienda tener el

portafolio compuesto por activos financieros defensivos, es decir, un portafolio compuesto con activos de beta baja y empresas en sectores inelásticos.

- 4- *Macro Declining*: En esta fase económica comienza un período de recesión, caída de ganancias empresariales, se crean políticas económicas expansivas donde inician recortes en las tasas de interés, el mercado financiero alcanza su punto más bajo, las métricas fundamentales de las empresas comienzan a mejorar, el sentimiento en el mercado es mixto y se recomienda que el portafolio pase por una transición hacia activos más agresivos.

ASSET ROTATION

La rotación de activos, conocida como 'asset rotation', es una estrategia de inversión que busca maximizar los rendimientos mediante la diversificación sectorial económica. Esta estrategia se basa en la naturaleza pro-cíclica o anti-cíclica de los activos financieros, aprovechando las distintas fases del ciclo económico. En este proyecto, se propone una estrategia de rotación sectorial en la que se seleccionarán activos financieros de manera aleatoria y se ajustarán sus ponderaciones en el portafolio de inversión, de acuerdo con las características de cada activo y la postura adecuada.

Posturas:

- *Overweight*: Ponderación alta en activos pro-cíclicos.
- *Neutral*: Ponderación combinada y/o equilibrada en activos pro-cíclicos y anti-cíclicos.
- *Underweight*: Ponderación alta en activos anti-cíclicos.

Para identificar si un activo es pro-cíclico o anti-cíclico, se utilizará la beta como medida de referencia.

$$\beta = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)}$$

Donde:

- R_i : rendimiento del activo.
- R_m : rendimiento del mercado.

- $Cov(R_i, R_m)$: covarianza entre los rendimientos del activo y los rendimientos del mercado.
- $Var(R_m)$: varianza de los rendimientos del mercado.

METODOLOGÍA GENERAL

Implementar un algoritmo para predecir el ciclo económico, teniendo como base los indicadores económicos previamente mencionados. Aunque tienen distintos enfoques, metodologías y componentes, son indicadores seleccionados con el objetivo de anticiparse al mercado financiero con distintos factores económicos, como los datos de construcción de viviendas, expectativas empresariales, confianza en el consumidos, expectativas de producción, venta, empleo entre otros. Debido a esto, pueden llegar a ir adelantados al benchmark seleccionado. Los indicadores representaran X en el modelo matemático, mientras que se construirá Y , identificando con un valor de -1 , 0 , 1 a cada registro, en función de los rendimientos históricos del benchmark.

- *Overweight*: **1**.
- *Neutral*: **0**.
- *Underweight*: **-1**.

Posteriormente, se entrenará y testeará el modelo matemático inicialmente utilizando una regresión logística para establecer una línea de base que nos permita evaluar el rendimiento del modelo en la predicción del ciclo económico y en la clasificación de activos financieros pro-cíclicos o anti-cíclicos. Una vez obtenida este benchmark, se comparará con modelos más complejos como redes neuronales multicapa o XGBoost. Evaluando su desempeño con relación a la regresión logística y optimizando los parámetros e hiper-parámetros solo si ofrecen una mejora significativa en las predicciones. La elección final del modelo matemático se realizará en función de su capacidad para predecir con precisión las fases del ciclo económico, así como su desempeño en el backtesting dinámico que se desarrollará posteriormente. Una vez identificada la postura económica esperada se seleccionará una estrategia de inversión, la cual será implementada siguiendo el concepto de rotación sectorial, con el modelo matemático previamente entrenado y validado.

En este punto, se obtendrán los precios de los activos financieros que conforman el benchmark seleccionado, clasificándolos en pro-cíclicos y anti-cíclicos (según su beta). Se seleccionarán aquellos que mejor se ajusten a la fase del ciclo económico. Una vez seleccionados, la optimización se llevará a cabo utilizando modelos de asset allocation propuestos, algunos ejemplos pueden ser: el Ratio de Sharpe o el Ratio de Jensen. Estos ratios se utilizarán para encontrar la combinación de activos que ofrezca el mejor equilibrio entre riesgo y rendimiento. Posteriormente, se evaluarán distintas métricas de desempeño para compararlos con un benchmark.

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS DATOS

Mediante un análisis exploratorio de datos (EDA), se identificarán patrones, anomalías y relaciones en los indicadores económicos seleccionados y en el benchmark.

RESUMEN ESTADÍSTICO HISTÓRICO

```
Summary statistics:
^GSPC CLOSE      CLI      BCI      GDP      CCI
count    289.000000  289.000000  289.000000  289.000000  289.000000
mean    1987.169547  99.779276  99.937007  99.900981  99.696149
std     1078.264977  1.271074  1.151665  1.206805  1.526347
min      735.090027  93.483700  95.797870  92.026080  96.201320
25%     1191.329956  99.188310  99.288160  99.556070  98.560120
50%     1454.599976  99.910780  99.956170  99.936840  99.904290
75%     2640.870117  100.657200  100.735500  100.521100  100.915900
max      4845.649902  101.954200  102.119800  101.872500  102.848900

Missing values:
^GSPC CLOSE      0
CLI              0
BCI              0
GDP              0
CCI              0
dtype: int64

Outliers
(array([106, 107, 108, 108, 109, 109, 110, 110, 111, 112, 242, 243, 243,
       244, 244, 245, 246]), array([2, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 1, 3, 1, 3, 1, 3, 3, 3]))
```

Imagen 1. Comparativa del resumen estadístico, valores faltantes y outliers: indicadores económicos VS benchmark.

En primera instancia, se calculó un conjunto de estadísticas descriptivas (**imagen 1**), lo que permitió observar que los indicadores económicos mantienen una estabilidad relativa con medias cercanas a 100, lo cual está alineado con la normalización base 100 aplicada previamente. Por otro lado, el benchmark mostró una mayor volatilidad, con una desviación estándar considerablemente alta, indicando fluctuaciones significativas en el mercado durante el período analizado. Adicionalmente, se identificaron outliers en los indicadores económicos, específicamente en BCI, GDP y CCI, lo que sugiere la presencia de eventos atípicos o inusuales que podrían afectar la correlación entre estos indicadores y el comportamiento del mercado.

Además, la mediana de los indicadores es mayor que la media, lo que sugiere una asimetría positiva o una distribución sesgada a la izquierda. Esto implica que, aunque la mayoría de los valores tienden a ser altos, hubo algunos eventos negativos significativos (outliers) que redujeron las medias de los indicadores. Estos outliers negativos son cruciales para entender los períodos de recesión económica, que pueden haber afectado los niveles de confianza tanto empresarial como del consumidor.

Por otro lado, se identificaron outliers en algunos de los indicadores económicos, particularmente en el BCI, GDP y CCI. Estos outliers indican la presencia de eventos económicos inusuales que, en algunos casos, podrían estar relacionados con crisis económicas o períodos de recesión. Estos eventos pueden haber afectado significativamente la relación entre los indicadores económicos y el comportamiento del mercado financiero, alterando las expectativas de los inversores y generando una mayor volatilidad.

COMPORTAMIENTO HISTÓRICO

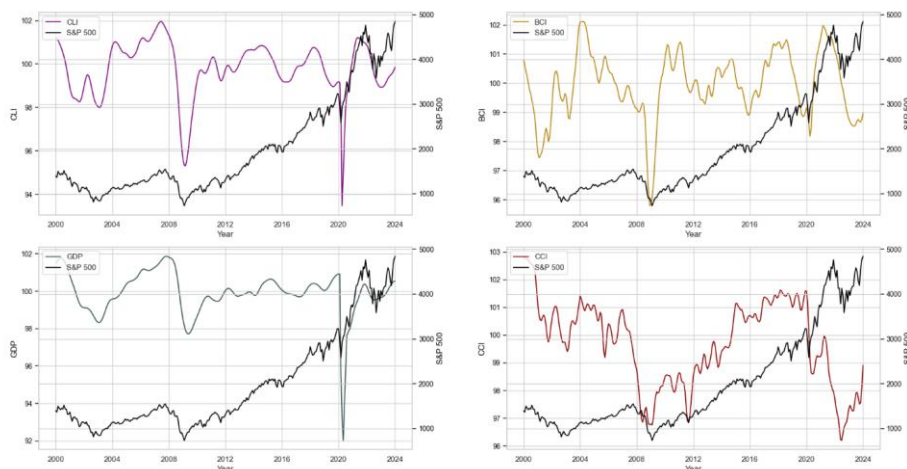


Imagen 2. Comparativa individual del comportamiento histórico: indicadores económicos VS benchmark.

El análisis gráfico (**imagen 2**) de la evolución del benchmark en comparación con los indicadores económicos seleccionados revela dinámicas interesantes que refuerzan la complejidad de la relación entre el mercado financiero y el ciclo económico. En particular, se observa que el benchmark muestra un patrón de crecimiento sostenido, especialmente a partir de la década de 2010, mientras que los indicadores económicos como el CLI y el BCI presentan fluctuaciones más volátiles. Este comportamiento sugiere que, aunque los indicadores económicos capturan las condiciones macroeconómicas en diferentes fases del ciclo, el mercado financiero parece estar más influenciado por las expectativas de futuro y no solo por la situación económica actual. Esto puede explicar por qué el mercado financiero anticipa movimientos importantes antes de que los indicadores reflejen cambios significativos.

En el caso del GDP, un indicador de naturaleza más rezagada, se observa una correlación menos directa con las fluctuaciones del benchmark. Esta falta de sincronización puede atribuirse a que el GDP refleja la actividad económica pasada, mientras que el mercado financiero generalmente reacciona a expectativas de la población. Este desfase temporal es clave para entender cómo los

inversores anticipan los movimientos del mercado, basándose en otros indicadores económicos más adelantados, como el CLI y el BCI, para tomar decisiones informadas.

Por otro lado, la relación entre el CCI y el benchmark, aunque es más consistente, presenta momentos de divergencia. Esto indica que la confianza del consumidor puede ser más volátil y estar sujeta a cambios abruptos en el entorno macroeconómico, como eventos políticos o globales, que afectan la percepción del mercado. La volatilidad observada en el CCI puede también reflejar una mayor sensibilidad de los consumidores a factores externos, lo que genera oscilaciones en sus expectativas de gasto y, por ende, influye indirectamente en el comportamiento del mercado financiero.

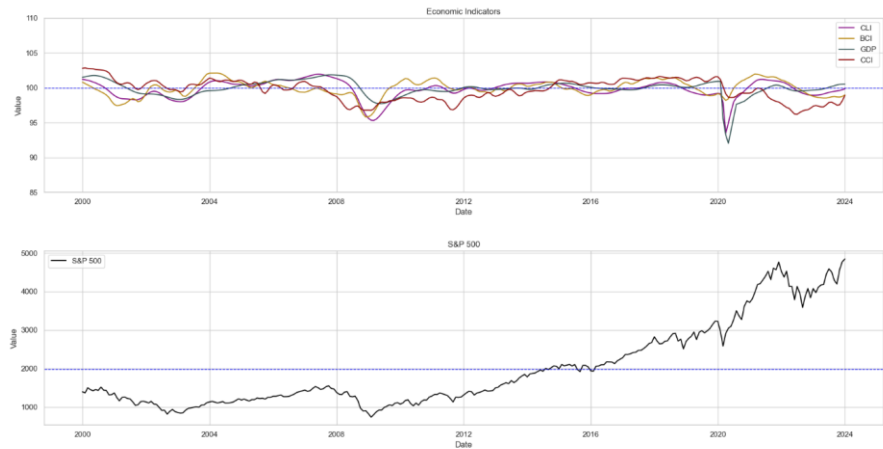


Imagen 3. Comparativa colectiva del comportamiento histórico: indicadores económicos VS benchmark.

Estos gráficos (**imagen 2 e imagen 3**) ponen como tema la necesidad de un enfoque más sofisticado para captar las relaciones temporales y la causalidad entre los indicadores económicos y el rendimiento del mercado financiero. La presencia de estas divergencias sugiere que el modelo deberá considerar la posibilidad de diferentes ventanas temporales y técnicas de suavizado que permitan capturar mejor la dinámica entre los indicadores adelantados y el benchmark.

DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA

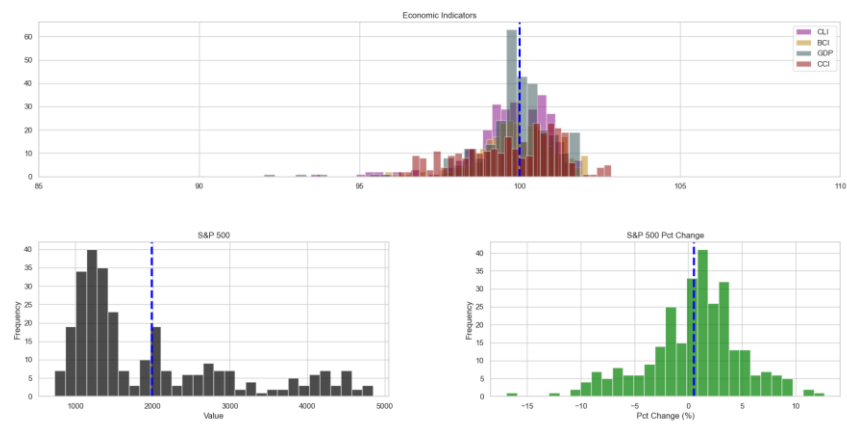


Imagen 4. Comparativa colectiva de las distribuciones históricas: indicadores económicos VS benchmark.

La distribución de los indicadores económicos (**imagen 4**) en comparación con el benchmark revela una notable diferencia en la variabilidad de los datos. Todos los indicadores económico se agrupan estrechamente alrededor del valor de 100, lo que indica una estabilidad con fluctuaciones limitadas a lo largo del tiempo. Esta concentración en torno a 100 sugiere que estos tienden a mantenerse relativamente constantes, sin grandes variaciones extremas, lo que contrasta fuertemente con la mayor volatilidad del benchmark.

Por otro lado, el benchmark muestra una dispersión más amplia, lo cual es evidente en su distribución más extendida hacia valores más bajos. Este comportamiento refleja su alta volatilidad, que es característica de los mercados financieros, donde las fluctuaciones son más pronunciadas. La gráfica que muestra los cambios porcentuales en el benchmark refuerza esta idea, evidenciando desviaciones significativas tanto positivas como negativas, lo que subraya la naturaleza impredecible y a menudo brusca del mercado financiero en comparación con los indicadores económicos que son más estables.

Esta divergencia entre la estabilidad de los indicadores económicos y la volatilidad del benchmark destaca cómo el mercado financiero reacciona no solo a las condiciones económicas actuales, sino también a las expectativas futuras y a eventos imprevistos, lo que provoca fluctuaciones más pronunciadas. En conjunto, la comparación refuerza la idea de que los mercados financieros tienden a ser más reactivos, mientras que los indicadores económicos reflejan una imagen más estable y moderada de la economía.

CUARTILES HISTÓRICOS

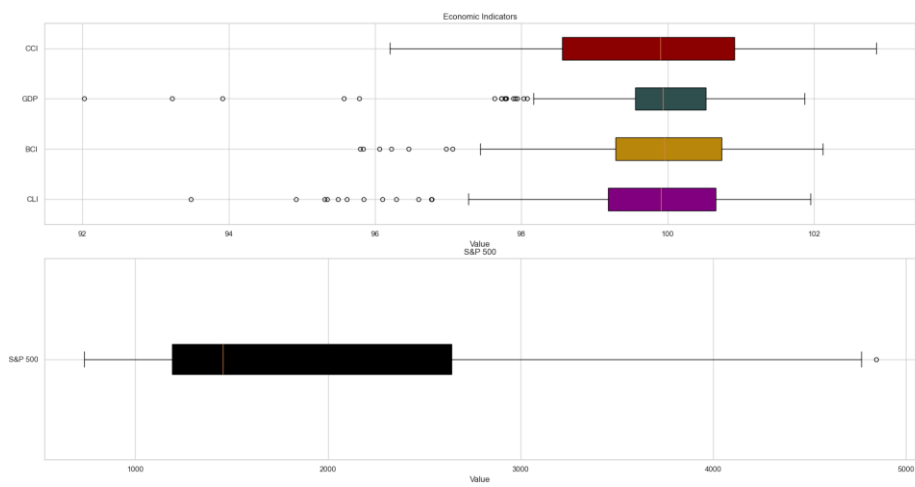


Imagen 5. Comparativa colectiva de los cuartiles históricos: indicadores económicos VS benchmark.

El análisis mediante los diagramas de caja (**imagen 5**) pone de relieve las diferencias en la dispersión y la presencia de outliers entre los indicadores económicos y el benchmark. En los indicadores económicos CCI, BCI y GDP, se observa una mayor concentración de los datos alrededor de sus medianas, lo que refleja una estabilidad relativa. Sin embargo, se identifican outliers, especialmente en el GDP y el BCI, lo cual sugiere episodios de variabilidad anómala que pueden estar asociados a eventos económicos puntuales que afectaron de manera significativa estos, lo cual se ha venido comentando a lo largo de esta exploración.

Por otro lado, el benchmark muestra una mayor extensión en su rango intercuartílico, lo que evidencia una mayor volatilidad en comparación con los indicadores económicos. El amplio rango en el benchmark indica que el mercado financiero experimenta fluctuaciones mucho más extremas. Además, la presencia de un outlier significativo en el benchmark resalta la naturaleza impredecible del mercado financiero, subrayando que este puede estar influenciado por eventos extremos que afectan su comportamiento de manera considerable, contrastando con la estabilidad relativa de los indicadores económicos.

CORRELACIÓN HISTÓRICA

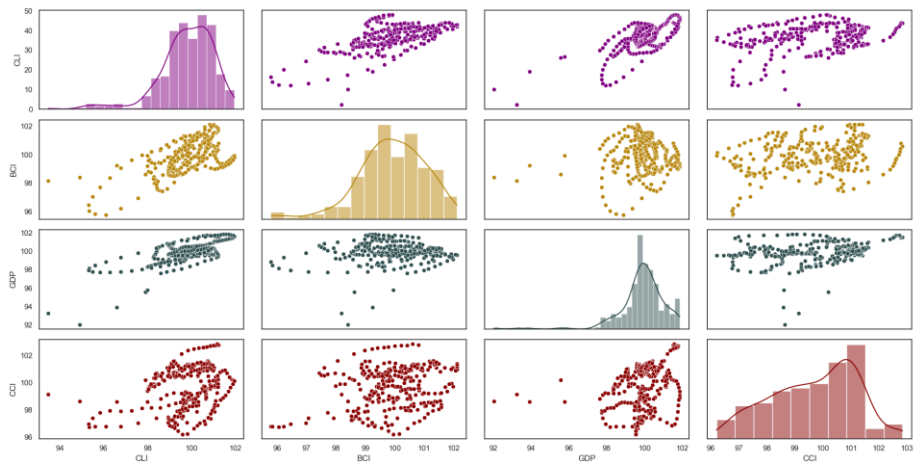


Imagen 6. Comparativa colectiva de la dispersión histórica: indicadores económicos VS benchmark.

En el gráfico de pares (**imagen 6**), se puede observar que los indicadores económicos muestran una correlación positiva en la mayoría de los casos, lo que sugiere que en determinados contextos económicos tienden a reaccionar de manera similar. Sin embargo, no se aprecia una relación lineal clara, ya que la dispersión de los puntos y la estructura de los datos indican que las relaciones entre estos son más complejas de lo que una correlación lineal simple podría describir. También se identifican outliers en algunas de las relaciones, lo que podría deberse a eventos

económicos atípicos que alteraron las dinámicas entre los indicadores. Además, se puede notar la formación de clústeres en algunos gráficos, lo que podría indicar comportamientos diferenciados en ciertos períodos o bajo condiciones económicas específicas.

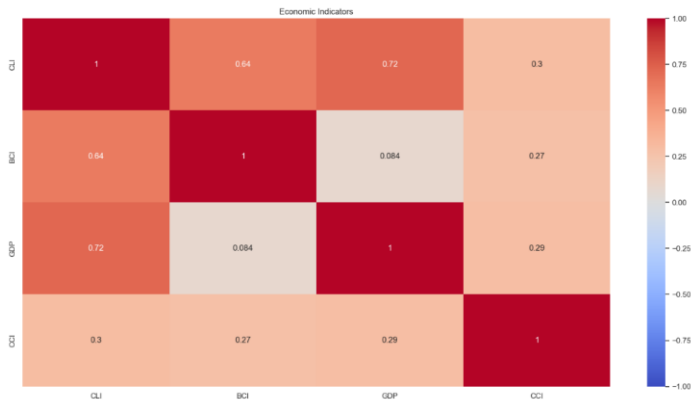


Imagen 7. Comparativa colectiva de la correlación histórica: indicadores económicos VS benchmark.

La matriz de correlación (**imagen 7**) entre los indicadores económicos revela una relación moderada a fuerte entre la mayoría de ellos. En particular, destaca la alta correlación entre el CLI y el GDP (72%), lo que sugiere que estos indicadores suelen moverse en la misma dirección, aunque con distinta magnitud. Este nivel de correlación indica que, si bien estos pueden estar relacionados, la magnitud y el momento en que afectan la actividad económica pueden variar. No obstante, aún no se puede concluir si estas correlaciones serán útiles para anticipar cambios en el ciclo económico, ya que esto dependerá del comportamiento del modelo predictivo en etapas posteriores del análisis.

Por otro lado, la relación más débil se observa entre el BCI y los otros indicadores, especialmente con el GDP (0.084), lo que indica que la confianza empresarial puede estar influenciada por factores independientes que no están necesariamente relacionados de manera directa con el

crecimiento económico general. Esta falta de correlación sugiere que el BCI podría ser más volátil o responder a expectativas de corto plazo, en lugar de cambios estructurales en la economía.

En conjunto, estos patrones de correlación subrayan la importancia de considerar múltiples indicadores económicos para obtener una visión más completa y sus posibles impactos en el mercado financiero, ya que cada uno puede capturar diferentes aspectos del ciclo económico.

En resumen, el análisis exploratorio de datos ha revelado la complejidad inherente en la relación entre los indicadores económicos y el benchmark. Mientras que los indicadores económicos muestran una estabilidad relativa y una agrupación cercana a sus valores normalizados, el benchmark refleja una mayor volatilidad y una sensibilidad a eventos extremos. Las divergencias observadas en los gráficos y la identificación de outliers subrayan la importancia de capturar las dinámicas temporales entre los indicadores económicos adelantados y los rezagados, lo que será crucial para desarrollar un modelo matemático predictivo complejo. Adicionalmente, las correlaciones entre indicadores económicos como el CLI y el GDP refuerzan su valor como señales complementarias en la anticipación del ciclo económico, mientras que otros, como el BCI, pueden estar influenciados por factores de corto plazo. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para ajustar los parámetros del modelo matemático y asegurar que capture tanto la estabilidad económica subyacente como la volatilidad y las fluctuaciones del mercado financiero.

MODELO

DISEÑO Y CONCEPTUALIZACIÓN

En esta fase del proyecto, se procede a la descarga de datos históricos del S&P 500 y de los activos financieros que lo componen. Se obtienen los precios de cierre ajustados de cada uno de los activos del benchmark, descargando datos mensuales en el rango de fechas especificado (desde enero del 2020 hasta junio del 2024). Posteriormente, se consolida el precio de cierre ajustado de cada activo en particular. Esta recopilación de datos no solo proporciona una base sólida para el análisis y modelado matemático posterior, sino que también permite comparar el

rendimiento de los activos individuales con el benchmark, facilitando la evaluación de la estrategia de rotación sectorial.

Para este punto, los datos de nuestros indicadores económicos funcionaran como las X (input) del modelo. En el caso del output, es necesario la generación de nuestras Y, para contar con los datos completos y así entrenar un modelo matemático. Estas Y, serán generadas a partir del comportamiento del precio ajustado de cierre del S&P500. Se calcula el rendimiento diario de este benchmark utilizando el método de cambio porcentual y se define en función de este rendimiento. Cabe recalcar que el 2% (umbral), es una variable por optimizar más adelante en el proceso de este modelo matemático:

- $r_{S\&P\ 500} > 2\%$: Overweight.
- $2\% > r_{S\&P\ 500} > -2\%$: Neutral.
- $r_{S\&P\ 500} < -2\%$: Underweight.

Una vez definido los rangos para el rendimiento del S&P500, se pueden generar los valores de las Y, los cuales serán:

- *Overweight*: 1.
- *Neutral*: 0.
- *Underweight*: -1.

Este enfoque permite categorizar el comportamiento del S&P 500 en tres estados distintos, facilitando así la predicción del ciclo económico. Es importante mencionar que se ajustan los datos para que la Y refleje el rendimiento en el periodo que ocurrió, utilizando 1 rezago (shift), desplazando los valores hacia arriba, asegurando que el modelo matemático pueda anticipar cambios futuros en el mercado financiero. En esta parte del proyecto, así como se puede optimizar el umbral para el rendimiento del S&P500, también se puede aplicar esta técnica de optimización para el número de rezagos por utilizar.

Una vez definidos los indicadores económicos adelantados al ciclo económico, así como la realización del análisis EDA de estos, la descarga de nuestros datos y la generación de nuestro output, completando así nuestra base de datos, se puede pasar a la propuesta de un modelo que ayude a determinar a un gestor de portafolios, cuando es conveniente estar overweight,

underweight o neutral, en activos financieros pro-cíclicos o anti-cíclicos. Los modelos matemáticos propuestos son:

- *Regresión Logística*: Este modelo matemático será empleado como modelo benchmark a superar por los demás modelos matemáticos propuestos cuyo objetivo principal es analizar la relación entre los indicadores económicos adelantados y las decisiones de inversión en activos financieros pro-cíclicos o anti-cíclicos según la fase del ciclo económico. Este permite estimar la probabilidad de que un activo financiero se clasifique como Overweight, Underweight o Neutral en función de las variables predictivas. Su simplicidad y la interpretabilidad de los coeficientes facilitan la identificación de los factores clave que influyen en el ciclo económico. Además, su capacidad para manejar variables categóricas y cuantitativas la convierte en una herramienta robusta para la toma de decisiones de inversión.
- *Red Neuronal*: Esta herramienta es particularmente útil para modelar matemáticamente relaciones complejas y no lineales entre los indicadores económicos y las decisiones de inversión. Su capacidad para identificar patrones en grandes volúmenes de datos la convierte en una opción ideal para predecir la dinámica del ciclo económico a partir de múltiples variables. En el contexto de la rotación sectorial, las redes neuronales son capaces de capturar interacciones que otros modelos matemáticos podrían pasar por alto, permitiendo una mayor precisión en las predicciones. Su flexibilidad en la arquitectura y la capacidad de ajustar hiperparámetros contribuyen a la optimización del rendimiento del modelo matemático, lo que puede mejorar la efectividad de la estrategia de inversión.
- *XGBoost*: Algoritmo de aprendizaje automático basado en árboles de decisión que ha demostrado ser altamente eficaz en tareas de predicción y clasificación. Su enfoque de ensamble permite combinar múltiples modelos matemáticos débiles para crear uno complejo, lo que lo convierte en una opción excelente para abordar la predicción del ciclo económico. XGBoost ofrece una serie de ventajas, como la capacidad de manejar datos faltantes y su eficiencia en términos de tiempo de entrenamiento y rendimiento. En el desarrollo de la estrategia de rotación sectorial, este modelo matemático permitirá optimizar la selección de activos financieros pro-cíclicos o anti-cíclicos mediante la integración de múltiples indicadores económicos, proporcionando así una base sólida para tomar decisiones informadas y mejorar el rendimiento ajustado al riesgo frente al benchmark.

En esta etapa del proyecto, los activos financieros se clasifican como pro-cíclicos o anti-cíclicos en función de su beta (β), que mide la sensibilidad de un activo frente a los movimientos del mercado financiero. Esta clasificación es fundamental para guiar las decisiones de inversión en la estrategia de rotación sectorial, permitiendo ajustar la exposición a los sectores económicos según las condiciones económicas previstas.

- $\beta > 0.7$: Pro-cíclico.
- $0 < \beta \leq 0.7$: Anti-cíclico.

Donde, un activo financiero pro-cíclico, tiende a amplificar los movimientos del mercado financiero, en cambio, un activo financiero anti-cíclico, se mueve en la misma dirección que el mercado financiero, pero con menor intensidad. Con esta clasificación, más adelante, se podrá establecer una combinación óptima en función de la tendencia económica identificada.

Entrega 3:

ENTRENAMIENTO Y VALIDACIÓN

L

OPTIMIZACIÓN Y GENERALIZACIÓN DE PARÁMETROS e HIPER-PARÁMETROS

L

IDENTIFICACIÓN DE TENDENCIA ESPERADA

L

Commented [DE1]: ENTREGA 3:

- Entrenamiento y validación del modelo.
- Optimización y generalización de parámetros del modelo propuesto.
- Identificación de tendencia esperada (OW, UW, N).
- Selección de estrategia de inversión.

SELECCIÓN DE ESTRATEGIAS DE INVERSIÓN

L

Entrega 4:

IMPLEMENTACIÓN

L

BACKTESTING DINÁMICO

FUNDAMENTACIÓN

L

MÉTRICAS DE DESEMPEÑO

L

COMPARACIÓN CON EL ‘BENCHMARK’

L

Entrega 5:

CONCLUSIONES

L

Commented [DE2]: ENTREGA 4:

- Implementación de estrategia de inversión con Rotación Sectorial con el algoritmo planteado en la entrega anterior.
- Backtesting Dinámico con Selección Aleatoria de Activos.
- Métricas de Desempeño de la estrategia.
- Comparación vs Benchmark.

Commented [DE3]: ENTREGA 5:

- Correcciones finales.
- Presentación de resultados tipo paper.
- Presentación final.

ANEXOS

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROYECTO

El siguiente diagrama de flujo (**imagen 8**), representa el proceso a seguir tanto en la parte de la documentación (teoría) como en la parte del código (aplicación) del proyecto.

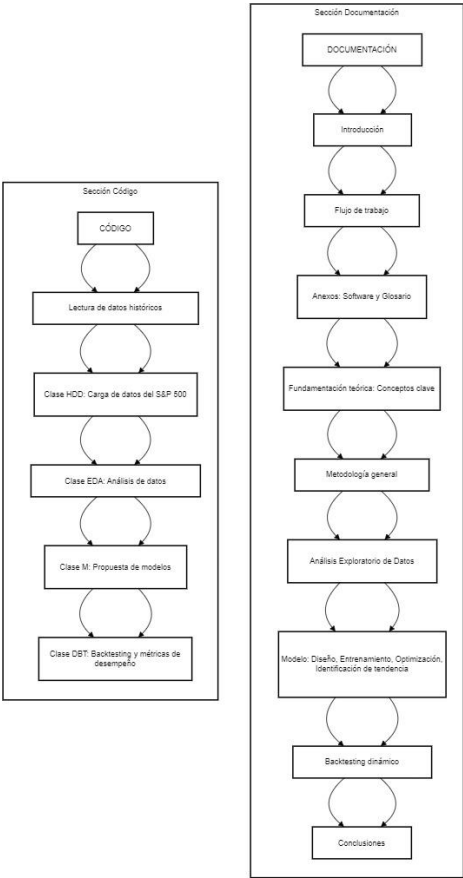


Imagen 8. Diagrama de flujo del proyecto.

SOFTWARE

1. *Python – Vscode (librerías: pandas, matplotlib, numpy, tensorflow, keras, scipy, yfinance)*: Lenguaje y entorno, respectivamente, de programación para desarrollar y ejecutar el código del proyecto. Las librerías enlistadas son las principales y cumplirán con el objetivo de manipular y analizar datos (pandas), visualizar gráficas (matplotlib), realizar cálculos numéricos (numpy, scipy), implementar modelos (tensorflow, keras), obtener datos financieros históricos (yfinance), entre otras más.
2. *GitHub*: Aplicación donde se almacenará y gestionará el código fuente del proyecto (repositorio), el cual servirá como evidencia del trabajo realizado, permitiendo un control de versiones y facilitando la colaboración entre los integrantes del equipo.

GLOSARIO

1. *Acción financiera*: Título que representa la propiedad parcial de una empresa y otorga el derecho sobre su beneficio.
2. *Accionista*: Persona o entidad que posee acciones de una empresa y tiene derechos sobre sus ganancias y decisiones corporativas.
3. *Actividad económica*: Conjunto de acciones relacionadas con la producción, distribución y consumo de bienes y servicios en una economía.
4. *Activo financiero*: Bien intangible que tiene valor económico, como acciones, bonos o derivados.
5. *Análisis estadístico y descriptivo (EDA)*: Proceso de analizar y visualizar datos para descubrir patrones, anomalías y relaciones, antes de aplicar modelos predictivos.
6. *Asignación de activos (asset allocation)*: Estrategia de distribución del capital en diferentes clases de activos (acciones, bonos, efectivo) para equilibrar riesgo y rendimiento.
7. *Aversión al riesgo*: Preferencia de los inversores por inversiones seguras, con menor volatilidad, frente a aquellas con mayor riesgo.
8. *Backtesting dinámico*: Proceso de probar una estrategia de inversión utilizando datos históricos, ajustando sus parámetros a lo largo del tiempo para simular condiciones reales.

9. *Banco central*: Institución que gestiona la política monetaria de un país, emite moneda, y regula el sistema bancario.
10. *Benchmark financiero*: Índice o referencia que se utiliza para comparar el rendimiento de una cartera de inversión.
11. *Beta financiera*: Medida de la volatilidad de un activo en relación con el mercado general. Beta mayor a 1 indica mayor volatilidad que el mercado.
12. *Ciclo económico*: Fluctuaciones en la actividad económica de un país, que incluyen fases de expansión, pico, recesión y recuperación.
13. *Clúster*: Agrupamiento de datos con características similares, utilizado en técnicas de análisis como el clustering.
14. *Consumidor*: Persona o entidad que compra y utiliza bienes y servicios.
15. *Correlación (matriz de correlación)*: Medida estadística que indica la relación entre dos o más variables, representada en una matriz para visualizar las interacciones entre múltiples variables.
16. *Covarianza*: Medida que indica el grado en que dos variables cambian juntas.
17. *Demanda agregada*: Total de bienes y servicios demandados en una economía a un nivel dado de precios y durante un periodo de tiempo específico.
18. *Desviación estándar*: Medida de dispersión que indica cuánto varían los datos respecto a la media.
19. *Distribución (normal, anormal, sesgada)*: Representación gráfica de cómo se distribuyen los datos. La distribución normal es simétrica, mientras que las distribuciones sesgadas muestran asimetrías hacia uno de los lados.
20. *Economía*: Ciencia que estudia la producción, distribución y consumo de bienes y servicios.
21. *Elasticidad financiera*: Sensibilidad de una variable financiera (como la demanda) en respuesta a cambios en otra variable, como el precio.
22. *Estrategia de inversión*: Plan estructurado que guía las decisiones sobre la compra, venta o mantenimiento de activos financieros para cumplir con objetivos financieros específicos.
23. *Expansión económica*: Fase del ciclo económico caracterizada por el crecimiento del PIB, aumento en el empleo y la inversión.
24. *Fluctuación económica*: Cambios en el nivel de actividad económica, reflejados en el crecimiento o decrecimiento del PIB, empleo, etc.

- 25. Gestor de portafolios:** Profesional encargado de administrar y tomar decisiones sobre la composición y gestión de una cartera de inversiones para maximizar el rendimiento ajustado al riesgo.
- 26. Indicador o métrica económica:** Medida estadística que evalúa el estado de la economía (PIB, tasa de desempleo, inflación).
- 27. Inversión financiera:** Asignación de capital a activos con el objetivo de obtener un rendimiento en el futuro.
- 28. Inversionista:** Persona o entidad que destina capital a activos financieros con la expectativa de obtener rendimientos.
- 29. Librería:** Conjunto de funciones y herramientas predefinidas en un lenguaje de programación que facilita la realización de tareas específicas, como análisis de datos, visualización o cálculos matemáticos, sin necesidad de escribir código desde cero.
- 30. Macroeconomía:** Rama de la economía que estudia el comportamiento global de una economía, incluyendo el PIB, la inflación y el desempleo.
- 31. Media:** Promedio aritmético de un conjunto de datos.
- 32. Mediana:** Valor central en un conjunto de datos ordenados.
- 33. Mercado financiero:** Espacio donde se intercambian activos financieros como acciones, bonos, divisas, y derivados. Facilita la captación de capital y permite a los inversores comprar y vender activos.
- 34. Microeconomía:** Rama de la economía que estudia las decisiones individuales de consumidores y empresas y su interacción en los mercados.
- 35. Moda:** Valor que aparece con mayor frecuencia en un conjunto de datos.
- 36. Modelo matemático (parámetros e hiper-parámetros; X -input, y -output):** Representación matemática que usa variables de entrada (X) y salida (y) para predecir o modelar el comportamiento de un sistema, donde los parámetros controlan el modelo y los hiper-parámetros ajustan el rendimiento.
- 37. Política económica:** Conjunto de medidas y acciones adoptadas por un gobierno para influir en la economía nacional.
- 38. Política monetaria:** Estrategias implementadas por un banco central para controlar la oferta de dinero y las tasas de interés con el objetivo de influir en la inflación y el crecimiento económico.

39. *POO (programación orientada a objetos)*: Paradigma de programación que organiza el código en "objetos" que contienen datos y métodos, facilitando la reutilización y modularidad.
40. *Portafolio de inversión*: Conjunto de activos financieros mantenidos por un inversor con el fin de diversificar el riesgo y maximizar el rendimiento.
41. *Precio de cierre*: Último precio al que se negoció un activo en una jornada de mercado.
42. *Recesión económica*: Periodo de contracción en la actividad económica, caracterizado por una disminución en el PIB y un aumento en el desempleo.
43. *Rendimiento financiero*: Retorno generado por una inversión, expresado generalmente como porcentaje.
44. *Repositorio*: Espacio de almacenamiento en una plataforma de control de versiones (como GitHub) donde se guarda el código fuente de un proyecto, junto con su historial de cambios y versiones. Facilita la colaboración y el seguimiento de las modificaciones realizadas.
45. *Rezago (shift)*: Diferencia de tiempo entre el momento en que ocurre un evento económico y cuando se observa su impacto en los datos.
46. *Riesgo financiero (volatilidad financiera)*: Posibilidad de que una inversión pierda valor debido a fluctuaciones en los precios del mercado.
47. *Riesgo sistémico*: Riesgo que afecta a todo el mercado financiero o sistema económico, no se puede eliminar mediante diversificación.
48. *Sector económico*: División de la economía que agrupa a empresas que ofrecen productos o servicios similares (tecnología, salud, energía).
49. *Situación financiera*: Estado económico actual de una persona, empresa o gobierno, basado en sus activos, pasivos y capacidad para generar ingresos.
50. *Tasa de interés*: Costo del dinero prestado o el rendimiento de una inversión, generalmente expresado como porcentaje anual.
51. *Tendencia alcista*: Periodo prolongado en el que los precios de los activos financieros tienden a subir.
52. *Tendencia bajista*: Periodo prolongado en el que los precios de los activos financieros tienden a bajar.
53. *Valor atípico (outlier)*: Punto de datos que se encuentra muy alejado de los demás en un conjunto, lo que podría indicar una anomalía o error.
54. *Valor máximo*: El valor más grande en un conjunto de datos.

55. *Valor mínimo*: El valor más pequeño en un conjunto de datos.
56. *Valuación financiera*: Proceso de determinar el valor justo de un activo financiero, generalmente utilizando métodos como el flujo de caja descontado o comparables de mercado.
57. *Varianza*: Promedio de las diferencias al cuadrado respecto a la media, utilizado para medir la dispersión de los datos.

BIBLIOGRAFIA

- Beers, Brian. Investopedia. (07 de julio del 2024). “*What Is Sector Rotation? How It Works and Importance in Investing*”. Recuperado el 18 de agosto del 2024, de: <https://www.investopedia.com/articles/trading/05/020305.asp#:~:text=What%20Is%20Sector%20Rotation%3F%20Sector%20rotation%20is%20the,them%20thrive%20or%20languish%20depending%20on%20the%20cyc%20le>
- DISFOLD. (25 de agosto del 2024). “*Rotación de Sectores en Trading: Técnicas, Tendencias e Indicadores*”. Recuperado el 31 de agosto del 2024, de: <https://es.disfold.com/rotacion-sectores-trading/>
- Financial Engineers. GitHub. (2024). “*PAP-ERS*”. Recuperado el 18 de agosto del 2024, de: <https://github.com/diegotita4/PAP-ERS>
- González, Sean. (2024). “*Rotación Sectorial*”. Presentación de PowerPoint. Recuperado el 07 de septiembre del 2024.
- IBM. (s. f.). “*¿Qué es el análisis exploratorio de datos (EDA)?*”. Recuperado el 14 de septiembre del 2024, de: <https://www.ibm.com/mx-es/topics/exploratory-data-analysis>
- IBM. (s. f.). “*¿Qué es la regresión logística?*”. Recuperado el 21 de septiembre del 2024, de: <https://www.ibm.com/es-es/topics/logistic-regression>
- IBM. (s. f.). “*¿Qué son las redes neuronales?*”. Recuperado el 21 de septiembre del 2024, de: <https://www.ibm.com/es-es/topics/neural-networks>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD. (2024). “*Composite leading indicator (CLI)*”. Recuperado el 18 de agosto del 2024, de: <https://www.oecd.org/en/data/indicators/composite-leading-indicator-cli.html>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD. (2024). “*Business confidence index (BCI)*”. Recuperado el 18 de agosto del 2024, de: <https://www.oecd.org/en/data/indicators/business-confidence-index-bci.html>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD. (2024). “*Real Gross Domestic Product (GDP)*”. Recuperado el 18 de agosto del 2024, de: <https://www.oecd.org/en/data/indicators/real-gross-domestic-product-gdp.html>

- Organisation for Economic Co-operation and Development. OECD. (2024). “*Consumer confidence index (CCI)*”. Recuperado el 18 de agosto del 2024, de: <https://www.oecd.org/en/data/indicators/consumer-confidence-index-cci.html>
- PyPl. (01 de septiembre del 2024). “*Optuna 4.0.0*”. Recuperado el 21 de septiembre del 2024, de: <https://pypi.org/project/optuna/>
- PyPl. (11 de septiembre del 2024). “*Scikit-learn 1.5.2*”. Recuperado el 21 de septiembre del 2024, de: <https://pypi.org/project/scikit-learn/>
- PyPl. (16 de septiembre del 2024). “*Statsmodels 0.14.3*”. Recuperado el 14 de septiembre del 2024, de: <https://pypi.org/project/statsmodels/>
- PyPl. (20 de agosto del 2024). “*Scipy 1.14.1*”. Recuperado el 21 de septiembre del 2024, de: <https://pypi.org/project/scipy/>
- PyPl. (24 de agosto del 2024). “*Yfinance 0.2.43*”. Recuperado el 07 de septiembre del 2024, de: <https://pypi.org/project/yfinance/>
- Sanz, Francisco. (2024). “*Cómo funciona el algoritmo XGBoost en Python*”. Recuperado el 21 de septiembre del 2024, de: <https://www.themachinellearners.com/xgboost-python/>
- Yahoo! Finance. (2024). “*S&P 500 (^GSPC)*”. Recuperado el 18 de agosto del 2024, de: <https://finance.yahoo.com/quote/%5EGSPC/>