

INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE OCCIDENTE
Departamento de Matemáticas y Física

Desarrollo tecnológico y generación de riqueza sustentable

PROYECTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL (PAP)

PROGRAMA DE MODELACION MATEMATICA PARA EL DESARROLLO DE PLANES Y
PROYECTOS DE NEGOCIO



4J05 - OPTIMIZACIÓN DE PROGRAMAS DE INVERSIÓN EN INTERMEDIARIOS
FINANCIEROS

Quantum Bold Asset Allocation

PRESENTAN

Lic. Finanzas. Mara Paola Muñoz Acevedo
Ing. Financiera. Rania Paola Aguirre Rodríguez
Ing. Financiera. Luis Ramón Robles Cobián
Ing. Financiera. Luis Eduardo Sánchez Soto
Ing. Financiera. Oscar Leonardo Vaca González

Profesor PAP: Sean Nicolás González Vázquez
Tlaquepaque, Jalisco, noviembre de 2024

ÍNDICE

Contenido

REPORTE PAP	2
Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional	2
Resumen	3
1. Introducción.....	4
1.1. Objetivos	4
1.2. Justificación.....	5
Importancia social	5
Beneficios esperados	5
1.3 Antecedentes.....	6
1.3. Contexto	7
2. Desarrollo	8
2.1. Sustento teórico y metodológico	8
Green Economy Asset Allocation (GEAA)	9
Alcance	10
Estado del Arte	11
Dynamic Integrated Model of Climate and Economy.....	13
Quantum-Bold Asset Allocation (QBAA)	16
2.2. Planeación y seguimiento del proyecto	22
Green Economy Asset Allocation (GEAA)	26
Quantum Bold Asset Allocation (GEAA).....	32
Selección de estrategia	37
Backtesting Dinámico	38
3. Resultados del trabajo profesional.....	43
4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto	54
4. Conclusiones.....	67
5. Bibliografía.....	70
Anexos	71

REPORTE PAP

Presentación Institucional de los Proyectos de Aplicación Profesional

Los Proyectos de Aplicación Profesional (PAP) son una modalidad educativa del ITESO en la que el estudiante aplica sus saberes y competencias socio-profesionales para el desarrollo de un proyecto que plantea soluciones a problemas de entornos reales. Su espíritu está dirigido para que el estudiante ejerza su profesión mediante una perspectiva ética y socialmente responsable.

A través de las actividades realizadas en el PAP, se acreditan el servicio social y la opción terminal. Así, en este reporte se documentan las actividades que tuvieron lugar durante el desarrollo del proyecto, sus incidencias en el entorno, y las reflexiones y aprendizajes profesionales que el estudiante desarrolló en el transcurso de su labor.

Resumen

El presente reporte describe el desarrollo de dos estrategias de asignación de activos cuantitativos: Quantum-Bold Asset Allocation (QBAA) y Green Economy Asset Allocation (GEAA). El objetivo fue proponer, implementar y validar modelos matemáticos y algoritmos innovadores que optimizaran el rendimiento ajustado al riesgo y mejoraran la gestión de portafolios en mercados complejos.

La metodología incluyó el desarrollo de modelos matemáticos avanzados, optimización de parámetros, simulaciones y pruebas de backtesting dinámico bajo diferentes escenarios. QBAA se fundamentó en el modelo Bold Asset Allocation (BAA), mejorándolo con señales de momentum relativo y absoluto para lograr una asignación más dinámica y eficiente. GEAA, por su parte, integró factores climáticos y económicos utilizando modelos como DICE y análisis de riesgos físicos y de transición.

Los resultados destacaron que QBAA superó a GEAA en consistencia, adaptabilidad y viabilidad operativa debido a su menor dependencia de datos complejos y costos computacionales. Aunque GEAA presentó un enfoque innovador, sus limitaciones técnicas complicaron su implementación práctica.

Se concluye que QBAA es una solución robusta y escalable para la asignación de activos. Este proyecto evidencia el valor de los modelos matemáticos avanzados y algoritmos cuantitativos en la optimización de estrategias de inversión.

1. Introducción

1.1. Objetivos

El proyecto tiene como objetivos:

1. **Diseño de algoritmos de Quantitative Asset Allocation (QAA):** Desarrollar al menos dos estrategias innovadoras de QAA para explorar enfoques disruptivos en la gestión de portafolios.
2. **Selección de la estrategia más viable:** Comparar las estrategias diseñadas mediante análisis exhaustivo para determinar la más eficiente y adaptable a las condiciones del mercado, considerando factores como costos computacionales, viabilidad operativa y eficiencia.
3. **Implementación técnica:** Crear una implementación detallada de las estrategias seleccionadas, utilizando modelos matemáticos avanzados y herramientas de análisis cuantitativo.
4. **Optimización de parámetros:** Ajustar parámetros e hiperparámetros de las estrategias desarrolladas para maximizar su desempeño en distintos escenarios.
5. **Validación mediante backtesting:** Realizar backtesting dinámico con datos históricos para evaluar la efectividad de las estrategias propuestas bajo diferentes condiciones.
6. **Análisis comparativo:** Comparar los resultados obtenidos con métodos tradicionales de asignación de activos como Omega, Sortino y Ratio de Sharpe para identificar ventajas y áreas de mejora.
7. **Creación de herramientas prácticas:** Diseñar una solución cuantitativa escalable y práctica que permita gestionar portafolios de forma eficiente.
8. **Contribución al avance en asignación de activos:** Documentar y presentar los hallazgos obtenidos, fomentando la investigación y el desarrollo de nuevas estrategias cuantitativas.

1.2. Justificación

El desarrollo de este proyecto es disciplinariamente relevante porque aborda la necesidad de innovar en el campo de Quantitative Asset Allocation, un área clave para la optimización de portafolios en mercados financieros dinámicos. Con el aumento en la disponibilidad de datos y el avance de herramientas analíticas, es esencial implementar estrategias que no solo optimicen rendimientos ajustados al riesgo, sino que también ofrezcan adaptabilidad y escalabilidad frente a las cambiantes condiciones del mercado.

Importancia social

La importancia social del proyecto radica en su contribución a mejorar la gestión financiera, permitiendo a inversionistas individuales e institucionales tomar decisiones más informadas y eficientes. Al optimizar la asignación de recursos, se generan beneficios económicos directos y se refuerza la confianza en los mercados mediante la implementación de metodologías robustas y basadas en evidencia. Además, estas herramientas promueven la sostenibilidad financiera al incrementar la resiliencia frente a cambios económicos y facilitar un acceso más equitativo a estrategias avanzadas de inversión. Esto beneficia tanto a los participantes del mercado como a la estabilidad del sistema financiero global.

Beneficios esperados

- **Optimización del rendimiento:** A través de estrategias que lo maximizan ofreciendo ventajas competitivas.
- **Eficiencia operativa:** Implementación de estrategias que minimicen costos computacionales y maximicen la precisión en la toma de decisiones.
- **Innovación en herramientas cuantitativas:** Proveer soluciones disruptivas que integren teoría avanzada y aplicación práctica.
- **Contribución académica y profesional:** Documentar y compartir los resultados obtenidos, fomentando el uso de metodologías modernas en la comunidad financiera y empresarial.

1.3 Antecedentes

Al momento de realizar una inversión, la asignación de activos se convierte en un elemento clave para maximizar rendimientos y gestionar riesgos al comprender que el entorno se encuentra en evolución constante, es esencial entender las diferentes aproximaciones que los inversores pueden emplear para alcanzar sus objetivos financieros.

Este proyecto surge debido a la creciente complejidad del mercado financiero y los avances tecnológicos, que han generado una demanda por soluciones innovadoras en este campo. Se basa en la necesidad de abordar de manera eficiente y precisa este aspecto, con dos enfoques principales: Quantitative Asset Allocation (QAA) y Stock Picking. Al integrar estos enfoques, se busca optimizar la gestión de inversiones, ofreciendo estrategias más efectivas y con buena adaptación a los cambios del mercado.

El QAA utiliza modelos cuantitativos y análisis de datos para determinar la asignación óptima de activos, mientras que el Stock Picking se enfoca en la selección individual de acciones para superar el rendimiento del mercado. Este proyecto se centra en explorar y analizar métodos de asignación de activos, con el fin de proporcionar herramientas teóricas y prácticas para enfrentar los desafíos de la gestión de carteras en un entorno financiero dinámico.

1.3. Contexto

El proyecto se desarrolla en un entorno económico definido por la fase del ciclo económico conocida como *Macro Improving*. Esta etapa se caracteriza por un auge en las ganancias corporativas, altas valuaciones de empresas y un optimismo generalizado en los mercados. En circunstancias normales, este período está asociado con incrementos en las tasas de interés por parte de los bancos centrales, quienes buscan controlar la inflación y mantener un crecimiento económico sostenible. Sin embargo, en el contexto actual, se presenta una notable anomalía: una tendencia a la baja en las tasas de interés, lo que contradice las expectativas históricas para este punto del ciclo.

Este descenso inesperado puede interpretarse desde diversas perspectivas. Por un lado, podría ser una respuesta preventiva a riesgos económicos futuros que aún no se han materializado. Por otro, puede representar una corrección tras un período de tasas excepcionalmente altas, buscando estabilizar las condiciones financieras. Esta dualidad genera un ambiente económico complejo, donde, a pesar del aparente auge económico, las señales de cautela indican una posible desaceleración en el mediano plazo.

Además, esta situación tiene implicaciones directas para los mercados financieros. La combinación de altas valuaciones, euforia en los mercados y tasas de interés en descenso genera oportunidades únicas, pero también riesgos significativos, especialmente en lo que respecta a la gestión de portafolios. En este escenario, es crucial contar con herramientas de asignación de activos que puedan adaptarse de manera efectiva a estas condiciones cambiantes y ofrecer soluciones dinámicas y eficientes.

El desarrollo de metodologías avanzadas de QAA se vuelve indispensable para abordar tanto las oportunidades como los desafíos que plantea este panorama. La necesidad de estrategias innovadoras y robustas se justifica no solo por las características del ciclo económico actual, sino también por la creciente complejidad de los mercados globales. Este proyecto, por lo tanto, responde a estas demandas al proponer soluciones disruptivas y cuantitativas para optimizar la gestión financiera en escenarios de alta incertidumbre.

2. Desarrollo

2.1. Sustento teórico y metodológico

La creciente complejidad de los mercados financieros exige estrategias innovadoras que optimicen el rendimiento ajustado al riesgo y se adapten a entornos dinámicos. Este proyecto presenta dos enfoques disruptivos de Quantitative Asset Allocation (QAA): **Quantum-Bold Asset Allocation (QBAA)**, que mejora metodologías tradicionales con señales de momentum dinámicas, y **Green Economy Asset Allocation (GEAA)**, que integra factores climáticos y económicos para gestionar riesgos asociados al cambio climático.

Mediante herramientas cuantitativas avanzadas, optimización de parámetros y simulaciones, se busca no solo proponer modelos escalables y eficientes, sino también contribuir al desarrollo de soluciones prácticas para la gestión de portafolios en un contexto económico marcado por incertidumbre y oportunidades únicas.

A continuación, se describen la propuesta metodológica, el estado del arte y su análisis, sustentados en principios disciplinarios y una sólida base conceptual.

Green Economy Asset Allocation (GEAA)

La integración de factores económicos y ambientales en la asignación de activos se ha convertido en una prioridad para construir carteras sostenibles y resilientes. Según el estudio "Integration of ESG in Asset Allocation" (2019) de Bruder, Cheikh, Deixonne y Zheng, incorporar criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) en las decisiones de inversión no solo promueve prácticas responsables, sino que también mejora el rendimiento ajustado por riesgo a largo plazo. Esta perspectiva enfatiza cómo los factores ESG aportan valor estratégico al responder a los desafíos de sostenibilidad global, lo que los posiciona como una herramienta esencial en la gestión moderna de portafolios.

El presente proyecto toma como base estos principios y los complementa con las metodologías presentadas en "Strategic Asset Allocation with Climate Change" (2019) de Shen, LaPlante y Rubtsov, que introduce el modelo DICE (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy). Este modelo permite simular la interacción entre la economía y el cambio climático, proporcionando proyecciones detalladas de cómo las emisiones de gases de efecto invernadero impactan en variables macroeconómicas clave, como el crecimiento del PIB, los costos de daños climáticos y las inversiones requeridas para su mitigación.

El DICE model resulta crucial para evaluar escenarios futuros bajo distintas trayectorias de emisiones y diseñar estrategias de asignación de activos que integren riesgos climáticos de manera efectiva. Su inclusión en este proyecto no solo busca maximizar los rendimientos financieros ajustados al riesgo, sino también gestionar de forma proactiva los riesgos climáticos que podrían manifestarse a corto, mediano y largo plazo. Al combinar el modelo DICE con enfoques de Quantitative Asset Allocation, se explora cómo desarrollar carteras que no solo respondan a las condiciones del mercado, sino que también contribuyan a la resiliencia económica global frente a los desafíos del cambio climático.

Alcance

El alcance del proyecto "Green Economy Asset Allocation" incluye los siguientes elementos clave:

1. **Revisión y mejora de los papers originales:** Analizar los papers para identificar sus fortalezas y áreas de mejora. Adaptar el enfoque y las metodologías presentadas para integrar de manera más eficaz los riesgos y oportunidades asociados con el cambio climático en la asignación de activos.
2. **Incorporación del modelo DICE:** Aplicar y adaptar el Dynamic Integrated Climate-Economy (DICE) model en el desarrollo de la nueva estrategia de asignación de activos. Utilizar el modelo para simular diferentes escenarios climáticos y evaluar sus impactos en las decisiones de inversión.
3. **Desarrollo de modelos avanzados:** Diseñar y desarrollar modelos de asignación de activos que integren criterios ambientales y económicos así como riesgos climáticos. Utilizar técnicas avanzadas de pronóstico y simulación de escenarios, para optimizar la estrategia de inversión.
4. **Validación y comparación:** Implementar la estrategia en un entorno de prueba para evaluar su desempeño. Comparar la nueva estrategia con la propuesta en el paper original y con otras estrategias de inversión, midiendo su rendimiento financiero y alineación con objetivos climáticos.
5. **Implementación y publicación:** Aplicar la estrategia en un portafolio piloto para evaluar su rendimiento en condiciones reales del mercado. Ajustar el modelo según los resultados y documentar el proceso, los hallazgos y las conclusiones del proyecto, preparando informes para compartir con la comunidad académica y los profesionales de la inversión.

Estado del Arte

La investigación en torno a la asignación de activos con consideraciones de cambio climático ha ganado relevancia en los últimos años. Diversos estudios han explorado cómo las variaciones en las políticas ambientales, la transición a fuentes de energía sostenibles y los riesgos climáticos afectan los mercados financieros. El objetivo principal es comprender el impacto del cambio climático en las estrategias de inversión y ajustar los portafolios para mitigar riesgos y maximizar rendimientos en escenarios a largo plazo.

En el documento sobre *Strategic Asset Allocation with Climate Change*, se centra en integrar estos factores climáticos en la metodología tradicional de asignación de activos. Este tipo de investigaciones ha revelado que el cambio climático no solo influye en la volatilidad del mercado, sino que también puede alterar la correlación entre los activos, haciendo necesaria una revisión constante de los modelos predictivos utilizados.

Un aspecto clave que ha emergido en estas investigaciones es la importancia de incluir escenarios climáticos en los modelos financieros tradicionales. Estos escenarios permiten anticipar posibles condiciones futuras, y cómo estos factores pueden alterar el desempeño de los activos financieros.

Estudios recientes sugieren que las estrategias de asignación de activos deben incorporar factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG), debido al creciente interés en inversiones sostenibles. Por ejemplo, la estrategia propuesta por los autores se basaba en lo siguiente:

1. **Recolección de información:** El primer paso es la recolección de datos, donde se recopilan tres tipos de información crucial. En primer lugar, los factores macroeconómicos, los factores climáticos, los cuales abarcan datos relacionados con el cambio climático, como variaciones de temperatura y emisiones de carbono, y por último, se incluyen los instrumentos financieros.

2. **Modelado y estimación:** Se utiliza un modelo basado en factores (VR), que analiza la relación entre los datos macroeconómicos, climáticos y financieros, para identificar cómo estos factores interactúan y cuál es su impacto en el comportamiento del mercado. También se evalúa el impacto del cambio climático en el mercado, para estimar cómo los cambios en el entorno climático podrían afectar a las dinámicas financieras.
3. **Escenarios climáticos:** El tercer paso es la generación de escenarios climáticos. Para ello, se recopilan y procesan entradas para un modelo climático, lo que incluye datos proyectados sobre temperatura, emisiones. A partir de eso, se generan varios escenarios climáticos que permiten simular cómo podrían evolucionar las condiciones climáticas a lo largo del tiempo.
4. **Construcción de portafolios:** En el último paso se lleva a cabo la construcción de portafolios. Basado en los escenarios climáticos y el impacto estimado de los factores macroeconómicos y financieros, se genera un conjunto de oportunidades de inversión que varía con el tiempo, optimizándolo mediante distintos enfoques cuantitativos.

Dynamic Integrated Model of Climate and Economy

El DICE model (Dynamic Integrated model of Climate and the Economy), desarrollado por William Nordhaus, es un modelo matemático que integra la economía y el cambio climático. Su propósito es analizar las interacciones entre las emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento de la temperatura global y la economía, para diseñar políticas óptimas que mitiguen los efectos adversos del cambio climático.

Parte de la premisa de que el cambio climático es un problema de economía pública global, donde las acciones de un país afectan al mundo entero. Evalúa cómo políticas de mitigación, como impuestos al carbono o inversiones en tecnologías limpias, pueden equilibrar los costos económicos inmediatos con los beneficios a largo plazo de evitar graves daños climáticos. Integrando submodelos que representan la economía, emisiones de CO₂, el ciclo del carbono, la dinámica climática y sus impactos económicos, el DICE model diseña políticas óptimas que buscan maximizar el bienestar social intertemporal y lograr un desarrollo económico sostenible.

Componentes:

1. **Crecimiento económico:** El modelo se basa en una función de producción agregada que relaciona el Producto Interno Bruto (PIB) con el capital físico K_t , el trabajo L_t y la tecnología A_t .

$$Y_t = A_t K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}$$

Donde:

Y_t : Producto Interno Bruto (PIB) en el tiempo t .

A_t : Nivel tecnológico en t .

K_t : Capital físico en t .

L_t : Fuerza laboral en t .

α : Elasticidad del PIB con respecto al capital.

2. **Emisiones y concentración de CO_2 :** Las emisiones de CO_2 (E_t) provienen de la producción económica y se modelan como una función de la intensidad de carbono (σ_t) y el PIB:

$$E_t = \sigma_t Y_t (1 - \mu_t)$$

Donde:

σ_t : Intensidad del carbono en la economía.

μ_t : Proporción de reducción de emisiones debido a políticas climáticas.

La concentración de CO_2 en la atmósfera (M_t) sigue una dinámica basada en las emisiones y la absorción natural:

$$M_{t+1} = \phi_1 M_t + \phi_2 E_t$$

Donde:

ϕ_1 : Tasa de retención de CO_2 en la atmósfera.

ϕ_2 : Tasa de conversión de emisiones en concentración de CO_2 .

3. **Cambio climático:** El aumento de la temperatura global (ΔT_t) se modela como una función de la concentración de CO_2 :

$$\Delta T_{t+1} = \Delta T_t + \lambda \log \left(\frac{M_{t+1}}{M_{pre}} \right)$$

Donde:

λ : Sensibilidad climática.

M_{pre} : Concentración preindustrial de CO_2 .

4. **Daños económicos:** Los daños económicos D_t causados por el cambio climático se modelan como una función convexa del aumento de la temperatura:

$$D_t = \frac{\Delta T_t^2}{1 + \Delta T_t^2}$$

El PIB afectado por los años climáticos es:

$$Y_t^* = (1 - D_t)Y_t$$

5. **Maximización del Bienestar:** El objetivo del DICE model es maximizar el bienestar social intertemporal, expresado como la suma descontada de utilidades ($U(C_t)$):

$$\max \sum_{t=0}^{\infty} \frac{U(C_t)}{(1 + \rho)^t}$$

Donde:

$U(C_t) = \frac{C_t^{1-\theta}}{1-\theta}$: Función de Utilidad.

C_t : Consumo en el tiempo t .

ρ : Tasa de descuento.

θ : Coeficiente de aversión al riesgo.

El DICE model proporciona un marco integral para evaluar las políticas climáticas, equilibrando los costos económicos actuales con los beneficios futuros de la mitigación del cambio climático. Sus componentes matemáticos permiten una comprensión cuantitativa de las interacciones complejas entre la economía y el clima.

Quantum-Bold Asset Allocation (QBAA)

El objetivo de este proyecto es tomar la estrategia Bold Asset Allocation (BAA) como punto de partida y llevarla un paso más allá. Se pretende modificar y mejorar este modelo para introducir un enfoque aún más innovador que no solo capitalice las fortalezas del BAA, sino que también aporte un nuevo valor añadido en la gestión de portafolios. A través de ajustes específicos en la metodología y la incorporación de nuevas variables, se busca desarrollar un algoritmo que optimice la asignación de activos de manera más eficiente y adaptable, aprovechando las oportunidades del mercado de forma más precisa y mitigando riesgos de manera más eficaz.

El proyecto se basa en mejorar lo presentado en el paper *Relative and Absolute Momentum in Times of Rising/Low Yields: Bold Asset Allocation* (2022) de Wouter J. Keller, en el cual se explora una metodología que rompe con las convenciones tradicionales de diversificación al enfocarse en una asignación de activos más concentrada y dinámica. Esta estrategia se fundamenta en la selección de activos con alto potencial de rendimiento mediante el uso de señales de momentum, tanto relativo como absoluto, lo que permite adaptarse rápidamente a las fluctuaciones del mercado.

Con el desarrollo de un modelo más robusto y adaptable, se pretende proporcionar una herramienta avanzada que mejore la relación riesgo-rendimiento en el largo plazo. De este modo, la nueva estrategia BAA ofrecerá un equilibrio óptimo entre rendimiento y seguridad, particularmente en mercados volátiles y de alta incertidumbre.

Alcance

El alcance del proyecto "Bold Asset Allocation" incluye los siguientes elementos clave:

1. Revisión y mejora del paper original:

Analizar el paper "Relative and Absolute Momentum in Times of Rising/Low Yields: Bold Asset Allocation" para identificar sus fortalezas y áreas de oportunidad. Adaptar el enfoque y las metodologías presentadas para integrar de manera más eficaz los riesgos y oportunidades asociados.

2. Incorporación del modelo:

Aplicar y adaptar un modelo que incluya la media armónica de fundamentales para la selección de activos. Utilizar el modelo para simular diferentes escenarios y evaluar sus impactos en las decisiones de inversión mediante Piotroski.

3. Desarrollo de modelos avanzados:

Diseñar modelos de selección de activos que integren criterios adicionales al momentum. Utilizar técnicas avanzadas de Ingeniería Financiera para optimizar la estrategia de inversión.

4. Validación y comparación:

Implementar la estrategia en un entorno de prueba dinámico para evaluar su desempeño. Comparar la nueva estrategia con la propuesta en el paper original y con otras estrategias de inversión, midiendo su rendimiento financiero y alineación con los movimientos del mercado.

5. Implementación y publicación

Aplicar la estrategia en un portafolio piloto para evaluar su rendimiento en condiciones reales del mercado. Ajustar el modelo según los resultados y documentar el proceso, los hallazgos y las conclusiones del proyecto, preparando informes para compartir con la comunidad académica y los profesionales de la inversión.

Estado del Arte

El Bold Asset Allocation es una estrategia que se caracteriza por su enfoque dinámico en la asignación de activos y prioriza la inversión en un conjunto reducido de activos que presentan un fuerte momentum, tanto relativo como absoluto, en lugar de seguir la diversificación tradicional.

Objetivo de la estrategia

La estrategia busca capitalizar las tendencias alcistas del mercado invirtiendo en activos del universo ofensivo durante condiciones favorables y proteger el capital desplazándose a activos defensivos o efectivo ante la amenaza de caídas. El uso del momentum como señal ayuda a cronometrar sistemáticamente estos cambios, reduciendo la toma de decisiones emocionales y potencialmente mejorando los rendimientos ajustados al riesgo. BAA busca no solo optimizar el rendimiento en términos absolutos, sino también mejorar la eficiencia del portafolio mediante la gestión activa del riesgo. Al utilizar indicadores cuantitativos como el momentum, reduce la dependencia en juicios subjetivos o predicciones especulativas, lo que puede llevar a un proceso de inversión más estructurado. Se basa en conceptos de estrategias anteriores desarrolladas por Keller:

- *Protective Asset Allocation (PAA) | A Simple Momentum-Based Alternative for Term Deposits (Keller, 2016)*: Esta estrategia, se enfoca en la asignación de activos protectora, buscando minimizar riesgos en tiempos de alta volatilidad.
- *Breadth Momentum and Vigilant Asset Allocation (VAA) | Winning More by Losing Less (Keller, 2017)*: Enfocada en una asignación de activos vigilante, esta estrategia está diseñada para ser proactiva y adaptable según las condiciones del mercado.
- *Breadth Momentum and the Canary Universe: Defensive Asset Allocation (DAA) (Keller, 2018)*: Esta estrategia, se centra en una asignación de activos defensiva, priorizando la preservación del capital y la protección contra pérdidas significativas en mercados adversos. BAA toma principios de estas estrategias anteriores,

integrando elementos de protección, vigilancia y defensa para crear una asignación de activos innovadora y robusta.

Asset Universe

Bold Asset Allocation considera tres universos de activos: canarios, ofensivos y defensivos.

Universo Canario

El universo canario actúa como un indicador de las condiciones generales del mercado. Su función es evaluar si el entorno es lo suficientemente favorable para invertir en activos de riesgo (ofensivos) o si es mejor adoptar una postura más conservadora (defensiva).

Se compone por:

- S&P 500 (SP500): Representa el mercado de acciones estadounidenses de gran capitalización. Es un buen indicador del rendimiento del mercado de valores en general.

Universo Ofensivo

El universo ofensivo está compuesto por activos de mayor riesgo y potencial de retorno. Este universo se activa cuando las condiciones del mercado son favorables, como se determina a través del análisis del universo canario.

Típicamente se compone por:

- Acciones de alto rendimiento: Incluye acciones de empresas con un fuerte crecimiento o que están en sectores cíclicos que tienden a rendir bien en mercados alcistas.
- Acciones tecnológicas: Sector que suele tener un rendimiento superior en mercados alcistas debido a la innovación y el crecimiento rápido.

Universo Defensivo

El universo defensivo está compuesto por activos más seguros que tienden a preservar el capital en lugar de buscar altos rendimientos. Este universo se activa cuando las condiciones del mercado son desfavorables, como se indica por un momentum negativo en uno o más activos del universo canario.

Se compone por:

- Bonos del Tesoro de EE. UU.: Considerados uno de los activos más seguros, estos bonos son respaldados por el gobierno de EE. UU. y suelen ser refugios en tiempos de incertidumbre económica.
 1. Activos Refugio: Inversiones diseñadas para proteger el valor de la cartera en tiempos de volatilidad o crisis. Se incluyen ETFs de oro y acciones de empresas de consumo básico.
- Efectivo o equivalentes de efectivo: Como ETF de T-Bills (BIL) o fondos del mercado monetario, que ofrecen liquidez y seguridad en mercados volátiles.

Momentum

La estrategia BAA se basa en el momentum de los activos que componen nuestros universos, utilizando momentum relativo para elegir un universo ofensivo y momentum dual para escoger universos defensivos.

Momentum 13612W: Esta es la medida principal de momentum para el universo canario. Es un cálculo ponderado que enfatiza los movimientos de precios recientes mientras considera una ventana de 12 meses.

Donde:

$$P_{13612W} = 12 \frac{P_0}{P_1 - 1} + 4 \frac{P_0}{P_3 - 1} + 2 \frac{P_0}{P_6 - 1} + \frac{P_0}{P_{12} - 1}$$

La razón de usar este momentum en lugar de un tradicional SMA10 es debido a que el filtro 13612W al otorgar un gran peso al valor más reciente (el primer valor representa el

40% del valor de la métrica) hace que la estrategia se vaya a una estrategia de efectivo de manera más agresiva que si se usara SMA10, y de misma manera también ingresa de regreso más rápido al mercado.

Selección de Activos

Si todos los activos en el universo canario tienen momentum positivo, la estrategia se desplaza al universo ofensivo. Si algún activo tiene momentum negativo, se desplaza al universo defensivo. Dentro del universo elegido (ofensivo o defensivo), los activos se seleccionan en función de su momentum relativo, que se calcula como:

$$\frac{P_0}{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^{12} p_i}$$

En el universo **ofensivo**, se seleccionan los 1 (versión agresiva) o 6 (versión balanceada) activos con el mayor momentum relativo. En el universo **defensivo**, se seleccionan los 3 activos principales. Si el momentum relativo de algún activo es menor que el de los T-Bills (BIL) de EE. UU., la asignación de la cartera se traslada a efectivo para esa porción.

2.2. Planeación y seguimiento del proyecto

- **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

El proyecto se centra en el desarrollo de dos estrategias innovadoras de asignación de activos cuantitativos: Quantum-Bold Asset Allocation (QBAA) y Green Economy Asset Allocation (GEAA), ambas diseñadas para optimizar la gestión de portafolios en mercados complejos. Sin embargo, uno de los objetivos clave fue seleccionar la estrategia más viable y eficiente, considerando factores como la adaptabilidad, los costos computacionales, la robustez y su aplicabilidad práctica en diversos escenarios económicos.

Tras el análisis y la evaluación detallada de las dos propuestas, se eligió QBAA como la estrategia más adecuada. Esta decisión se fundamentó en su consistencia en el desempeño, su menor dependencia de datos complejos y su superior viabilidad operativa en comparación con GEAA, que, aunque innovadora, presentó limitaciones técnicas relacionadas con su complejidad y requerimientos computacionales.

Procesos y etapas de intervención:

El proceso de planeación y seguimiento se organizó en las siguientes etapas:

1. Desarrollo de Propuestas:

Se diseñaron las dos estrategias considerando enfoques disruptivos. QBAA, basado en señales de momentum relativo y absoluto, busca una asignación dinámica que se adapta a cambios del mercado. GEAA, por su parte, integra el modelo DICE para incorporar factores climáticos en la asignación de activos.

2. Evaluación Comparativa:

Ambas propuestas fueron sometidas a simulaciones y backtesting dinámico utilizando datos históricos. Esto permitió evaluar su desempeño en diferentes escenarios de mercado y analizar su capacidad para gestionar riesgos tradicionales y climáticos.

3. Selección de la Estrategia:

Basándose en criterios predefinidos, como el rendimiento ajustado al riesgo, la eficiencia computacional y la aplicabilidad práctica, se eligió QBAA como la estrategia más viable. Este modelo demostró una mayor consistencia y escalabilidad, siendo ideal para implementaciones en tiempo real.

4. Documentación y Justificación de la Decisión:

Se documentaron las dos propuestas, destacando sus características, beneficios y limitaciones. Asimismo, se justificó la elección de QBAA, detallando los elementos clave que influyeron en la decisión.

En las secciones siguientes, se describen las dos estrategias desarrolladas, analizando sus fundamentos, ventajas y limitaciones, y se presenta el razonamiento detrás de la selección de QBAA como la solución más adecuada para este proyecto.

- **PLAN DE TRABAJO**

1. Entregas y Asesorías

Antes de cada entrega programada, el equipo participó en sesiones de asesoría con profesores y expertos. Estas reuniones permitieron discutir los avances alcanzados, identificar ajustes necesarios y preparar las siguientes fases del proyecto. Cada sesión se estructuró con una agenda definida, asegurando que las inquietudes fueran abordadas de manera eficiente y que el equipo contara con una guía clara para cumplir los objetivos del proyecto. Estas interacciones fueron fundamentales para garantizar la calidad y viabilidad de las estrategias desarrolladas.

2. Recursos Utilizados

- **Humanos:**

El equipo estuvo conformado por integrantes con experiencia en finanzas, programación, análisis cuantitativo y asignación de activos. Además, los profesores y asesores desempeñaron un papel clave al proporcionar retroalimentación periódica y guiar al equipo en las metodologías más adecuadas para el desarrollo del proyecto.

- **Materiales y Tecnológicos:**

Se utilizaron herramientas avanzadas para la implementación técnica del proyecto, entre ellas:

- **Software de programación:** Python fue la herramienta principal para desarrollar algoritmos, realizar simulaciones y llevar a cabo pruebas de backtesting.
- **Herramientas de análisis estadístico:** Librerías como NumPy, Pandas, Scikit-learn y Matplotlib, que permitieron optimizar y visualizar los resultados.

- **Entornos colaborativos:** Plataformas como Jupyter Notebook, GitHub y Teams facilitaron la organización, el control de versiones y la comunicación dentro del equipo.
- **Actividades clave:**
 - **Técnicas:** Programación y uso de herramientas estadísticas para la implementación y optimización de las estrategias.
 - **Operativas:** Organización de reuniones, documentación del progreso y preparación de entregas.
- **Fechas clave y cronología:**



Ilustración 1. Cronología del PAP

- **DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORA**

Green Economy Asset Allocation (GEAA)

Una de las principales limitaciones de los enfoques actuales en la asignación de activos es la falta de integración completa de factores climáticos. Aunque el cambio climático es un riesgo sistémico significativo, muchos modelos existentes no logran capturar en su totalidad los impactos potenciales, como el riesgo de transición hacia una economía baja en carbono y los efectos a largo plazo del aumento de las temperaturas globales en sectores específicos. Este proyecto propone superar estas limitaciones añadiendo variables clave a los modelos actuales, con un enfoque particular en datos climáticos proyectados, riesgos políticos asociados con la implementación de políticas ambientales, y oportunidades emergentes en sectores "verdes".

La propuesta incluye la mejora del modelo mediante la incorporación de factores adicionales a los considerados en estudios previos. Se introducirán riesgos físicos diferenciados por región y sector, tales como la variabilidad en la frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos (huracanes, sequías) y los riesgos de transición basados en políticas ambientales existentes. Además, se modelarán escenarios de adopción de tecnologías emergentes de energía limpia mediante enfoques estocásticos y se evaluarán elasticidades de la demanda en sectores expuestos a políticas de carbono, así como la capacidad de adaptación de infraestructuras críticas.

Para optimizar la eficiencia del modelo y mejorar la toma de decisiones estratégicas a largo plazo, se integrarán técnicas avanzadas de asignación de activos. Estas herramientas permitirán capturar de manera más precisa la complejidad, la incertidumbre y la no linealidad de los impactos climáticos, facilitando un análisis adaptativo y detallado de los escenarios futuros. Esta mejora tiene como objetivo proporcionar una visión más completa y precisa de los riesgos y oportunidades climáticos, mejorando así la capacidad de tomar decisiones de inversión más informadas y sostenibles.

Este proyecto, desarrolla una estrategia de asignación de activos sostenibles que integra modelos económicos y climáticos para evaluar los efectos del cambio climático en la economía.

Se estructura en 3 partes principales:

1. [MODELO DICE \(DYNAMIC INTEGRATED CLIMATE-ECONOMY\)](#)

2. **MODELO VR (VECTOR AUTOREGRESSIVE)**

El modelo VR se utiliza para capturar las dinámicas entre múltiples variables de series temporales que pueden influirse mutuamente a lo largo del tiempo. En este caso, las variables incluyen factores económicos y climáticos. El objetivo del modelo VR es predecir los valores futuros de estas variables basándose en sus valores pasados. Matemáticamente, un modelo VR(p) de orden p se expresa de la siguiente forma:

$$Y_t = c + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + \epsilon_p$$

Donde:

Y_t : Vector de variables climáticas y económicas en el tiempo t.

c : Vector de constantes (interceptos).

A_1, A_2, \dots : Matrices de coeficientes que capturan la relación entre las variables actuales y sus valores pasados.

ϵ_p : Vector de errores o residuos, representando las innovaciones o perturbaciones no explicadas por los valores pasados.

Estructura del modelo VR

Sea Y_t un vector de tamaño $k \times 1$, donde k es el número de variables. Para cada tiempo t , el vector Y_t se puede escribir como:

$$Y_t = \begin{pmatrix} \text{Temperature}_t \\ \text{DSCI}_t \\ \text{Coal Emissions}_t \\ \text{Natural Gas Emissions}_t \\ \text{Petroleum Emissions}_t \\ \text{Total CO}_2 \text{ Emissions}_t \\ \text{GDP}_t \\ \text{TB3MS}_t \\ \text{CPI}_t \end{pmatrix}$$

El modelo VR(p) asume que cada variable en Y_t está influenciada por sus propios valores pasados y por los valores pasados de todas las demás variables del sistema hasta p rezagos. Por lo tanto, el modelo incorpora efectos autorregresivos entre todas las variables.

La forma general en matriz del modelo VR es:

$$Y_t = c + A_1 Y_{t-1} + A_2 Y_{t-2} + \dots + A_p Y_{t-p} + \epsilon_p$$

En forma expandida, esto se vería así:

$$\begin{pmatrix} \text{Temperature}_t \\ \text{DSCI}_t \\ \text{Coal Emissions}_t \\ \text{Natural Gas Emissions}_t \\ \text{Petroleum Emissions}_t \\ \text{Total CO}_2 \text{ Emissions}_t \\ \text{GDP}_t \\ \text{TB3MS}_t \\ \text{CPI}_t \end{pmatrix} = c + A_1 \begin{pmatrix} \text{Temperature}_{t-1} \\ \text{DSCI}_{t-1} \\ \text{Coal Emissions}_{t-1} \\ \text{Natural Gas Emissions}_{t-1} \\ \text{Petroleum Emissions}_{t-1} \\ \text{Total CO}_2 \text{ Emissions}_{t-1} \\ \text{GDP}_{t-1} \\ \text{TB3MS}_{t-1} \\ \text{CPI}_{t-1} \end{pmatrix} + \dots +$$

$$A_p \begin{pmatrix} Temperature_{t-p} \\ DSCI_{t-p} \\ Coal Emissions_{t-p} \\ Natural Gas Emissions_{t-p} \\ Petroleum Emissions_{t-p} \\ Total CO_2 Emissions_{t-p} \\ GDP_{t-p} \\ TB3MS_{t-p} \\ CPI_{t-p} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \epsilon_{Temperature,t} \\ \epsilon_{DSCI,t} \\ \epsilon_{Coal Emissions,t} \\ \epsilon_{Natural Gas Emissions,t} \\ \epsilon_{Petroleum Emissions,t} \\ \epsilon_{Total CO_2 Emissions,t} \\ \epsilon_{GDP,t} \\ \epsilon_{TB3MS,t} \\ \epsilon_{CPI,t} \end{pmatrix}$$

Donde:

$Temperature_t$: Vector de variables climáticas y económicas en el tiempo t.

$DSCI_t$: Es el índice de severidad de sequía.

$Coal Emissions_t$: Son las emisiones de carbón en el tiempo t,

$PIB_t, TB3MS_t, IPC_t$: Son variables económicas que representan el producto interno bruto, la tasa de letras del Tesoro y la inflación, respectivamente.

Selección Óptima de Rezagos

El número de rezagos p es crucial para el desempeño del modelo VAR. Un pp demasiado bajo puede perder dinámicas importantes, mientras que un pp demasiado alto aumenta el riesgo de sobreajuste. El valor óptimo de pp se selecciona minimizando el Criterio de Información de Akaike (AIC):

$$AIC(p) = \log \left(\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \epsilon'_t \epsilon_t \right) + \frac{2k^2 p}{T}$$

Donde:

$\epsilon'_t \epsilon_t$: es la suma residual de cuadrados (RSS) del modelo,

T : es el número total de observaciones,

k : es el número de variables (9 en este caso),

p : es el número de rezagos.

El AIC equilibra el ajuste del modelo (medido por los residuos) con la complejidad (penalizando por el número de parámetros, que aumenta con más rezagos). El orden de rezago p que minimiza el AIC se selecciona como el rezago óptimo para el modelo VAR.

Pronóstico con el modelo VR

Los valores pronosticados se basan en las relaciones históricas codificadas en los coeficientes estimados, lo que hace que el modelo VR sea adecuado para capturar las interacciones entre variables económicas y climáticas.

3. OPTIMIZACIÓN DEL PORTAFOLIO AJUSTADO POR FACTORES CLIMÁTICOS

El objetivo es optimizar un portafolio de activos financieros integrando tanto factores climáticos como económicos. Utilizamos métricas de rendimiento ajustado por riesgo, como el Sharpe Ratio, el Omega Ratio y el Sortino Ratio, y ajustamos los retornos esperados utilizando las predicciones del modelo VAR, que incorpora variables climáticas y económicas clave.

Retorno esperado ajustado

El retorno esperado de un activo, ajustado por factores climáticos, se calcula en función de su exposición a los factores económicos y climáticos predichos:

$$R_{adjusted} = \beta_{econ} \cdot X^{\wedge}_{econ} + \beta_{clim} \cdot X^{\wedge}_{clim}$$

Donde:

β_{econ} & β_{clim} : Son las betas que representan la sensibilidad del activo a los factores económicos y climáticos, respectivamente.

X^{\wedge}_{econ} & X^{\wedge}_{clim} : Son las predicciones de los factores económicos y climáticos obtenidas del modelo VR.

Este retorno ajustado refleja cómo los cambios en las condiciones económicas y climáticas afectan el rendimiento del activo, permitiendo integrar el impacto de ambos factores en el análisis del portafolio. Además, para evaluar distintos niveles de sostenibilidad, se crearon portafolios con tres combinaciones específicas de asignación entre activos verdes y grises:

- **50-50:** compuesto por un 50% de activos verdes y un 50% de activos grises,
- **75-25:** con un 75% de activos verdes y un 25% de activos grises,
- **25-75:** incluyendo un 25% de activos verdes y un 75% de activos grises.

Cada una de estas configuraciones proporciona diferentes niveles de exposición a factores sostenibles, permitiendo analizar cómo varía el rendimiento ajustado por riesgo del portafolio en función de la proporción de activos sostenibles. La optimización se aplica a cada una de estas combinaciones, maximizando métricas como el Sharpe Ratio, el Omega Ratio, y el Sortino Ratio en función de los retornos ajustados por factores climáticos y económicos, conforme se definió previamente.

Quantum Bold Asset Allocation (GEAA)

En busca de optimizar la estrategia Bold Asset Allocation (BAA), se proponen una serie de mejoras que no solo capitalicen sus fortalezas inherentes, sino que también introduzcan elementos innovadores que aumenten su capacidad de adaptación y eficiencia frente a las condiciones actuales del mercado. Estas mejoras buscan perfeccionar el enfoque original, transformándolo en una herramienta más robusta y estratégica para la asignación de activos.

Uno de los aspectos centrales de la propuesta es el refinamiento del enfoque de momentum, una de las características distintivas de BAA. Este perfeccionamiento permitirá capturar tendencias del mercado de manera más precisa, tanto a nivel relativo como absoluto, asegurando que la estrategia pueda adaptarse rápidamente a las fluctuaciones del entorno financiero y reducir su exposición a periodos de alta volatilidad. Esto garantizará una gestión más dinámica y ajustada al riesgo.

Además, se incorporará la Beta de los activos respecto al mercado como una métrica clave para identificar si los activos pertenecen a universos ofensivos o defensivos, según su sensibilidad al riesgo sistémico. Este enfoque permitirá construir portafolios con un balance óptimo entre riesgo y rendimiento, ajustándose estratégicamente a las condiciones de mercado prevalecientes.

Otra innovación significativa es la introducción de un método de análisis fundamental histórico, que incluirá la media armónica para mejorar la evaluación de la valoración relativa de los activos. Este análisis se complementará con el Piotroski score, una herramienta ampliamente reconocida en el ámbito financiero que evalúa la calidad financiera de las empresas. La combinación de estas metodologías permitirá una selección más precisa de activos sólidos y con potencial de maximización de valor a largo plazo.

Modelación Matemática

Para justificar matemáticamente el modelo de Asset Allocation basado en el paper de Wouter J. Keller (2022), se profundizará en el uso de fórmulas y fundamentos matemáticos. De manera general, en los 3 componentes del modelo: momentum relativo y absoluto, el cálculo de beta para clasificar activos en ofensivos y defensivos, y la optimización de pesos basada en el ratio de Sortino y la minimización de la semivarianza.

1. MOMENTUM RELATIVO Y ABSOLUTO

El momentum se calcula utilizando la media móvil simple (SMA) de los rendimientos de una acción a lo largo de una ventana de 12 meses. Para un activo A , el momentum en el tiempo t puede expresarse como:

$$Momentum_A(t) = \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} r_A(t-i)$$

Donde $r_A(t)$ es el retorno mensual del activo A en el mes t . Así, la SMA de 12 meses proporciona el indicador de tendencia del rendimiento de cada activo en el universo de protección.

2. CÁLCULO DE BETA PARA CLASIFICACIÓN DE UNIVERSOS OFENSIVO Y DEFENSIVO

La beta se utiliza para categorizar los activos en universos ofensivos y defensivos. Para cada activo i y el índice de mercado m , se calcula la beta como:

$$\beta_i = \frac{Cov(r_i, r_m)}{Var(r_m)}$$

Donde:

$Cov(r_i, r_m)$: Covarianza entre los retornos del activo y el índice de mercado,

$Var(r_m)$: Varianza de los retornos del índice de mercado.

Luego, los activos se clasifican como:

- Defensivos: aquellos con $\beta_i \leq 0.6$
- Ofensivos: aquellos con $\beta_i > 0.6$

Esta categorización permite asignar activos según su sensibilidad al mercado en el contexto de la estrategia de momentum, adaptándose según la dirección del mercado.

3. OPTIMIZACIÓN DE PESOS: RATIO DE SORTINO Y SEMIVARIANZA

La optimización de pesos para cada universo (ofensivo o defensivo) se realiza con diferentes métricas de riesgo. En el universo ofensivo, el ratio de Sortino se maximiza, mientras que en el defensivo se minimiza la semivarianza del portafolio.

Ratio de Sortino

El ratio de Sortino para un portafolio con activos se define como:

$$\text{Sortino Ratio}_p = \frac{E[R_p - R_f]}{\sigma_{\text{downside}}}$$

Donde:

$E[R_p - R_f]$: Exceso de retorno del portafolio sobre la tasa libre de riesgo.

σ_{downside} : Desviación estándar de las pérdidas o semidesviación.

La semidesviación se calcula considerando solo los retornos negativos:

$$\sigma_{\text{downside}} = \sqrt{\frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \min(0, R_{p,i} - R_f)^2}$$

donde M es el número de observaciones.

La optimización busca maximizar el ratio de Sortino, usando pesos $w = [w_1, w_2, \dots, w_N]$ de manera que:

$$\max_w \text{Sortino Ratio}_P(w) = \frac{E[R_P(w) - R_f]}{\sigma_{\text{downside}}(w)}$$

Minimización de Semivarianza

En el universo defensivo, la semivarianza del portafolio se minimiza. Dado un portafolio con retorno $R_P = \sum_{i=1}^N (w_i R_i)$ la semivarianza se expresa como:

$$\text{Semivarianza}(w) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^N (\min(0, R_{P,i}(w)))^2$$

Se busca minimizar bajo las restricciones de que los pesos sumen uno y se encuentren dentro de un rango permitido, típicamente $0.05 \leq w_i \leq 1$.

4. ELECCIÓN DE UNIVERSOS EN FUNCIÓN DEL MOMENTUM DEL UNIVERSO PROTECTOR

Para decidir si utilizar el universo ofensivo o defensivo, el modelo utiliza la señal de momentum del universo protector. El momentum promedio de los activos de protección M_{canary} en el tiempo t se calcula como:

$$M_{\text{canary}}(t) = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^K \text{Momentum}_j(t)$$

donde K es el número de activos en el universo protector. Si $M_{\text{canary}}(t) < 0$ se selecciona el universo ofensivo; si $M_{\text{canary}}(t) \leq 0$, se selecciona el defensivo.

5. IMPLEMENTACIÓN DE LA ESTRATEGIA DINÁMICA Y REBALANCEO

Cada seis meses, se selecciona el universo y se aplican las optimizaciones respectivas. El valor del portafolio V_p se recalcula según los precios actuales $P_i(t)$ y las acciones en cada activo n_i :

$$V_p(t) = \sum_{i=1}^N n_i \cdot P_i(t)$$

Donde $n_i = \frac{c \cdot w_i}{P_i(t)}$ y c es el capital asignado a los activos seleccionados.

Selección de estrategia

Para este proyecto, se evaluaron dos estrategias: Quantum-Bold Asset Allocation (**QBAA**) y Green Economy Asset Allocation (**GEAA**). Ambas propuestas buscaban generar rendimientos consistentes y minimizar el riesgo, pero cada una se basaba en diferentes enfoques y variables. Tras realizar un análisis comparativo, se decidió que **QBAA** era la estrategia más **sólida** para cumplir dichos objetivos. A continuación, se explican los motivos de esta elección.

Se decidió descartar la estrategia Green Economy Asset Allocation principalmente debido a la limitada disponibilidad de datos y la complejidad de mantener información precisa y confiable. Las variables provienen de fuentes que son, en algunos casos, difíciles de actualizar y dependen de mediciones específicas que no siempre están disponibles con la misma frecuencia o precisión que los datos financieros tradicionales.

Otra razón importante para descartar GEAA fueron los altos costos computacionales y operativos. Esta estrategia requería procesar una gran cantidad de datos de variables relacionadas con el medio ambiente y economía, como emisiones de carbono y temperatura ambiental, cuya actualización y mantenimiento en tiempo real demandaban un uso intensivo de recursos tecnológicos. Esto no solo elevaba los costos de implementación, sino que también hacía que el monitoreo constante de la estrategia fuera poco práctico y menos eficiente que el enfoque de QBAA, que trabaja con datos financieros más accesibles y estandarizados.

La dependencia en variables menos consistentes añade una capa de riesgo, ya que cambios en la política o en la demanda de energías verdes pueden afectar el rendimiento de la estrategia. Además, la adopción y aceptación de las energías verdes en el mercado sigue siendo variable, lo que podría limitar la estabilidad y crecimiento de la estrategia, factores que son cruciales para una asignación de activos confiable y de largo plazo.

Backtesting Dinámico

El backtesting dinámico es una metodología que combina optimización y simulación mediante un enfoque iterativo, evaluando estrategias de inversión con mayor precisión y adaptabilidad. Este proceso se basa en el uso de ventanas móviles (rolling windows), tal como se ilustra en la imagen, lo que permite realizar ajustes constantes en los parámetros y evaluar el desempeño en diferentes periodos temporales.

- **Optimización:** En esta etapa, se ajustan los parámetros de la estrategia utilizando un conjunto de datos históricos específicos (denominado Periodo de Optimización). En este caso, se realiza un rebalanceo cada seis meses, lo que asegura que la estrategia esté calibrada para las condiciones de mercado vigentes en ese intervalo.
- **Simulación:** Posteriormente, se valida la estrategia optimizada en un periodo subsiguiente, conocido como Periodo de Simulación. Este periodo no está incluido en el conjunto de datos de optimización, lo que permite evaluar la capacidad de generalización de la estrategia en un entorno que simula las condiciones reales del mercado.

Este proceso, fundamentado en ventanas móviles (rolling windows), facilita la evaluación de la adaptabilidad y solidez de las estrategias ante cambios en las condiciones del mercado, minimizando el riesgo de sobreajuste y aumentando la confiabilidad de los resultados.

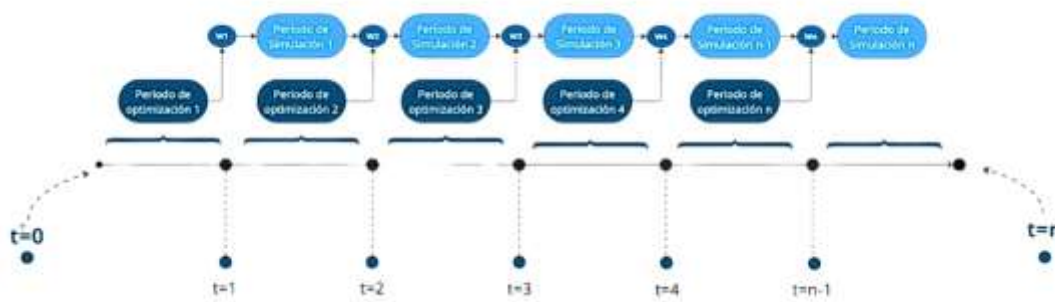


Ilustración 2. Simulación dinámica de estrategia de inversión

Descripción

La clase `DynamicBacktest` realiza un backtesting dinámico de estrategias de asignación de activos, permitiendo evaluar su desempeño frente a un benchmark. Incluye funcionalidades para rebalancear portafolios, calcular métricas clave y graficar resultados.

Parámetros

- `Results (DataFrame)`: Decisiones estratégicas con columnas.
- `Date`: Fechas de rebalanceo.
- `Chosen Universe`: Universo (Ofensivo/Defensivo)
- `Selected Stocks`: Lista de acciones elegidas
- `Prices (dict)`: Histórico de las acciones
- `Benchmark data / ticker`: Precios y ticker del Benchmark (^GSPC por default)
- `Initial capital (float)`: Capital inicial portfolio

Métodos principales

- `def run_backtest(self)`: La función ejecuta el backtest simulando la evolución del portafolio desde una fecha inicial hasta la última fecha disponible en los datos.
 - Inicializa el portafolio con el capital y rebalancea según la estrategia inicial.
 - Para cada fecha:
 - Si es fecha de rebalanceo, ajusta pesos y acciones según las nuevas decisiones.
 - Calcula el valor diario del portafolio y del benchmark.
 - Guarda los valores diarios en listas para análisis posterior.
- `def calculate_sortino_weights(self, selected_stocks, end_date)`: Optimiza los pesos del portafolio maximizando la relación Sortino, priorizando retornos ajustados por riesgo.

- Calcula retornos históricos de las acciones seleccionadas durante el último año.
 - Define la función objetivo como el negativo del Sortino ratio.
 - Utiliza `scipy.optimize.minimize` para optimizar los pesos bajo restricciones:
 - Los pesos deben sumar 1.
 - Pesos mínimos de 0.05 por acción.
- `def rebalance_portfolios(self, capital, selected_stocks, universe_type, date)`: Realiza el rebalanceo del portafolio según el tipo de universo (Ofensivo/Defensivo).
 - Calcula pesos óptimos
 - Asigna el capital proporcionalmente a los pesos y calcula la cantidad de acciones a comprar
 - Devuelve el número de acciones y los pesos asignados.
- `def calculate_portfolio_value(self, shares, selected_stocks, date)`: Calcula el valor total del portafolio en una fecha específica.
 - Multiplica la cantidad de acciones por su precio en la fecha dada.
 - Devuelve la suma total.
- `def evaluate_portfolios(self)`: Calcula métricas clave para evaluar el desempeño del portafolio gestionado y del benchmark.
 - CAGR (Tasa de Crecimiento Annual Compuesta)
 - Sharpe Ratio
 - Sortino Ratio
 - Max Drawdown
 - Volatilidad
 - Value at Risk
 - Alfa y Beta

- `def plot_strategies(self)`: Grafica la evolución del valor del portafolio gestionado y del benchmark, facilitando la comparación visual.

Nota:

En el proyecto, se utilizaron datos diarios para las acciones y datos trimestrales para los fundamentales, con un rebalanceo de portafolios cada seis meses. No se incluyeron comisiones ni impuestos en las simulaciones de backtesting, lo que permitió simplificar el análisis y enfocarse en la evaluación de las estrategias en términos de rendimiento ajustado por riesgo.

Método de Optimización

En el desarrollo de QBAA, se implementó el método de optimización **SLSQP** (Sequential Least Squares Programming), una técnica avanzada de optimización que tiene su base en los métodos de Newton, conocidos por su precisión al resolver problemas no lineales. Este enfoque es particularmente efectivo en escenarios financieros donde se requieren ajustes precisos bajo restricciones específicas, como en la construcción de portafolios.

El método SLSQP utiliza aproximaciones cuadráticas y gradientes para encontrar soluciones óptimas de manera iterativa. En cada paso, resuelve un subproblema cuadrático que aproxima la función objetivo, ajustándose progresivamente hacia el punto óptimo, lo que lo hace adecuado para manejar restricciones complejas. Esto incluye restricciones de igualdad, como la suma de los pesos del portafolio igual a 1, y de desigualdad, como límites superiores e inferiores en los pesos asignados a cada activo (por ejemplo, entre 0.05 y 1).

El origen del método en los principios de Newton le permite aprovechar información derivada de la segunda derivada (la matriz Hessiana) para calcular las direcciones de búsqueda óptimas, mejorando la convergencia en problemas no lineales. En el contexto de QBAA, se utilizó este método para optimizar métricas ajustadas por riesgo, como la relación Sortino o la semivarianza, asegurando que los portafolios maximizaran el rendimiento mientras se mantenían dentro de los límites de riesgo predefinidos.

La elección de SLSQP no solo aseguró resultados consistentes, sino que también permitió la incorporación de restricciones personalizadas, como límites en las proporciones de activos ofensivos y defensivos. Esto reflejó su flexibilidad y eficacia en problemas de asignación de activos, mostrando un desempeño superior frente a métodos alternativos menos sofisticados.

3. Resultados del trabajo profesional

Los resultados alcanzados en este proyecto representan el desarrollo y mejora de la estrategia **Bold Asset Allocation (BAA)** de Keller, transformándola de una herramienta de trading dinámico en un enfoque más robusto y adecuado para portafolios de inversión a largo plazo. El producto obtenido, una versión perfeccionada de la estrategia original, incorpora fundamentos económicos y financieros que complementan las señales de momentum, logrando una asignación de activos más sólida y alineada con las características típicas de los portafolios de inversión institucionales.

Estas mejoras permiten reducir la frecuencia de rebalances, minimizando costos y adaptando la estrategia a horizontes de inversión más prolongados, sin comprometer el rendimiento ajustado por riesgo, con este enfoque, la estrategia se integra de manera más efectiva en la práctica de gestión de portafolios, con impactos positivos en la estabilidad y eficiencia de las decisiones de inversión a largo plazo.

Las métricas clave, como el Compound Annual Growth Rate (CAGR), el Sortino Ratio, la beta, la volatilidad, el Max Drawdown y el Valor en Riesgo (VaR), fueron analizadas para comparar su desempeño frente a un benchmark representativo. Estas métricas no solo reflejan la eficiencia y robustez de la estrategia para capturar rendimientos superiores, sino también su capacidad para gestionar riesgos de manera efectiva en entornos de mercado volátiles. Asimismo, gráficos comparativos como Sortino Ratio vs VaR y CAGR vs Risk ofrecen una visión integral del balance entre rendimiento y control del riesgo.

Compound Annual Growth Rate (CAGR)

Representa el **crecimiento constante** de una inversión durante un periodo de tiempo específico, asumiendo que los rendimientos se reinvierten al final de cada año. Se utiliza para calcular la tasa de retorno promedio anual que una inversión ha logrado durante un periodo, considerando tanto fluctuaciones positivas como negativas, y proporcionando

una tasa uniforme que permite comparar el desempeño de diferentes activos o estrategias de inversión.

El promedio del CAGR de las simulaciones fue del **9.26%**, significativamente superior al **5.8%** del benchmark.

Esto demuestra que la estrategia dinámica gestionada logra capturar rendimientos superiores al mercado general.

Además, la mediana, cercana al **9%**, indica que la mayoría de los portafolios simula un crecimiento estable, con un rango mayoritariamente entre el **8%** y el **10%**, lo que refleja la efectividad de las decisiones dinámicas de asignación de activos.

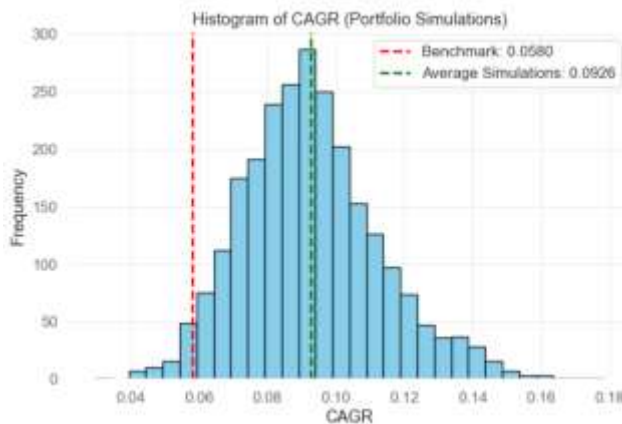


Ilustración 3. Histograma de CAGR

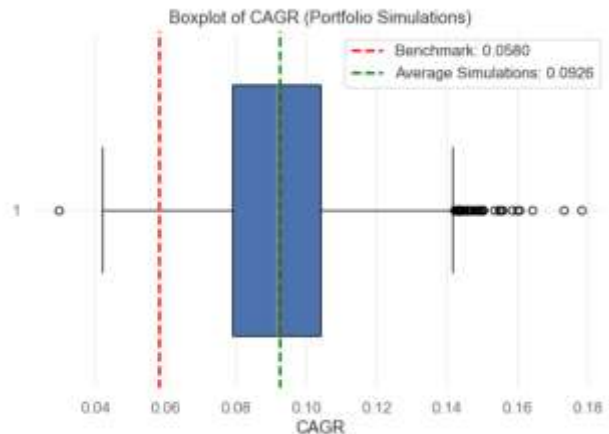


Ilustración 4. Boxplot de CAGR

Sortino Ratio

El Sortino Ratio es una medida de **rendimiento** ajustada al riesgo que se utiliza para evaluar la rentabilidad de una inversión en relación con el riesgo de caídas o pérdidas.

Proporciona una mejor representación del riesgo al enfocarse solo en los movimientos **adversos** del mercado, ayudando a identificar inversiones que generen rendimientos consistentes con menor riesgo de pérdida.

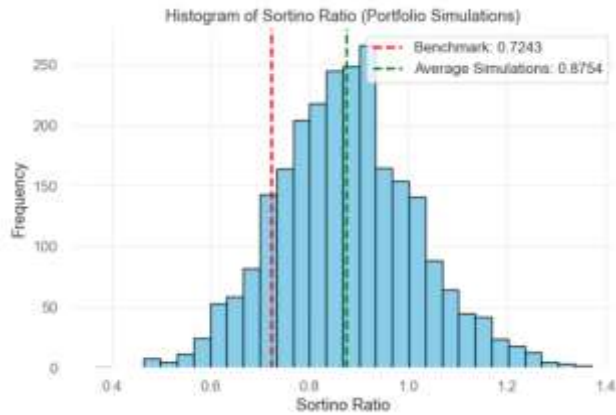


Ilustración 5. Histograma de Sortino

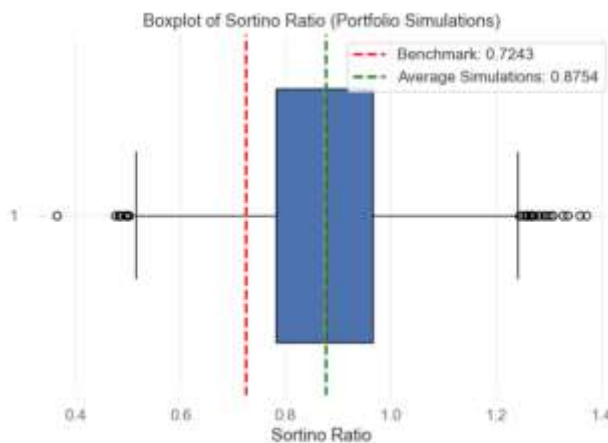


Ilustración 6. Boxplot de Sortino

El promedio del Sortino Ratio de las simulaciones fue de **0.8754**, significativamente superior al **0.7243** del benchmark. Esto indica que la estrategia dinámica implementada gestiona de manera más eficiente el riesgo asociado a las pérdidas.

Además, la mediana, cercana a 0.85, refleja que más del **50%** de las simulaciones presentan un desempeño superior al benchmark, con un rango de resultados concentrado entre 0.8 y 1.0, lo que denota estabilidad y consistencia. Los valores atípicos por encima de 1.2 sugieren que ciertas combinaciones de activos y decisiones

estratégicas lograron un equilibrio excepcional entre rendimiento y control de riesgos.

Beta

La beta es una medida de la **sensibilidad** de un activo o portafolio respecto a los movimientos del **mercado** en general. Esta medida es útil para evaluar el riesgo sistemático de un activo, es decir, el riesgo asociado con factores del mercado que afectan a todas las inversiones, como cambios en tasas de interés o crisis económicas.

El **promedio** de beta de las simulaciones fue de **0.8436**, inferior al 1.0 del benchmark, lo que indica que los portafolios son menos volátiles y están mejor protegidos frente a fluctuaciones del mercado.

La distribución muestra una concentración de resultados entre **0.80** y **0.90**, con una mediana cercana al promedio, reflejando estabilidad en la estrategia implementada.

Este menor nivel de beta sugiere que la estrategia logra combinar rendimientos competitivos con una exposición más **controlada** al riesgo, haciéndola ideal para inversionistas que buscan mitigar la volatilidad sin comprometer el desempeño.

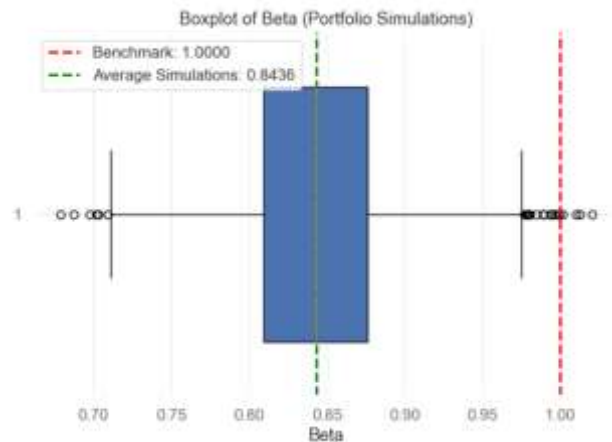


Ilustración 7. Boxplot de la Beta

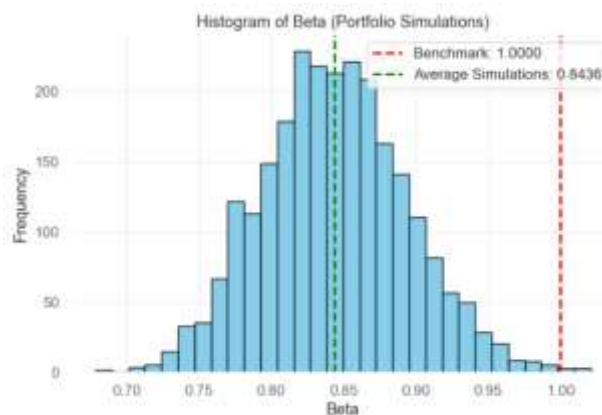


Ilustración 8. Histograma de la Beta

Volatilidad

Es una medida de la **variabilidad** o dispersión de los rendimientos de un activo en un período determinado. En términos simples, indica cuánto y con qué frecuencia cambia el precio de un activo. A mayor volatilidad, mayor es la **incertidumbre** sobre el rendimiento futuro de la inversión.

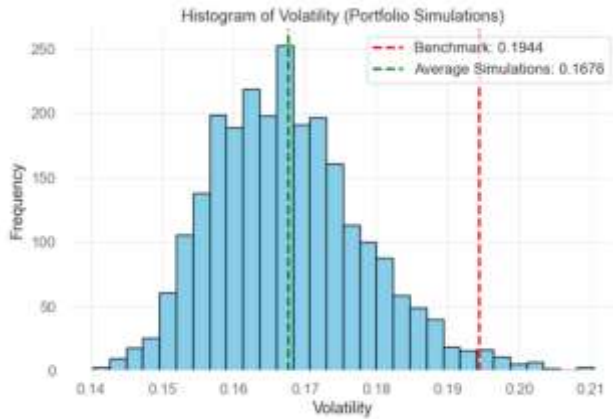


Ilustración 9. Histograma de Volatilidad

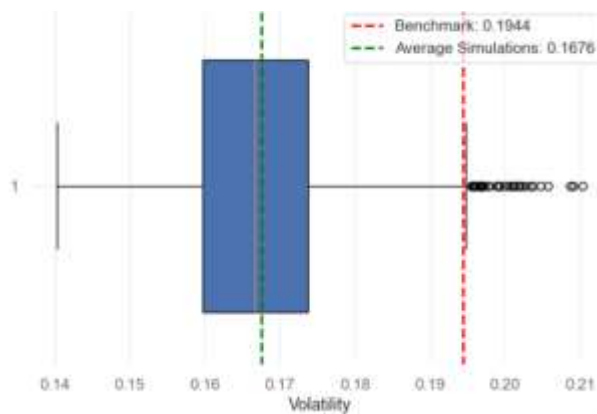


Ilustración 10. Boxplot de Volatilidad

El promedio de volatilidad de las simulaciones fue de **0.1676**, significativamente menor al **0.1944** del benchmark, lo que indica que los portafolios gestionados dinámicamente son menos volátiles que el mercado.

El histograma muestra una concentración clara entre **0.16** y **0.18**, lo que refleja estabilidad en los resultados, mientras que el boxplot confirma una mediana cercana al promedio, con un rango intercuartil bien definido.

Este menor nivel de volatilidad muestra la capacidad para gestionar el riesgo de manera más eficiente.

Max Drawdown

Indica la **mayor pérdida** acumulada en el valor del portafolio desde el pico de rentabilidad hasta el punto de mínimo, medido en términos porcentuales. Esta métrica es útil para evaluar la resiliencia de una estrategia de inversión frente a periodos de pérdidas y volatilidad, ya que refleja cuánto ha disminuido el valor de la inversión en su peor momento histórico.

El promedio del Max Drawdown de las simulaciones fue de **-39.72%**, menor que el **-56.78%** del benchmark, lo que refleja una mejor protección contra caídas severas.

La mayoría de los portafolios se concentran entre **-45%** y **-35%**, con resultados estables y consistentes.

Esto muestra que la estrategia gestiona eficientemente el riesgo extremo, limitando pérdidas significativas en condiciones adversas.

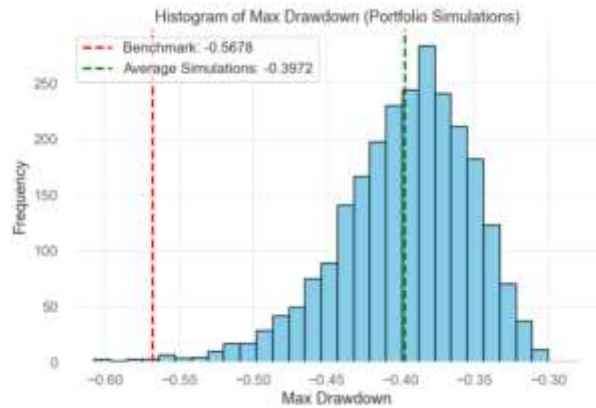


Ilustración 11. Histograma de Max Drawdown

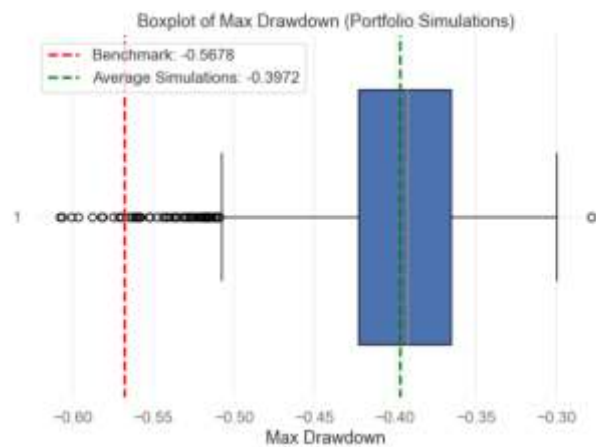


Ilustración 12. Boxplot de Max Drawdown

Value at Risk (VaR)

VaR es una medida **estadística** utilizada para evaluar el riesgo de pérdida en una inversión dentro de un horizonte temporal determinado y con un nivel de confianza especificado. Esta herramienta es útil para gestionar riesgos y definir límites de pérdidas

aceptables en una estrategia de inversión.

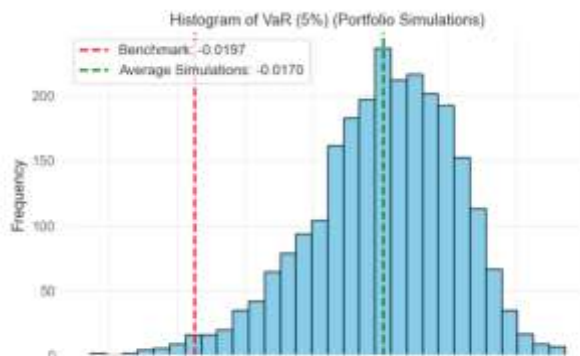


Ilustración 13. Histograma del VaR (5%)

El promedio del VaR de las simulaciones fue de **-0.0170 (-1.70%)**, mejor que el **-0.0197 (-1.97%)** del benchmark, reflejando un menor riesgo potencial de pérdidas extremas.

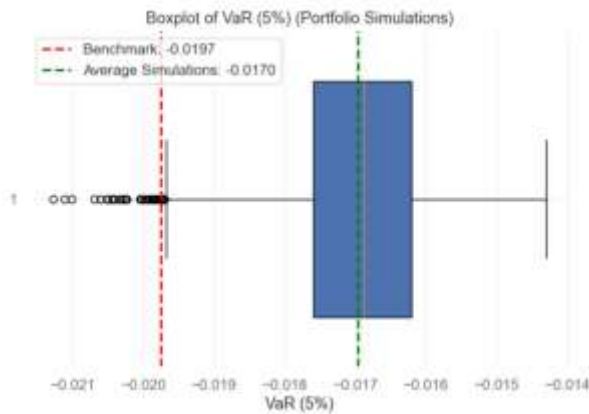


Ilustración 14. Boxplot del VaR (5%)

comparación con el benchmark, ofreciendo mayor estabilidad en escenarios adversos.

La mayoría de los portafolios se concentran entre **-1.8%** y **-1.6%**, con un rango estable que resalta la capacidad de la estrategia para controlar el riesgo en eventos desfavorables.

Este resultado evidencia que los portafolios **optimizados** tienen menor exposición a pérdidas significativas en

Sortino Ratio vs VaR

Este gráfico compara el Sortino Ratio y el VaR (5%) de los portafolios simulados con el benchmark, mostrando el rendimiento ajustado por riesgo y la exposición a pérdidas extremas.

Los portafolios **simulados** (puntos morados) tienen, en su mayoría, un Sortino Ratio más alto y un VaR (5%) menos negativo que el benchmark (punto rojo), lo que indica un mejor balance entre rendimiento y control del riesgo. El benchmark se encuentra por debajo del **promedio** de las simulaciones, evidenciando que los portafolios gestionados dinámicamente no solo generan mejores rendimientos ajustados por volatilidad negativa, sino que también limitan el impacto de eventos extremos. La **dispersión** de puntos refleja la diversidad de resultados, pero la densidad en la región superior derecha confirma el desempeño robusto y la gestión efectiva del riesgo de la estrategia dinámica.

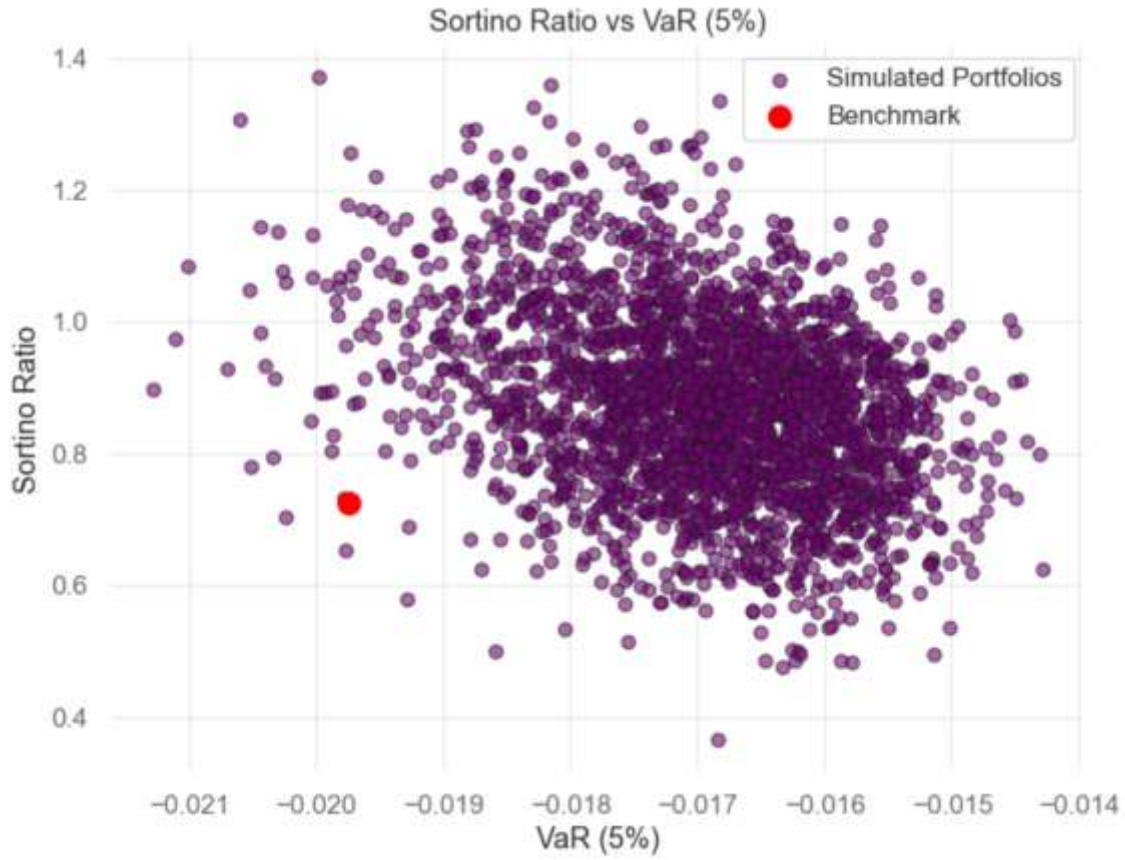


Ilustración 15. Gráfico de Sortino vs VaR (5%)

CAGR vs Risk

Este gráfico muestra la relación entre el **CAGR** y la **volatilidad**, destacando que los portafolios simulados (puntos azules) logran, en su mayoría, un rendimiento superior con menor riesgo que el benchmark (punto rojo). El benchmark se posiciona con un CAGR de aproximadamente **6%** y una volatilidad cercana al **19%**, mientras que el promedio de las simulaciones (punto verde) alcanza un CAGR cercano al **9%** con una volatilidad menor, alrededor del **17%**.

La concentración de los portafolios simulados en una región de menor volatilidad y mayor rendimiento evidencia la eficiencia de la estrategia para optimizar la relación **riesgo - retorno**. Este resultado confirma que la estrategia dinámica no solo supera al benchmark, sino que también ofrece portafolios más consistentes y adaptables a diversas condiciones de mercado.

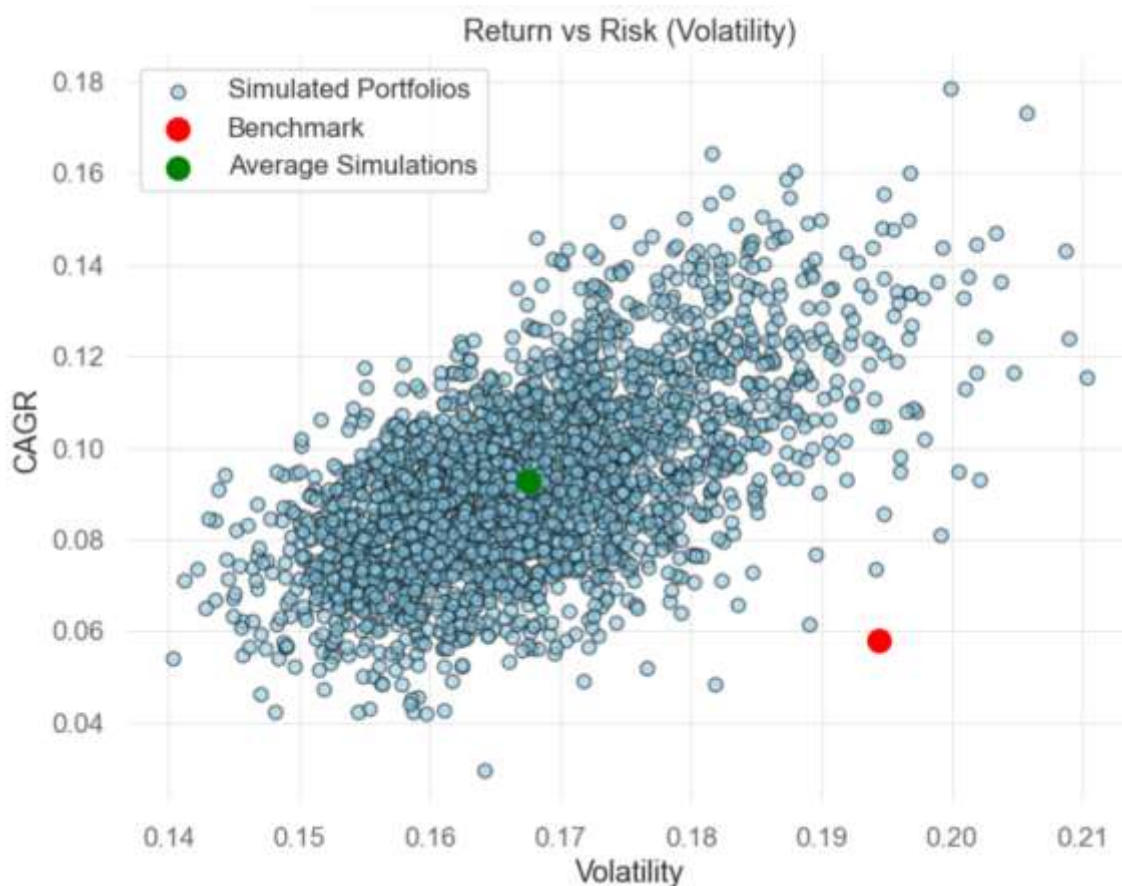


Ilustración 16. Gráfico de Volatilidad vs CAGR

Justificación del método

La elección del método Quantum-Bold Asset Allocation se justifica por su capacidad de adaptar la composición del portafolio a las condiciones de mercado en función de la volatilidad, el momentum y el rendimiento potencial de los activos.

En este modelo, se aprovechan métricas de análisis financiero avanzado y metodologías estadísticas para estructurar una cartera que busca maximizar los rendimientos ajustados al riesgo.

A continuación, se explica el razonamiento detrás de los elementos clave de esta estrategia:

La metodología fue seleccionada por su capacidad de combinar un enfoque estructurado con la flexibilidad necesaria para adaptarse a los cambios del mercado. Sus cálculos y supuestos permiten una gestión activa de la cartera sin perder de vista los fundamentales financieros.

Además, la estrategia presenta una ventaja significativa en términos de acceso y actualización de datos, ya que los datos que la alimentan son fácilmente accesibles y permiten la revisión continua de los activos en cartera. Esta disponibilidad de datos facilita los ajustes necesarios conforme cambian los fundamentales de cada activo, asegurando que la estrategia permanezca relevante en un entorno de mercado dinámico.

Por último, la estructura de QBAA es más directa y transparente, lo cual simplifica la implementación y el seguimiento de resultados, permitiendo una trazabilidad clara de cada ajuste realizado en el portafolio.

Para la estrategia QBAA, cada uno de estos elementos desempeña un rol clave en la optimización y el rendimiento del portafolio:

- **Análisis Fundamental:** Permite identificar el valor intrínseco y la calidad de los activos al evaluar métricas como margen operativo, ROE, P/E y flujo de caja por acción. Esto asegura que se seleccionen solo empresas financieramente sólidas, maximizando las oportunidades de crecimiento sostenible y aportando estabilidad al portafolio en el largo plazo.
- **Beta:** La beta de los activos frente al S&P 500 se utiliza como una medida de sensibilidad al mercado, lo que nos permite categorizar los activos como ofensivos (beta > 0.6) o defensivos (beta < 0.6). En entornos volátiles, el portafolio puede inclinarse hacia activos defensivos, mientras que en mercados favorables se adopta una postura ofensiva, optimizando la exposición según el contexto de mercado.
- **Piotroski Score:** Clasifica los activos en función de su fortaleza financiera histórica, evaluando criterios como rentabilidad y calidad del balance. Al priorizar activos con un puntaje Piotroski alto, QBAA integra activos financieramente sólidos, lo cual reduce riesgos y fortalece la resiliencia del portafolio frente a fluctuaciones. Este indicador marca una ventaja significativa respecto a BAA, ya que refina el proceso de asignación de activos y reduce el riesgo de incluir empresas con fundamentos inestables.
- **Media Armónica:** Minimiza el impacto de valores extremos en las métricas de los fundamentales financieros, dando una representación equilibrada de los activos seleccionados. Esto ayuda a reducir la exposición a activos sobrevalorados o volátiles, estabilizando la estructura del portafolio y favoreciendo una selección de activos coherente y robusta.

En conjunto, estas innovaciones hacen de QBAA una estrategia más robusta, flexible y enfocada en la calidad de los activos, superando las limitaciones del modelo original y asegurando un desempeño más consistente en mercados volátiles y en escenarios a largo plazo.

Nicho de mercado

En el ámbito de las inversiones, los perfiles de riesgo definen la relación entre el potencial de crecimiento de una inversión y el nivel de riesgo que el inversionista está dispuesto a asumir. Estos perfiles, que van desde conservador hasta agresivo, permiten identificar estrategias de inversión adecuadas según la tolerancia al riesgo y los objetivos financieros individuales o institucionales.

El nicho de mercado para una estrategia de inversión, por lo tanto, se centra en satisfacer las necesidades de un tipo específico de inversionista, alineando la composición del portafolio con sus expectativas de rendimiento y estabilidad.

Para la estrategia Quantum-Bold Asset Allocation, el perfil de riesgo ideal es el del inversionista moderado a moderado-agresivo, quien busca un equilibrio entre crecimiento y protección del capital.

Además, la estrategia se dirige a inversionistas que valoran la gestión activa del portafolio y están dispuestos a involucrarse en la toma de decisiones periódicas. El rebalanceo constante en QBAA es clave para optimizar el rendimiento y controlar el riesgo, adaptándose a nuevas condiciones económicas y fluctuaciones del mercado.

Esta dinámica resulta ideal para quienes tienen experiencia en el seguimiento de métricas financieras y un interés en ajustar su portafolio de acuerdo con cambios en variables como indicadores fundamentales, desempeño corporativo y entorno macroeconómico.

Esta estrategia también puede resultar atractiva para inversionistas institucionales y fondos de inversión que necesitan gestionar grandes cantidades de capital en activos de alta calidad y que puedan ofrecer buenos retornos a largo plazo. QBAA es idónea para aquellos que valoran una estructura transparente y de fácil seguimiento en su portafolio, ya que los activos que integra tienen métricas financieras claras y accesibles. En términos de planificación financiera, la estrategia se ajusta a metas de inversión a largo plazo, por lo que es ideal para portafolios de wealth management.

4. Reflexiones del alumno o alumnos sobre sus aprendizajes, las implicaciones éticas y los aportes sociales del proyecto

MARA PAOLA MUÑOZ ACEVEDO

- **Aprendizajes Profesionales**

A lo largo de este Proyecto de Aplicación Profesional, pude desarrollar competencias clave tanto en el ámbito financiero como en el análisis cuantitativo, ya que el proyecto me permitió aplicar y aprender conceptos avanzados de la asignación de activos en un contexto real. Además, tuve que integrar herramientas de análisis, investigación, estadística y programación, lo que fortaleció mis habilidades interdisciplinarias. Aprendí a utilizar distintos indicadores y a adaptarlos al análisis de portafolios, lo que me permitió comprender más a fondo el impacto de las decisiones de inversión en los mercados dinámicos.

Este proyecto, a través de las dos estrategias propuestas, también me desafió a considerar diversos factores en la toma de decisiones de inversión, ampliando mi visión sobre el contexto global y las implicaciones de las estrategias financieras. Sin duda, el PAP me ayudó a fortalecer mis competencias adquiridas a lo largo de la carrera y a reafirmar mi interés en la optimización de portafolios como parte de mi futuro profesional.

- **Aprendizajes Sociales**

Este PAP me permitió comprender la importancia del trabajo en equipo y de la comunicación efectiva al trabajar en un proyecto complejo. En particular, con la estrategia GEAA, aprendí a integrar factores ambientales y económicos en la toma de decisiones financieras, lo que trajo a mi atención la importancia de considerar impactos positivos en nuestro entorno más allá de los rendimientos monetarios. Este enfoque multidimensional requirió coordinación y debate dentro del equipo, reforzando habilidades como la escucha activa, la resolución de conflictos y el trabajo colaborativo.

El desarrollo de la GEAA también me hizo reflexionar sobre el papel que tienen las decisiones financieras en promover prácticas sostenibles, destacando cómo una asignación de activos puede contribuir a mitigar problemáticas ambientales. Este proyecto me ha motivado a contribuir a mi entorno desde mi carrera, reconociendo el impacto que las decisiones de inversión tienen.

- **Aprendizajes Éticos**

El desarrollo de este proyecto me permitió reflexionar profundamente sobre la importancia de la ética en la toma de decisiones financieras. La creación de estrategias de Asset Allocation planteó desafíos relacionados con la transparencia y la responsabilidad hacia los inversionistas y la sociedad. Aprendí a ser consciente no solo la rentabilidad de las estrategias, sino también su alineación con principios éticos, como la sostenibilidad y el impacto que tienen en el entorno.

Asimismo, la inclusión de factores ambientales en la estrategia GEAA me ayudó a valorar cómo las decisiones financieras pueden influir en temas de impacto global, como el cambio climático y el desarrollo sostenible. Este aprendizaje ético no solo refuerza mi compromiso como estudiante, sino que también orienta mi futuro profesional hacia una práctica que combine el rendimiento con una responsabilidad consciente hacia los demás y el entorno.

- **Aprendizajes Personales**

Este Proyecto de Aplicación Profesional representó un desafío especial para mí, ya que implicó adentrarme en áreas como el análisis cuantitativo, la programación y el diseño de estrategias avanzadas de AA, temas que requirieron un esfuerzo de mi parte para dominar en el marco del proyecto. Sin embargo, trabajar en este proyecto no sólo ayudó a fortalecer mis conocimientos técnicos, sino que también me demostró mi capacidad de adaptarme y aprender en entornos complejos.

Además, trabajar en equipo con mis compañeros y bajo la guía de profesores expertos me permitió adquirir valiosas perspectivas y habilidades interpersonales. Aprendí mucho de las experiencias, ideas y puntos de vista de mis compañeros, lo que hizo que esta experiencia fuera enriquecedora tanto a nivel profesional como personal. Me llevo de este PAP una base sólida que, sin duda, será un pilar importante para mi vida profesional, motivándome a seguir aprendiendo y creciendo en el campo de las finanzas.

RANIA PAOLA AGUIRRE RODRÍGUEZ

- **Aprendizajes Profesionales**

Al trabajar en la implementación de una estrategia de Quantitative Bold Asset Allocation, adquirí habilidades clave en la optimización de carteras mediante algoritmos cuantitativos, así como en la integración de modelos estadísticos avanzados para la asignación de activos. Este proceso me permitió aplicar métodos de análisis cuantitativo y combinarlos con métodos de análisis fundamental para determinar el riesgo y la rentabilidad de los activos de manera más eficiente. Además, comprendí la importancia de la diversificación dinámica, adaptando la estrategia a condiciones de mercado cambiantes. Esta experiencia me brindó una mayor comprensión de la gestión de riesgos y fortaleció mi interés en desarrollar soluciones basadas en datos para optimizar las decisiones de inversión.

- **Aprendizajes Sociales**

La implementación de esta estrategia tuvo un impacto social positivo, al ofrecer una forma más accesible y comprensible para los inversores de optimizar sus carteras en función de objetivos específicos y condiciones del mercado. La herramienta puede beneficiar tanto a inversores experimentados como a aquellos que se están iniciando en la gestión de activos, proporcionando conocimientos para tomar decisiones más informadas. A largo plazo, este proyecto tiene el potencial de mejorar la calidad de las decisiones de inversión y fomentar una cultura financiera más sólida, impulsando una mayor inclusión en los mercados de inversión.

- **Aprendizajes Éticos**

El desarrollo de esta estrategia me ha motivado a reflexionar sobre la importancia de la ética en la toma de decisiones de inversión basadas en modelos cuantitativos. A

través de la implementación de métodos transparentes y responsables, aseguré que los resultados generados por la estrategia fueran claros y sin sesgos, lo que subraya la importancia de la ética en la creación de herramientas de inversión.

- **Aprendizajes Personales**

Este proyecto me permitió sintetizar todo lo aprendido a lo largo de mi carrera, aplicando conocimientos de análisis cuantitativo, optimización de carteras y programación avanzada en un entorno práctico. Descubrí mis fortalezas en la organización y gestión de proyectos complejos, al mismo tiempo que identifiqué áreas de mejora, como la perfección de modelos en tiempo real. Además, sentí que pude hacer una aportación significativa a la sociedad, desarrollando una herramienta que puede ayudar a los inversores a tomar decisiones más informadas y eficientes. Este desafío ha reforzado mi compromiso con el aprendizaje continuo y mi deseo de seguir creando soluciones tecnológicas que tengan un impacto positivo en la gestión de inversiones.

LUIS RAMÓN ROBLES COBIÁN

- **Aprendizajes Profesionales**

Durante el desarrollo de este Proyecto de Aplicación Profesional, he fortalecido significativamente mis competencias tanto genéricas como específicas dentro del ámbito de mi disciplina: la Ingeniería Financiera. Destacan mis habilidades en el diseño e implementación de estrategias cuantitativas avanzadas, así como en la optimización de parámetros y el uso de herramientas de programación como Python análisis de simulaciones. Este proyecto me permitió desarrollar una perspectiva multidisciplinaria al integrar conocimientos de finanzas, economía ambiental, estadística y tecnología, esenciales para abordar problemas complejos en el Asset Allocation.

Un aprendizaje importante fue comprender la relevancia de los factores climáticos y económicos en la gestión de inversiones sostenibles, así como su impacto en la toma de decisiones financieras en mercados globales. Este entendimiento no solo amplió mi visión sobre la profesión, sino que también reforzó mi compromiso de diseñar soluciones prácticas y responsables para enfrentar los retos actuales. Este proyecto puso a prueba mis saberes previos, al tiempo que me impulsó a expandirlos, enriqueciendo mi proyecto de vida profesional y mostrándome que con las herramientas adecuadas puedo contribuir a transformar la realidad financiera hacia un enfoque más ético y sostenible.

- **Aprendizajes Sociales**

Este proyecto tuvo un impacto social significativo al explorar cómo las estrategias cuantitativas pueden democratizar el acceso a herramientas avanzadas de inversión y promover prácticas sostenibles en un entorno económico cada vez más interconectado. En un contexto donde la cultura financiera sigue siendo limitada, este

trabajo propuso soluciones que pueden beneficiar a inversionistas individuales e institucionales, así como fomentar una mayor conciencia sobre la importancia de las decisiones financieras en el contexto tan cambiante que vivimos.

La experiencia reforzó mi capacidad para planificar, liderar y evaluar proyectos con un enfoque orientado al impacto social. Me permitió identificar cómo los servicios financieros profesionales pueden contribuir al bienestar colectivo, ofreciendo alternativas accesibles y transparentes para grupos que tradicionalmente no tienen acceso a estrategias avanzadas. Este aprendizaje social es transferible a otros contextos y abre posibilidades para ampliar los beneficios generados por este tipo de iniciativas.

- **Aprendizajes Éticos**

La reflexión ética fue un elemento fundamental en cada decisión tomada durante el proyecto. Optar por la estrategia más viable no solo se basó en consideraciones técnicas, sino también en la responsabilidad de diseñar soluciones que sean escalables, accesibles y sostenibles. Este enfoque me permitió profundizar en la importancia de la integridad y la justicia en el ámbito financiero, entendiendo que la rentabilidad no debe estar desvinculada de la equidad y el beneficio social.

Este aprendizaje reafirmó mi compromiso con una práctica profesional que priorice el bienestar colectivo. Me impulsa a seguir desarrollando estrategias que, además de ser innovadoras y eficientes, generen un impacto positivo en la sociedad y contribuyan al desarrollo económico del país.

- **Aprendizajes Personales**

Este proyecto fue una experiencia transformadora que me permitió descubrir y reforzar mis fortalezas personales, como mi capacidad para trabajar en equipo, liderar en

momentos clave y resolver problemas complejos en entornos dinámicos. También me ayudó a comprender la importancia de la colaboración interdisciplinaria y el respeto a la diversidad de perspectivas como elementos esenciales para el éxito profesional.

En lo personal, aprendí a valorar cómo mi conocimiento puede impactar positivamente en mi entorno, reafirmando mi deseo de ser un agente de cambio en la sociedad. Esta experiencia no solo consolidó mis objetivos profesionales, sino que también fortaleció mi ética y mi compromiso con el desarrollo de soluciones innovadoras que beneficien tanto a las personas como al entorno en el que operan. Este proyecto, ha dejado una huella significativa en mi vida, guiándome hacia un futuro donde espero seguir contribuyendo al bienestar colectivo con responsabilidad y propósito.

LUIS EDUARDO SÁNCHEZ SOTO

- **Aprendizajes Profesionales**

Durante este semestre, el desafío de adaptar y desarrollar una estrategia de inversión basada en un modelo existente me permitió avanzar significativamente en mi capacidad de análisis y diseño de algoritmos financieros, ya que las primeras decisiones influyeron en todo el final, aprendí que hay que observar todo el panorama antes de tomar decisiones importantes en un proyecto. Trabajar en la modificación de estrategias existentes con conocimientos como Sharpe y Sortino, y transformarlas para abordar problemas específicos del mercado, me brindó una visión más profunda sobre cómo personalizar soluciones según los objetivos del inversor. Además, reforcé mis habilidades de depuración y validación al enfrentar escenarios donde la nueva estrategia requería ajustes constantes para lograr resultados consistentes. La experiencia también consolidó mi habilidad para documentar procesos técnicos, lo que asegura la replicabilidad y comprensión de los resultados obtenidos.

- **Aprendizajes Sociales**

El proyecto destacó la importancia de la comunicación y colaboración en el equipo, especialmente al discutir y validar hipótesis durante la etapa de diseño de la estrategia. Aprendí a valorar y sintetizar perspectivas diversas para llegar a un modelo más robusto y adaptado a las necesidades reales del usuario. En términos de impacto, el trabajo realizado puede ser una herramienta clave para que instituciones o individuos optimicen sus decisiones de inversión, lo que refuerza el papel social de la educación financiera como un medio para generar mayor estabilidad económica y oportunidades.

- **Aprendizajes Éticos**

El desarrollo de una estrategia nueva me permitió reflexionar aún más sobre la importancia de la transparencia y la equidad en las herramientas financieras. Cada

ajuste realizado tuvo como prioridad garantizar resultados justos y evitar sesgos que pudieran perjudicar a algún segmento de usuarios. Este proyecto me recordó que detrás de cada decisión de inversión hay personas con objetivos y necesidades específicas, y que nuestra responsabilidad como desarrolladores es proporcionar herramientas que maximicen la confianza y el bienestar financiero de todos los involucrados. Y la utilidad de la colaboración entre ingenieros financieros para probar estrategias nuevas que se adapten a las necesidades de los inversores y desarrollo de estrategias para que todos obtengan más beneficios

- **Aprendizajes Personales**

Personalmente, este proyecto me impulsó a salir de mi zona de confort al enfrentar la incertidumbre que implica trabajar con modelos no probados previamente. Mejoré mi capacidad de autogestión. La experiencia me dejó una valiosa lección: la innovación requiere creatividad y conocimientos técnicos de la teoría de portafolios, de riesgo y estadística, para saber y poder justificar y respaldar nuevas estrategias. Esto refuerza mi gusto explorar soluciones de inversión

OSCAR LEONARDO VACA GONZÁLEZ

- **Aprendizajes Profesionales**

Durante el desarrollo del proyecto, adquirí competencias clave que abarcan tanto habilidades técnicas como habilidades sociales y profesionales. En el ámbito técnico, este proyecto me permitió expandir mis capacidades para diseñar estrategias de inversión desde cero, integrando elementos de investigación y conocimientos previos en ingeniería financiera, puse a prueba habilidades como programación, investigación, coordinación y análisis, al tiempo que comprendí la importancia de la colaboración y la comunicación efectiva en un equipo.

Una de las lecciones más importantes fue identificar tanto mis fortalezas como mis áreas de mejora, aprendí a estructurar y ejecutar un proyecto complejo, combinando la capacidad técnica con una visión estratégica de largo plazo. Además, comprendí la importancia de investigar profundamente y valorar puntos de vista de distintos autores, lo que enriqueció mi enfoque hacia el diseño de mejores estrategias, este proyecto me enseñó que siempre hay áreas de mejora en cualquier técnica o metodología.

- **Aprendizajes Sociales**

Este proyecto tuvo un impacto social significativo al tratar de implementar una herramienta que buscaba romper paradigmas asociados con las finanzas y el impacto ambiental, a través del diseño y desarrollo de una estrategia que incorpora elementos de sostenibilidad, se demuestra que es posible generar valor económico sin ignorar las cuestiones ambientales.

Este proyecto también benefició a inversionistas individuales al proporcionarles una nueva forma de implementar estrategias de asignación de activos, en un contexto como el de México, donde la educación financiera es limitada, el proyecto ofrece

herramientas que pueden mejorar la toma de decisiones y fomentar una cultura de inversión más consciente y responsable. Además, me permitió comprender la barrera social y cultural que existe al integrar factores ambientales en las finanzas y trabajar hacia un cambio en ese paradigma.

- **Aprendizajes Éticos**

En el aspecto ético, este proyecto me enseñó a priorizar actividades, planear mejor mis tiempos y dedicar tiempo de calidad a tareas fundamentales para el éxito del proyecto, también reflexioné sobre el impacto de mis decisiones y cómo estas podrían contribuir al bien social. Esta experiencia me invita a seguir innovando y aplicando estrategias financieras responsables en beneficio de la sociedad y del entorno, tras el PAP, mi visión profesional ha evolucionado hacia un enfoque en el que puedo ejercer mi profesión no solo con la intención de maximizar rendimientos, sino también con la responsabilidad de fomentar prácticas sostenibles que contribuyan al bienestar colectivo.

- **Aprendizajes Personales**

El PAP me permitió conocerme mejor y reconocer mis capacidades, fortalezas y áreas de oportunidad, descubrí que soy capaz de perseverar en proyectos complejos y de colaborar con equipos diversos, además entendí la importancia de convivir respetando y valorando las perspectivas de los demás, tanto de mis compañeros como de los usuarios finales del proyecto. Este aprendizaje personal también me ayudó a ampliar mi empatía hacia los inversionistas y la sociedad en general, diseñando soluciones prácticas que se adapten a sus necesidades, aprendí que mi proyecto de vida profesional no solo debe centrarse en lograr objetivos técnicos o económicos, sino también en generar un impacto positivo en las personas y en el entorno.

4. Conclusiones

Conclusión de la estrategia

Quantum-Bold Asset Allocation se destaca por su capacidad para maximizar el rendimiento ajustado por riesgo, superando consistentemente al benchmark en métricas clave como el CAGR, la volatilidad, el Sortino Ratio y el Max Drawdown. Con un enfoque que combina crecimiento sostenido con gestión eficiente del riesgo, la estrategia logró reducir significativamente la exposición a pérdidas extremas y la volatilidad general, demostrando su solidez en diferentes condiciones de mercado, convirtiéndolo en una estrategia anticíclica.

El enfoque dinámico de la estrategia, basado en la selección de universos ofensivos o defensivos según el momentum y otros indicadores, permitió una adaptación efectiva a las fluctuaciones del mercado. Esto se tradujo en un menor Max Drawdown y un VaR más controlado, proporcionando a los inversionistas una herramienta que protege el capital en momentos adversos mientras mantiene un desempeño competitivo. La capacidad de adaptarse de manera táctica a las condiciones del mercado subraya la eficacia del modelo y su alineación con los objetivos de gestión activa.

Se realizaron mejoras significativas a la estrategia original de BAA, integrando un enfoque dinámico que permitió una mayor adaptabilidad a las condiciones del mercado. La optimización mejoró la precisión en la asignación de pesos, maximizando el rendimiento ajustado por riesgo. Además, se incorporaron métricas como Sortino y la semivarianza, fortaleciendo la resiliencia del portafolio frente a caídas del mercado.

El método permite acceder a un enfoque avanzado que no solo protege el capital en momentos adversos, sino que también maximiza oportunidades de crecimiento sostenido. La capacidad de adaptarse dinámicamente al entorno del mercado convierte a QBAA en una herramienta diferenciadora, superando estrategias tradicionales al equilibrar de manera efectiva rendimiento, estabilidad y control del riesgo.

Conclusión general del Proyecto de Aplicación Profesional

El proyecto culminó tras un proceso riguroso que abarcó investigación, diseño, implementación y validación de estrategias de asignación de activos, con el objetivo de explorar enfoques innovadores que optimicen el rendimiento ajustado por riesgo. Más allá de los resultados obtenidos, el proyecto dejó aprendizajes clave en múltiples niveles que fortalecieron tanto las competencias profesionales del equipo como su visión sobre los desafíos de la gestión financiera en contextos complejos.

Este proyecto permitió desarrollar habilidades avanzadas en el uso de herramientas tecnológicas como Python y técnicas de optimización, además de fortalecer la capacidad de análisis crítico al validar estrategias en escenarios diversos mediante simulaciones y backtesting. La experiencia también fomentó una perspectiva interdisciplinaria al integrar conocimientos de finanzas, estadística y sostenibilidad, destacando la importancia de abordar problemas complejos desde múltiples ángulos.

El trabajo en equipo fue un pilar fundamental, destacándose la importancia de la colaboración, la comunicación efectiva y la organización para alcanzar los objetivos planteados. La diversidad de ideas y enfoques dentro del equipo permitió enriquecer el proyecto y enfrentar retos desde diferentes perspectivas.

A nivel social, este proyecto ofreció una reflexión sobre el impacto que pueden tener las estrategias de inversión responsables y bien diseñadas en la gestión financiera sostenible. Entendimos que las decisiones tomadas en proyectos de este tipo pueden tener repercusiones significativas, no solo para los inversionistas, sino también para la economía en general, destacando la relevancia de una gestión financiera ética y responsable.

Si bien el proyecto logró cumplir sus objetivos, también dejó áreas de mejora que pueden ser exploradas en futuras etapas:

- Ampliar la capacidad de automatización y escalabilidad de los modelos.

- Incluir criterios sociales y ambientales en las simulaciones, alineándose con la creciente demanda por soluciones sostenibles.
- Profundizar en la validación bajo escenarios de crisis económica o volatilidad extrema.

Este proyecto fue un ejercicio enriquecedor que fortaleció competencias técnicas y profesionales, promovió la colaboración interdisciplinaria y generó una comprensión más profunda de las dinámicas financieras. Los aprendizajes obtenidos trascienden los resultados del proyecto, dejando una base sólida para futuras investigaciones y reafirmando el compromiso del equipo con el desarrollo de soluciones innovadoras que aporten valor real en el ámbito financiero y social.

Al concluir, queda claro que los retos abordados en este proyecto no solo representaron oportunidades para aprender, sino también para reflexionar sobre cómo, desde nuestra disciplina, podemos contribuir a resolver problemas complejos y construir herramientas más éticas, sostenibles y efectivas.

5. Bibliografia

- Antonacci, G. (2014). *Dual Momentum Investing: An Innovative Strategy for Higher Returns with Lower Risk*. McGraw-Hill Education.
- Black, F., & Scholes, M. (1973). The Pricing of Options and Corporate Liabilities. *The Journal of Political Economy*, 81(3), 637-654.
- Bruder, B., Cheikh, Y., Deixonne, F., & Zheng, B. (2019). Integration of ESG in asset allocation.
- Faber, M. T. (2007). A quantitative approach to tactical asset allocation. *The Journal of Wealth Management*, 9(4), 69-79.
- Jagadeesh, N., & Titman, S. (1993). Returns to buying winners and selling losers: Implications for stock market efficiency. *The Journal of Finance*, 48(1), 65-91.
- Jensen, M. C. (1968). The performance of mutual funds in the period 1945–1964. *The Journal of Finance*, 23(2), 389-416.
- Keller, W. J. (2022). Relative and Absolute Momentum in Times of Rising/Low Yields: Bold Asset Allocation (BAA).
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Mebane Faber. (2013). Relative Strength Strategies for Investing. *Journal of Wealth Management*, 13(4), 89-97.
- Moskowitz, T. J., & Grinblatt, M. (1999). Do industries explain momentum? *The Journal of Finance*, 54(4), 1249-1290.
- Nocedal, J., & Wright, S. J. (2006). *Numerical Optimization*. Springer Science & Business Media.
- Sharpe, W. F. (1994). The Sharpe Ratio. *The Journal of Portfolio Management*, 21(1), 49-58.

- Shen, H., LaPlante, S., & Rubtsov, V. (2019). Strategic asset allocation with climate change. Global Risk Institute, Ryerson University & Netspar.
- Simon, H. (1983). Why a New Discipline? Asset Allocation and Optimization. Cambridge University Press.

Anexos

- QBAA | GitHub Repo: https://github.com/Luis1Soto/New_Asset_Allocation
- GEAA | GitHub Repo: <https://github.com/luisrc44/QAA-with-Climate-Change-and-ESG>