



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

*“Backtesting de Estrategias de AA”*

**Integrantes:**

Alvarado Garnica Óscar Uriel - **734194**  
Enriquez Nares Diego Emilio - **728356**  
Martínez Ramírez José Alfonso - **734272**  
Mugica Liparoli Juan Antonio - **728370**  
Palomera Gaytan Jesús Emmanuel - **729868**

*Prof. Sean Nicolás  
González Vázquez*

# ÍNDICE

<b>1. Introducción .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Flujo de Trabajo.....</b>	<b>3</b>
2.1 Definición del Proyecto.....	3
2.2 Generalidades del Proyecto .....	4
2.3 Conceptos Básicos.....	4
<b>3. Modelos de Optimización .....</b>	<b>6</b>
3.1 Minimize (SLSQP).....	6
3.2 Montecarlo (OPTUNA) .....	8
3.3 Minimize (COBYLA) .....	10
<b>4. Selección de Estrategias QAA.....</b>	<b>11</b>
4.1 Mínima Varianza.....	11
4.2 Máximo Ratio de Sharpe.....	13
4.3 Semivarianza .....	15
4.4 Omega .....	17
4.5 Hierarchical Risk Parity (HRP).....	19
4.6 Conditional Value at Risk (CVaR).....	22
4.7 Black Litterman.....	24
4.8 Fama French.....	27
4.9 Total Return AA .....	29
4.10 Roy Safety First Ratio .....	31
4.11 Sortino Ratio .....	32
<b>5. Conclusiones .....</b>	<b>34</b>
<b>6. Bibliografía .....</b>	<b>35</b>

# *Backtesting de Estrategias de AA*

## **1. Introducción**

A lo largo de este documento, se abordarán varias estrategias destinadas a la colocación de activos, con un enfoque en la optimización de portafolios mediante la aplicación de estrategias cuantitativas de asignación de activos (Quantitative Asset Allocation: QAA). El concepto central de este proyecto reside en la ejecución de un Backtesting dinámico, de dichas estrategias QAA, siendo este concepto una herramienta usada para los inversores que buscan optimizar sus portafolios siguiendo criterios específicos. Este análisis abarcará diversos enfoques, desde la minimización de la varianza hasta la implementación de modelos avanzados como Black Litterman y HRP. Cada estrategia considerada, ya sea la de Mínima Varianza, Máximo Ratio de Sharpe, Semivarianza u Omega, será examinada para evaluar su eficacia en la gestión del riesgo y el rendimiento en portafolios de inversión.

Es importante señalar que el concepto de estrategias QAA aborda la optimización de portafolios mediante enfoques cuantitativos, resolviendo el desafío de asignar activos de manera eficiente para maximizar el rendimiento y gestionar el riesgo. A diferencia del enfoque tradicional de Stock Picking, donde los gestores de inversiones eligen acciones específicas basándose en análisis fundamental y subjetivo, las estrategias QAA utilizan modelos matemáticos y estadísticos para tomar decisiones basadas en datos numéricos mejorando así la eficiencia de la asignación de activos. Por otro lado, el Stock Picking aborda la selección de acciones individuales con el objetivo de superar el rendimiento del mercado. Este enfoque busca identificar oportunidades específicas de inversión mediante la búsqueda de acciones con potencial de rendimiento superior, aprovechando dichas oportunidades específicas en el mercado que no pueden ser capturadas de manera sistemática por estrategias cuantitativas.

Adicionalmente, se llevará a cabo una investigación exhaustiva, documentación detallada, implementación y Backtesting dinámico de modelos y algoritmos de optimización. En este contexto, se explorarán la programación de estrategias para portafolios con objetivos específicos, tales como la reducción del riesgo, la maximización del rendimiento para un nivel de riesgo determinado, entre otros. Es importante señalar que la implementación de estas estrategias se

llevará a cabo de manera explícita, excluyendo el uso de librerías externas, y adoptando un enfoque de Programación Orientada a Objetos (POO) para garantizar una mayor claridad y flexibilidad en el código.

Finalmente, se adoptará un enfoque pedagógico que permita la comprensión de conceptos fundamentales antes de abordar aspectos más avanzados. Este enfoque tiene como objetivo facilitar la asimilación del contenido no solo para ingenieros financieros sino también para aquellos que no poseen suficiente experiencia en finanzas, inversiones y programación.

## **2. Flujo de Trabajo**

### **2.1 Definición del Proyecto**

Este proyecto representa una exploración minuciosa y sistemática en el ámbito de la asignación de activos. Su objetivo central es llevar a cabo un Backtesting dinámico de estrategias QAA mediante el uso de datos históricos, evaluando y optimizando portafolios de inversión. A través de un análisis detallado, se busca identificar activos alineados eficientemente con los perfiles de los inversionistas, considerando diversos criterios y objetivos estratégicos. La focalización específica en el Backtesting dinámico de estrategias QAA tiene como finalidad discernir las metodologías más efectivas para la optimización de portafolios, evaluando su rendimiento histórico bajo diversas condiciones de mercado. Este enfoque permitirá a los inversores tomar decisiones informadas sobre la composición de sus portafolios, logrando un equilibrio entre riesgo y retorno esperado acorde con sus perfiles y objetivos de inversión específicos.

## **2.2 Generalidades del Proyecto**

El flujo de trabajo del proyecto se estructura en diversas etapas para garantizar un abordaje integral y eficaz. Inicia con la definición clara del proyecto, donde se establecen los objetivos primarios y secundarios. La investigación y documentación se llevan a cabo de manera exhaustiva, abarcando conceptos clave, estrategias QAA y modelos de optimización. A continuación, se procede con la elaboración del código, aplicando dichas estrategias y modelos de optimización definidos.

La implementación del código se realiza de manera explícita, haciendo uso de programación orientada a objetos (POO) y prescindiendo de librerías externas (a excepción de la librería, llamada: “minimize”) para garantizar una comprensión clara del proceso. Posteriormente, se lleva a cabo la creación de un dashboard para el análisis de resultados (por medio de una librería, llamada: “streamlit”), proporcionando una herramienta visual que facilite la interpretación de los datos y el monitoreo de las estrategias implementadas.

Además de los pasos mencionados, el proyecto incorpora la documentación detallada de las estrategias QAA utilizadas, así como de los modelos y algoritmos de optimización empleados. Este enfoque garantiza una transparencia total en el proceso y proporciona una base sólida para futuras evaluaciones y mejoras.

## **2.3 Conceptos Básicos**

1. *Acciones*: Representan la propiedad de una fracción de una empresa. Los accionistas tienen derechos sobre los beneficios y decisiones de la empresa.
2. *Accionista*: Una persona o entidad que posee acciones de una empresa y, por lo tanto, es propietaria de una parte de esa empresa.
3. *Activo Financiero*: Un instrumento negociable que tiene un valor financiero. Pueden incluir acciones, bonos, derivados, entre otros.
4. *Backtesting*: La prueba de una estrategia de inversión utilizando datos históricos para evaluar su desempeño hipotético en el pasado.

5. *Benchmark*: Índice compuesto por un conjunto de valores o activos financieros, que sirve para comparar y evaluar el rendimiento de una portafolio de inversión o un gestor de fondos, determinando así su eficacia al superar o no dicho estándar.
6. *Capital*: La cantidad de recursos financieros que una entidad posee, ya sea una empresa, individuo o gobierno. Puede incluir activos tangibles e intangibles.
7. *Clustering*: Método de análisis de datos que agrupa objetos de manera que los objetos en el mismo grupo son más similares entre sí que con aquellos en otros grupos.
8. *Convergencia*: Es cuando una función matemática se acerca o llega a un resultado específico desde diferentes direcciones o partiendo de distintos puntos de inicio.
9. *Correlación*: La medida estadística de la relación entre dos variables. En finanzas, se utiliza para describir cómo dos activos financieros se mueven en relación el uno al otro.
10. *Corto Plazo*: Un horizonte temporal más breve, generalmente de un año o menos, en el ámbito de inversiones y finanzas.
11. *Covarianza*: Un indicador de la magnitud en que dos variables financieras se mueven juntas. La covarianza positiva sugiere movimientos simultáneos en la misma dirección.
12. *Dashboard*: Una interfaz gráfica que proporciona información visual y fácil de entender sobre el desempeño de un sistema, en este contexto, de una portafolio de inversión.
13. *Desviación Estándar*: Una medida de la dispersión de los rendimientos de un activo en relación con su promedio. Indica la volatilidad del activo.
14. *ETF*: Es un fondo cotizado en bolsa que replica el rendimiento de un índice financiero, sector o conjunto de activos.
15. *Índice Financiero*: Un indicador utilizado para evaluar y medir el rendimiento de un grupo de activos financieros, como el S&P 500.
16. *Inversionista*: Una persona o entidad que invierte dinero con la expectativa de obtener beneficios financieros.
17. *Largo Plazo*: Un horizonte temporal extendido, típicamente de varios años, en el contexto de inversiones y planificación financiera.
18. *Liquidez*: La facilidad con la que un activo puede comprarse o venderse en el mercado sin afectar significativamente su precio.
19. *Modelos/Algoritmos de Optimización*: En el contexto financiero, son herramientas matemáticas utilizadas para encontrar la mejor combinación de activos en una portafolio.

- 20. *Perfil de Aversión al Riesgo*: La actitud de un inversor hacia el riesgo. Puede ser averso al riesgo (prefiere evitarlo), neutral o propenso al riesgo (dispuesto a asumir riesgos).
- 21. *Plazo*: El período de tiempo durante el cual se mantiene una inversión o se contrae una deuda. Puede ser corto plazo (generalmente menos de un año) o largo plazo.
- 22. *Portafolio de Inversión*: Un conjunto de activos financieros, como acciones y bonos, que son propiedad de un individuo o entidad con el objetivo de inversión.
- 23. *Programación Orientada a Objetos (POO)*: El proceso de codificar instrucciones para que una computadora ejecute tareas específicas que utiliza "objetos" para organizar y estructurar el código.
- 24. *Quantitative Asset Allocation (QAA)*: Estrategia de inversión basada en modelos matemáticos que pueden ser medidos numéricamente y son puros numéricamente.
- 25. *Rendimiento*: La ganancia o pérdida generada por una inversión en un período de tiempo específico, generalmente expresada como un porcentaje del capital invertido.
- 26. *Riesgo a la alza (Upside Risk)*: es la posibilidad incierta de obtener ganancias.
- 27. *Riesgo a la baja (Downside Risk)*: es la posibilidad incierta de obtener pérdidas.
- 28. *Riesgo*: Es la incertidumbre asociada con la variabilidad de los rendimientos financieros.
- 29. *Tasa Libre de Riesgo*: El rendimiento que se obtendría invirtiendo en un activo libre de riesgo, como bonos del gobierno.
- 30. *Varianza*: Una medida estadística que describe la dispersión de los rendimientos de un activo con respecto de su media. Es el cuadrado de la desviación estándar.

### 3. Modelos de Optimización

#### 3.1 Minimize (SLSQP)

##### **Definición:**

El modelo de optimización de minimize "SLSQP" (Sequential Least Squares Programming) es un modelo utilizado para resolver problemas de programación cuadrática con restricciones lineales y no lineales. Además, busca encontrar el mínimo de una función objetivo sujeta a un conjunto de restricciones utilizando un enfoque iterativo basado en la minimización de una secuencia de problemas de mínimos cuadrados. Es una técnica eficiente y ampliamente

utilizada en la optimización de portafolios y otros problemas de ingeniería, economía y ciencias aplicadas.

Este modelo fue propuesto por primera vez por Dieter Kraft en 1988 como una extensión del modelo de optimización SQP (Sequential Quadratic Programming). Fue diseñado para superar algunas limitaciones dicho modelo, como la sensibilidad a las condiciones iniciales y la necesidad de calcular segundas derivadas. Desde entonces, el método SLSQP ha sido ampliamente implementado en software de optimización y ha demostrado ser eficaz en una variedad de aplicaciones prácticas.

**Fórmula:**

$$\min f(x)$$

Sujeto a restricciones:  $g_i(x) \geq 0, i = 1, \dots, m$  y  $h_j(x) = 0, j = 1, \dots, p$

Donde:

- $f(x)$ : Función objetivo a minimizar.
- $g_i(x)$ : Restricciones de desigualdad.
- $h_j(x)$ : Restricciones de igualdad.
- $x$ : Vector de variables de decisión.

**Ventajas:**

- I. *Eficiencia*: Es eficiente en la resolución de problemas de optimización no lineales con un gran número de variables y restricciones.
- II. *Robustez*: Cuenta con un amplia gama de problemas de optimización.
- III. *Versatilidad*: Maneja problemas de optimización con restricciones lineales y no lineales de forma eficiente.

**Desventajas:**



- I. *Sensibilidad a Condiciones Iniciales:* El rendimiento del modelo puede verse afectado por las condiciones iniciales, y es posible que no converja a una solución óptima si se eligen mal.
- II. *No Garantiza Solución Global:* El modelo SLSQP puede converger a un mínimo local en lugar de un mínimo global, especialmente en problemas no convexos.
- III. *Requiere Derivadas:* En algunos casos, el modelo requiere el cálculo de derivadas de primer y segundo orden de la función objetivo y las restricciones, lo que puede ser computacionalmente costoso o difícil de obtener en la práctica.

### 3.2 Montecarlo (OPTUNA)

#### **Definición:**

El modelo de optimización "Montecarlo" es una técnica que se basa en la generación de muestras aleatorias para explorar el espacio de búsqueda de soluciones o parámetros y encontrar la configuración óptima que maximice o minimice una función objetivo. Cuando se combina con la librería de optimización "optuna", esta técnica se convierte en una herramienta poderosa para la optimización de hiperparámetros de modelos de manera eficiente y automatizada. En finanzas, Montecarlo se emplea para modelar la variabilidad de activos financieros y evaluar riesgos.

El proceso de optimización Montecarlo utilizando Optuna comienza generando muestras aleatorias dentro de un rango definido para cada hiperparámetro del modelo. Estas muestras se utilizan para evaluar el rendimiento del modelo en una métrica de interés, como la precisión o el error. Basándose en los resultados obtenidos, optuna ajusta automáticamente el espacio de búsqueda para enfocarse en las regiones más prometedoras, utilizando técnicas de muestreo adaptativo para mejorar la eficiencia de la búsqueda.

Este modelo fue desarrollado por primera vez durante la Segunda Guerra Mundial como parte del proyecto Manhattan para desarrollar la bomba atómica. Su nombre se deriva del famoso casino de Montecarlo en Mónaco, debido a la naturaleza aleatoria del modelo. Desde entonces, se ha convertido en una herramienta ampliamente utilizada en una variedad de campos, incluyendo la física, la estadística, la ingeniería y la informática.

#### **Fórmula:**

$$\min f(x)$$

$$E(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

Donde:

- $f(x)$ : Función objetivo a minimizar.
- $E(x)$ : Valor esperado.
- $x_i$ : Observaciones aleatorias generadas.

### **Ventajas:**

- I.** *Exploración Eficiente:* Puede explorar el espacio de búsqueda de soluciones de manera eficiente al generar muestras aleatorias de manera distribuida.
- II.** *Flexibilidad:* Es adecuado para optimizar problemas de optimización no lineales y no convexos donde otras técnicas de optimización pueden no ser efectivas.
- III.** *No Requiere Derivadas:* No requiere información sobre la función objetivo más allá de su evaluación en puntos específicos.

### **Desventajas:**

- I.** *Convergencia Lenta:* Puede requerir un gran número de evaluaciones de la función objetivo para converger a una solución óptima, especialmente en espacios de búsqueda de alta dimensionalidad.
- II.** *Sensibilidad a la Distribución de Muestras:* La calidad de la solución encontrada por esta estrategia puede depender en gran medida de la distribución de las muestras aleatorias generadas, lo que puede introducir sesgos en el resultado final.
- III.** *No Garantiza Solución Óptima:* Debido a la naturaleza aleatoria de la estrategia, no se garantiza que el resultado obtenido sea el óptimo global del problema de optimización.

## **3.3 Minimize (COBYLA)**

### **Definición:**

El modelo de optimización “COBYLA” (Constrained Optimization BY Linear Approximations), es una herramienta esencial en la gestión de portafolios que se utiliza para minimizar una función objetivo mientras se cumplen ciertas restricciones, es especialmente útil en problemas de optimización donde las derivadas no están disponibles o son difíciles de calcular. Además, permite a los gestores de portafolios encontrar la asignación óptima de activos que minimice el riesgo o maximice el rendimiento, sujeto a las necesidades y preferencias del inversor. El modelo COBYLA fue desarrollado por Michael J. D. Powell en la década de 1990 como una alternativa eficiente a los modelos de optimización basados en gradiente para problemas de optimización no lineales con restricciones. Su aplicación en la gestión de portafolios se ha vuelto cada vez más prominente a medida que los inversores buscan herramientas más sofisticadas para optimizar sus portafolios en entornos financieros complejos y dinámicos.

**Fórmula:**

$$\min f(x)$$

Sujeto a restricciones:  $g_i(x) \geq 0, i = 1, \dots, m$

Donde:

- $f(x)$ : Función objetivo a minimizar.
- $g_i(x)$ : Restricciones de desigualdad.
- $x$ : Vector de variables de decisión.

**Ventajas:**

- I.** *Eficiencia:* Es eficiente en la resolución de problemas de optimización no lineales con restricciones en presencia de un gran número de variables.
- II.** *Robustez:* Tiene una amplia gama de problemas de optimización.
- III.** *No Requiere Derivadas:* No requiere el cálculo de derivadas de la función objetivo o las restricciones, lo que lo hace adecuado para problemas donde las derivadas no están disponibles o son difíciles de calcular.

**Desventajas:**

- I. *Sensibilidad a Condiciones Iniciales:* Se puede ver afectado por las condiciones iniciales, y es posible que no converja a una solución óptima si se eligen mal.
- II. *No Garantiza Solución Global:* Puede converger a un mínimo local en lugar de un mínimo global, especialmente en problemas no convexos.
- III. *Mayor Consumo de Recursos:* En algunos casos, se puede requerir un mayor número de evaluaciones de la función objetivo y las restricciones en comparación con otros modelos de optimización más eficientes.

## 4. Selección de Estrategias QAA

### 4.1 Mínima Varianza

**Definición:**

Un portafolio de mínima varianza es una estrategia de inversión diseñada para construir un portafolio diversificado de activos con el fin de minimizar el riesgo (la volatilidad) del portafolio. Tomando en cuenta que la volatilidad es una medida de desviación con respecto a la media que ayuda a identificar cuánto puede llegar a variar con respecto a su valor esperado (rendimiento).

En este caso, volatilidad funciona como el “riesgo del mercado” y nos indica que entre más volatilidad tenga, mayor riesgo de mercado hay. Por ende, este enfoque busca alcanzar el nivel más bajo posible de riesgo para un conjunto dado de activos, en otras palabras, busca disminuir las altas y bajas del precio por una probabilidad mayor de que al pasar un largo plazo se retorne el rendimiento de manera positiva. Optimizando la asignación de activos en función de las correlaciones históricas de rendimiento y volatilidad. El objetivo principal de un portafolio de mínima varianza es reducir el riesgo general del portafolio de inversión. En un portafolio de mínima varianza, es acostumbrado a tener los activos de diferentes sectores o tamaños de compañías, con el objetivo de que no estén relacionadas.

Esta estrategia se basa en los principios de la Teoría Moderna de Portafolio desarrollada por Harry Markowitz en la década de 1950, quien demostró que los inversores pueden construir portafolios óptimas que maximicen el rendimiento esperado para un nivel dado de riesgo o minimicen el riesgo para un nivel dado de rendimiento.

**Fórmula:**

$$\text{mín: } w^T \Sigma w$$

Donde:

- $w^T$ : Transpuesta del vector de pesos de los activos del portafolio.
- $w$ : Vector de pesos de los activos del portafolio.
- $\Sigma$ : Matriz de varianzas de los activos del portafolio.

**Aplicación:**

Esta estrategia es empleada por sujetos conservadores interesados en preservar su capital y que muestran una preocupación particular por la volatilidad del mercado. Este enfoque se presenta como una solución óptima para aquellos que desean minimizar las grandes fluctuaciones en el valor de su inversión, aun cuando ello pueda implicar aceptar rendimientos potencialmente inferiores. Dicha estrategia se destaca por su capacidad para mitigar el riesgo de pérdida significativa, convirtiéndola en una elección prudente para aquellos que priorizan la seguridad sobre el alto rendimiento.

**Ventajas:**

- I.** *Minimización del Riesgo:* Busca reducir el riesgo del portafolio al minimizar la varianza de los rendimientos.
- II.** *Fácil de Implementar:* Es relativamente fácil de implementar utilizando técnicas de optimización matemática y software especializado.
- III.** *Diversificación Efectiva:* Promueve la diversificación del portafolio al asignar pesos a una amplia gama de activos, lo que puede ayudar a reducir el riesgo idiosincrático.

**Desventajas:**

- I.** *Sensibilidad a datos históricos:* Depende en gran medida de los datos históricos de rendimientos y correlaciones entre activos. Esto puede ser problemático si las condiciones del

mercado cambian significativamente, ya que los datos históricos pueden no reflejar de manera precisa el futuro.

- II. *Misma importancia a rendimientos y pérdidas:* Al minimizar la varianza, esta estrategia trata de manera equitativa los rendimientos positivos y negativos.
- III. *Sensibilidad a estimaciones de Covarianza y correlación:* Las estimaciones de la covarianza y correlación entre activos pueden ser difíciles de precisar, especialmente en entornos de mercado turbulentos. Errores en estas estimaciones pueden afectar la eficacia de la estrategia.

## 4.2 Máximo Ratio de Sharpe

### **Definición:**

Un portafolio con el Máximo Ratio de Sharpe es una estrategia que, mide el rendimiento de una inversión, ajustando el riesgo y comparándola con la rentabilidad de activo libre de riesgo. Esta razón se cuestiona si el rendimiento adicional de una inversión compensa lo suficiente al riesgo adicional que se asume. Históricamente, el Máximo Ratio de Sharpe ha ganado mucha popularidad, hasta convertirse en una de las herramientas más comunes para la evaluación de portafolios formando parte de los conceptos básicos de todo inversor.

Fue desarrollado por el Premio Nobel William F. Sharpe de la Universidad de Stanford. Introducido en 1966 por Sharpe en un artículo publicado en el Journal of Business, “Mutual Fund Performance”, con el objetivo principal de proporcionar una estrategia que ayudara a los inversionistas a evaluar la rentabilidad de un activo en relación con el riesgo asumido. Sharpe desarrolló esta estrategia como parte de su trabajo en el campo de la teoría moderna de portafolios, que incluye otros modelos como CAPM (Modelo de Valoración de Activos Financieros).

### **Fórmula:**

$$\text{máx: } \frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$$

Donde:

- $R_p$ : Rendimiento esperado del portafolio.
- $R_f$ : Tasa libre de riesgo (rendimiento esperado del activo libre de riesgo).
- $\sigma_p$ : Volatilidad (desviación estándar) del portafolio.

### **Aplicación:**

Esta estrategia es ideal para aquellos inversionistas que diseñen sus portafolios de manera diversificada y que busquen ofrecer el mejor rendimiento ajustado al riesgo al que se quieren comprometer, esto debido a que les ayuda a entender qué tan bien pueden ganar dinero con sus inversiones en comparación con lo mucho que podrían perder debido a cambios en el mercado. Esta estrategia es perfecta para quienes quieren utilizar ampliamente la gestión y construcción de portafolios e inversiones eficientes que equilibren el rendimiento y el riesgo.

### **Ventajas:**

- I. *Optimización del Rendimiento-Riesgo*: Busca maximizar el rendimiento ajustado por el riesgo, lo que puede ayudar a los inversores a alcanzar sus objetivos financieros con menor volatilidad.
- II. *Enfoque Basado en Datos*: Utiliza datos históricos de rendimiento y volatilidad para calcular el ratio de Sharpe y optimizar el portafolio, lo que proporciona una base sólida para la toma de decisiones de inversión.
- III. *Transparencia y Objetividad*: Es una estrategia objetiva y fácil de entender que permite a los inversores comparar el rendimiento ajustado por riesgo de diferentes portafolios de inversión.

### **Desventajas:**

- I. *Sensibilidad a Estimaciones de Parámetros*: La precisión depende de la precisión de las estimaciones de los rendimientos esperados y la volatilidad de los activos, que pueden estar sujetas a error.
- II. *Limitaciones en Entornos de Mercado Extremos*: En mercados extremadamente volátiles o con comportamientos anómalos, esta estrategia puede no reflejar adecuadamente el riesgo real del portafolio.

- III.** *Falta de Consideración de Factores No Financieros:* Se basa exclusivamente en el rendimiento y la volatilidad del portafolio, sin tener en cuenta otros factores importantes como la liquidez, la correlación entre activos y los eventos macroeconómicos.

### 4.3 Semivarianza

#### **Definición:**

Un portafolio de Semivarianza es una estrategia de riesgo que se enfoca únicamente en los rendimientos negativos de un activo o portafolio de inversión. A diferencia de la varianza, que considera tanto los rendimientos positivos como negativos, la semivarianza calcula la dispersión o volatilidad de los rendimientos por debajo de un cierto umbral, como la media o cero. Esta estrategia busca minimizar la volatilidad de los rendimientos negativos, lo que la hace especialmente adecuada para inversores con una aversión al riesgo asimétrica, es decir, que se preocupan más por las pérdidas que por las ganancias.

El concepto de Semivarianza en la teoría de portafolios se atribuye a Peter L. Bernstein, quien desarrolló y popularizó este enfoque en su libro "Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments", publicado en 1967. Aunque Harry Markowitz sentó las bases de la teoría moderna de portafolios en su artículo seminal de 1952 "Portfolio Selection", fue Bernstein quien incorporó la Semivarianza como una medida adicional de riesgo en la gestión de portafolios.

Se argumentó que los inversores deberían tener en cuenta no solo la variabilidad total de los rendimientos (medida por la varianza), sino también la variabilidad específica de los rendimientos negativos (medida por la Semivarianza). Su enfoque se centró en la minimización de la Semivarianza para protegerse contra las pérdidas.

#### **Fórmula:**

$$\text{mín: } w^T S w$$

Donde:

- $w^T$ : Transpuesta del vector de pesos de los activos del portafolio.
- $w$ : Vector de pesos de los activos del portafolio.



- $S$ : Matriz de semivarianzas de los activos del portafolio.

### **Aplicación:**

Esta estrategia es utilizada por gestores de portafolios para hallar la mejor combinación de inversiones en situaciones donde los inversores son especialmente sensibles a perder dinero. Cuando los inversores quieren enfocarse en reducir al máximo las posibles pérdidas y buscan crear portafolios que realmente protejan contra resultados negativos, recurrir a la Semivarianza es muy útil. Esta estrategia ayuda al gestor a preparar portafolios diseñados para disminuir las pérdidas, respetando las necesidades y deseos de aquellos inversores que ponen un alto valor en la seguridad y en evitar caídas en el valor de sus inversiones.

### **Ventajas:**

- I. *Enfoque en Pérdidas*: Se centra únicamente en los rendimientos negativos, lo que proporciona una medida más precisa del riesgo asimétrico de un portafolio.
- II. *Protección contra Pérdidas*: Al minimizar la volatilidad de los rendimientos negativos, esta estrategia puede ayudar a proteger el capital de los inversores en periodos de mercado bajista.
- III. *Aversión al Riesgo Asimétrica*: Es adecuada para inversores que tienen una preocupación particular por las pérdidas y desean minimizar el riesgo de pérdida de capital.

### **Desventajas:**

- I. *Riesgo de Cola*: No puede capturar completamente el riesgo de cola o eventos extremos, pues únicamente se centra en la dispersión de rendimientos negativos.
- II. *Cálculos más Complejos*: Esta estrategia puede llevar a cálculos más complejos, con mayor tiempo en comparación con las medidas de riesgos tradicionales.
- III. *Supuestos de Rendimiento*: Toma como supuesto que los rendimientos negativos son más riesgosos que los positivos, supuesto que no se cumple en ciertos escenarios.

## **4.4 Omega**

### **Definición:**

Un portafolio de Omega es una estrategia financiera que evalúa el equilibrio entre riesgo y recompensa de una inversión, considerando toda la distribución de rendimientos en lugar de sólo la volatilidad o los rendimientos negativos. Calcula la probabilidad de obtener rendimientos por encima de un umbral determinado (rendimiento objetivo) frente al riesgo de obtener rendimientos por debajo de este umbral. Un valor más alto indica un perfil de riesgo-recompensa más favorable, sugiriendo que es más probable obtener rendimientos superiores al umbral definido en comparación con el riesgo de no alcanzarlo. Esta estrategia fue propuesta por Keating y Shadwick en 2002 como una forma de mejorar la evaluación del riesgo y el rendimiento de los portafolios de inversión.

**Fórmula:**

$$máx: \frac{\int_r^{\infty} (1 - f(x)) dx}{\int_{-\infty}^r (f(x)) dx}$$

Donde:

- $r$ : Umbral de referencia por debajo del cual se considera que se ha generado una pérdida, se mide en porcentaje (1%, etc.).
- $f(x)$ : Función de distribución acumulativa de  $x$ , la cuál es la rentabilidad obtenida en cada transacción o periodo (distribución acumulativa de retornos por debajo de un umbral  $r$ ).

Una función de distribución acumulativa determina la probabilidad de que una variable aleatoria arroje un resultado menor o igual a un valor dado, en este caso la rentabilidad de un activo o portafolio estudiado. En otras palabras, lo que se está haciendo es dividir la probabilidad de recibir ganancias entre la probabilidad de obtener pérdidas. Cuanto mayor sea el valor de Omega, significa que el valor financiero ofrece mayores ganancias con respecto las pérdidas. Esto para el umbral (rendimiento) establecido por el inversor.

**Aplicación:**

Esta estrategia es adoptada por gestores de portafolios para aquellos inversores que están dispuestos a asumir más riesgo y tienen una visión positiva del mercado, con el objetivo de aumentar sus ganancias ajustadas por el riesgo. Este enfoque resulta atractivo para inversores en busca de oportunidades de inversión que, aunque puedan ser más volátiles, ofrecen una buena chance de alcanzar o superar un determinado nivel de ganancias, es por eso por lo que el gestor puede concentrarse en seleccionar activos que no solo tienen un gran potencial de beneficio, sino que también muestran una proporción favorable de rendimientos sobre las pérdidas, superando un umbral de rentabilidad deseado.

#### **Ventajas:**

- I.** *Consideración de Asimetría de Rendimientos:* Toma en cuenta tanto los rendimientos positivos como los negativos, proporcionando una medida más completa del perfil de riesgo-rendimiento de un portafolio.
- II.** *Sensibilidad a la Distribución de Rendimientos:* Dado que se basa en la probabilidad de rendimientos positivos y negativos, es sensible a cambios en la distribución de rendimientos de un portafolio, lo que permite una evaluación más precisa del riesgo y el rendimiento.
- III.** *Facilidad de Interpretación:* Es una estrategia intuitiva y fácil de entender que proporciona una indicación clara de la eficiencia de un portafolio en términos de riesgo y rendimiento.

#### **Desventajas:**

- I.** *Dependencia de la Distribución de Rendimientos:* Se puede ver afectada por la forma de la distribución de rendimientos de un portafolio, lo que puede conducir a resultados sesgados en ciertos escenarios.
- II.** *Sensibilidad a Outliers:* La presencia de valores atípicos en la distribución de rendimientos puede distorsionar esta estrategia y afectar su utilidad como medida de eficiencia de portafolio.
- III.** *Limitaciones en la Comparación de Características No Lineales:* Esta estrategia puede no ser adecuada para comparar portafolios con características no lineales o complejas, ya que se basa en una simplificación de la distribución de rendimientos.

### **4.5 Hierarchical Risk Parity (HRP)**

**Definición:**

Un portafolio de HRP ("Hierarchical Risk Parity") es una estrategia avanzada que se centra en la gestión del riesgo de manera eficiente por medio del uso de técnicas de clustering jerárquico para construir un portafolio diversificada que busca minimizar el riesgo total. Esta estrategia asigna pesos a los activos del portafolio de manera que se maximice la diversificación y se minimice la correlación entre los activos, lo que conduce a un portafolio más equilibrada y eficiente en términos de riesgo y rendimiento.

Esta estrategia fue desarrollada por Marcos López de Prado, un académico y profesional en finanzas cuantitativas, en su libro "Advances in Financial Machine Learning", publicado en 2018. En este título, se presenta el modelo HRP como una estrategia moderna, la cual aprovecha técnicas de aprendizaje automático, además de optimización avanzada.

**Fórmula:**

Esta estrategia se puede llegar a implementar a través de tres etapas:

1. *Árboles Jerárquicos*: HRP propone analizar la composición del portafolio a partir de la estructura jerárquica del árbol, distribuyendo pesos y reajustando al interior de cada jerarquía. La matriz de correlación se define como:

$$\rho = \{\rho_{i,j} = 1, \dots, N\}$$

Donde:  $\rho_{i,j} = \rho[X_i, X_j]$ . Al obtener la matriz de correlación, pasamos a obtener la matriz de distancia (D):

$$D(X_i, X_j) = \sqrt{0.5(1 - \rho_{\{i,j\}})}$$

Posteriormente, se requiere una matriz para calcular la distancia euclidiana entre cada par de vectores columna de la matriz D, generando una matriz de distancia aumentada ( $\bar{D}$ ):

$$\bar{D}(i, j) = \sqrt{\sum_{k=1}^N [D(k, i) - D(k, j)]^2}$$

Donde:  $\overline{D}(i, j)$  es una función de la matriz de correlación. Una vez se tiene la matriz  $\overline{D}$ , se debe tomar un par de activos  $(i^*, j^*)$  que tengan la menor distancia para formar el primer clúster:

$$U[1] = \arg_{\{i, j\}} \min \overline{D}(i, j)$$

Luego, se requiere una matriz linkage (enlazamiento), que permita actualizar la matriz de distancia  $\overline{D}$ . De esta manera, la distancia entre el primer clúster  $U[1]$  y cualquier otro activo se determina por:

$$\overline{D}(i, U[1]) = \min(\overline{D}(i, i^*), \overline{D}(j, j^*))$$

Este proceso se repite para cada archivo del portafolio. Cada vez que surge un nuevo clúster, se actualiza la matriz de distancia, y se realiza hasta que quede un solo clúster.

**2. Cuasi-diagonalización:** Se realiza un reordenamiento de las matrices de covarianza con el orden que tienen los activos dentro de la matriz linkage. A partir de los clústeres formados, se reordenan las columnas y filas de la matriz de covarianzas para que los mayores valores se encuentren cerca y sobre la diagonal, en tanto que las covarianzas más pequeñas se ubiquen fuera de esta.

**3. Bisección Recursiva:** En la última etapa se definen los pesos óptimos para cada activo dentro del portafolio. Se denotan los pesos de los activos como:

$$w_i = 1, \forall i = 1, \dots, N$$

Cada clúster se subdivide en 2 subclústeres ( $V_1, V_2$ ), iniciando desde el clúster final  $U[N]$ , recorriendo de arriba hacia abajo. Para cada uno de estos subclústeres se obtiene su varianza:

$$V_i = w^T V w, i = 1, 2$$

Donde:

$$w = \frac{\text{diag}(V^{-1})}{\text{trace}(\text{diag}(V^{-1}))}$$

Luego, se calcula un factor ponderador a partir de la nueva matriz de covarianzas:

$$a_1 = 1 - \frac{V_2}{V_1 + V_2}; a_2 = 1 - a$$

Los 2 ponderadores obtenidos se incorporan en la determinación de los pesos finales al interior de cada subclúster, así los pesos de los activos en los subclústeres se actualizan respectivamente mediante:

$$w_1 = a_1 * w_1$$

$$w_2 = a_2 * w_2$$

Finalmente, se repiten los pasos hasta que todos los activos tengan asignado su respectivo peso dentro del portafolio.

### **Aplicación:**

Esta estrategia es especialmente valiosa para los inversionistas interesados en lograr una distribución equitativa del riesgo a través de su portafolio, poniendo un énfasis particular en la correlación entre los diferentes activos. Esta estrategia permite a los inversionistas reducir ciertos riesgos de manera efectiva. Además, se distingue por ser un modelo más avanzado que valora la correlación entre activos, a diferencia de otros enfoques que se centran únicamente en la varianza del portafolio. Esto lo convierte en una opción atractiva para aquellos que buscan una gestión de riesgos más refinada y una diversificación efectiva en sus inversiones.

### **Ventajas:**

- I.** *Consideración de la Estructura Jerárquica del Mercado:* Utiliza técnicas de clustering jerárquico para agrupar activos en función de su similitud, tomando en cuenta la estructura jerárquica inherente en el mercado. Esto puede conducir a asignaciones de activos más intuitivas y realistas.
- II.** *Equilibrio entre Riesgo y Rendimiento:* Al minimizar la matriz de covarianza ponderada de los activos dentro de cada grupo, esta estrategia busca construir un portafolio equilibrada que ofrezca un rendimiento atractivo con un riesgo controlado.

- III. Adaptabilidad a Estructuras de Mercado Cambiantes:** Se puede adaptar a diferentes condiciones de mercado y estructuras de correlación, lo que lo hace adecuado para entornos dinámicos y cambiantes.

**Desventajas:**

- I. Complejidad de Implementación:** Puede ser complejo de implementar que enfoques tradicionales de asignación de activos debido a la necesidad de utilizar técnicas de clustering y algoritmos de optimización avanzados.
- II. Sensibilidad a Parámetros:** La eficacia de esta estrategia puede depender de la elección de ciertos parámetros, como el número de grupos de activos y los métodos de clustering utilizados, lo que puede introducir sesgos y errores en la construcción del portafolio.
- III. Requiere Datos de Calidad:** Depende de datos históricos precisos y completos sobre los rendimientos y correlaciones de los activos, por lo que la calidad de los datos puede influir en la eficacia de la estrategia.

#### **4.6 Conditional Value at Risk (CVaR).**

**Definición:**

Un portafolio de CVaR (“Conditional Value at Risk”) es una estrategia de riesgo que cuantifica el riesgo de pérdida en inversiones más allá del “Value at Risk” (VaR). Mientras que el VaR se enfoca en el peor de los casos dentro de un cierto percentil (por ejemplo, el 5% peor de los casos), el CVaR considera el promedio de las pérdidas que exceden ese umbral del VaR, ofreciendo una visión más completa del riesgo extremo. Esta estrategia es especialmente valorada por inversores y gestores de riesgo que desean comprender y mitigar los riesgos de pérdidas severas. Esta estrategia fue desarrollada originalmente en la década de 1990 por Artzner, Delbaen, Eber y Heath como una medida alternativa de riesgo que complementa el Value at Risk (VaR).

**Fórmula:**

$$\frac{1}{(1 - \alpha)} \int_{\alpha}^1 \text{VaR}_{\beta}(X) d\beta$$

Donde:

- $\alpha$ : Nivel de confianza utilizado para el VaR (por ejemplo, 0.95)
- $VaR_{\beta}(X)$ : Value at Risk al nivel de confianza  $\beta$  para las pérdidas  $X$ .
- $X$ : Pérdidas de la inversión.

### **Aplicación:**

Esta estrategia es usada en la gestión de portafolios de inversión para identificar y minimizar riesgos extremos. Al calcularla, los gestores pueden tomar decisiones más informadas sobre cómo distribuir los activos de un portafolio, especialmente en sectores o instrumentos financieros que muestran una alta variabilidad en sus rendimientos. Esto es crucial para estrategias que buscan protegerse contra eventos de cola o pérdidas inesperadamente grandes, como crisis financieras o caídas del mercado repentinas.

### **Ventajas:**

- I. *Visión holística del riesgo:* A diferencia del VaR, que sólo señala el umbral de pérdida, esta estrategia ofrece una medida de riesgo esperado más allá del umbral, proporcionando una visión más completa del riesgo de pérdidas severas.
- II. *Fomenta una gestión de riesgo más efectiva:* Al considerar las pérdidas potenciales más extremas, los gestores pueden adoptar estrategias de inversión que protejan mejor contra riesgos significativos.
- III. *Preferido por reguladores y gestores de riesgo:* Por su capacidad de evaluar riesgos extremos, esta estrategia es frecuentemente utilizado en la regulación financiera y gestión de riesgos interna.

### **Desventajas:**

- I. *Complejidad Computacional:* Puede ser más complejo y requerir más datos que el VaR, especialmente en portafolios grandes o diversificados.
- II. *Suposiciones de modelado:* Al igual que otras medidas de riesgo, esta estrategia depende de las suposiciones subyacentes del modelo, lo que puede afectar su precisión.



- III. *No Captura riesgos no lineales:* En algunos casos, esta estrategia puede no capturar adecuadamente los riesgos asociados con instrumentos financieros no lineales o derivados complejos.

#### **4.7 Black Litterman**

##### **Definición:**

Un portafolio de Black Litterman combina las opiniones subjetivas del inversor con las expectativas de mercado para construir un portafolio de inversión óptimo. Esta estrategia se basa en principios bayesianos, permitiendo la integración de expectativas subjetivas sobre los rendimientos de los activos, junto con la información de mercado existente. La idea central es comenzar con un equilibrio de mercado, donde las rentabilidades esperadas de los activos financieros reflejan las expectativas comunes de todos los inversionistas. A partir de ahí, la estrategia ajusta estas rentabilidades con las opiniones del inversionista, utilizando una técnica de optimización inversa, en otras palabras, esta estrategia ofrece un marco más flexible y realista para la selección de portafolios, al incorporar tanto datos de mercado como juicios personales sobre el futuro de los activos.

Esta estrategia fue desarrollada por Fischer Black y Robert Litterman en 1990 como una extensión del modelo de equilibrio de mercado de Markowitz. Se introdujo como una forma de abordar las limitaciones del modelo de Markowitz, especialmente en la incorporación de información subjetiva del inversor en el proceso de asignación de activos. Desde entonces, ha sido ampliamente utilizado en la gestión de portafolios y la inversión institucional como una herramienta para mejorar la eficiencia y la precisión de la asignación de activos.

##### **Fórmula:**

En el mercado existen  $n$  activos con capitalizaciones  $M = M_1, M_2, \dots; M_n$

Donde:

- La capitalización de mercado es igual al número de títulos o unidades del activo disponibles en el mercado por su respectivo precio.

- Las ponderaciones de mercado de los  $n$  activos están dadas por el vector:  $W = W_1, W_2, \dots; W_n$

Donde:

- La ponderación del activo  $i$  es:

$$W_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i}$$

- El coeficiente de aversión al riesgo ( $\delta$ ) , que es una constante que se determina como:

$$\lambda = \frac{R_m - R_f}{\sigma_M^2}$$

Donde:

- $R_m$  es el retorno del mercado;  $R_f$  es la tasa libre de riesgo y  $\sigma_M^2$  es la varianza del retorno del mercado.
- El exceso de retornos implícitos de equilibrio ( $\Pi$ ) está dado por:

$$\Pi = \lambda \Sigma W$$

### **Aplicación:**

Esta estrategia es usada por aquél gestor de portafolios para encontrar ponderaciones óptimas del portafolio cuando desee personalizar la asignación de activos según las características y expectativas específicas de los inversores. Esto es especialmente relevante cuando los inversionistas tienen opiniones subjetivas sobre el rendimiento futuro de ciertos activos o cuando desean ajustar la portafolio para cumplir con metas y aversiones al riesgo particulares. La flexibilidad de esta estrategia para incorporar expectativas del inversor lo convierte en una herramienta valiosa en situaciones donde la personalización y la adaptabilidad son clave para satisfacer las necesidades individuales de los inversionistas.

### **Ventajas:**

- I.** *Incorporación de Opiniones del Inversor:* Permite integrar las opiniones subjetivas del inversor en el proceso de asignación de activos de manera coherente, lo que proporciona una base sólida para la toma de decisiones de inversión.
- II.** *Consistencia con el Modelo de Mercado:* Al combinar las opiniones del inversor con el modelo de equilibrio de mercado, esta estrategia genera portafolios que reflejan tanto las creencias del inversor como las oportunidades de mercado de manera consistente.
- III.** *Mejora de la Precisión:* Puede mejorar la precisión de las estimaciones de rendimientos esperados al suavizar las revisiones de rendimientos y mitigar la sobreajuste en el proceso de asignación de activos.

**Desventajas:**

- I.** *Dependencia de las Opiniones del Inversor:* La eficacia de esta estrategia depende en gran medida de la calidad y precisión de las opiniones subjetivas del inversor, lo que puede introducir sesgos y errores en el proceso de asignación de activos.
- II.** *Sensibilidad a los Parámetros:* La selección de parámetros, como el parámetro de suavización  $\tau$ , puede afectar significativamente los resultados de esta estrategia y puede requerir ajustes adicionales para lograr una asignación óptima de activos.
- III.** *Complejidad de Implementación:* Puede ser más complejo de implementar que enfoques tradicionales de asignación de activos debido a la necesidad de integrar opiniones subjetivas del inversor con el modelo de mercado y ajustar parámetros para lograr una asignación óptima de activos.

## **4.8 Fama French**

**Definición:**

Un portafolio de Fama-French de 5 factores es una estrategia que incorpora la premisa de que los rendimientos de las acciones pueden explicarse por su sensibilidad a factores de riesgo específicos, como el rendimiento del mercado, el tamaño de la empresa, el valor, la rentabilidad y

la inversión. Además, también, implica estimar los coeficientes (betas) para cada factor mediante técnicas de regresión utilizando datos históricos. Estos coeficientes se utilizan luego para calcular los rendimientos esperados de los activos bajo diferentes condiciones de mercado.

Esta estrategia fue desarrollada por Eugene Fama y Kenneth French en 1992, como una extensión de la estrategia de valoración de activos de capital (CAPM) de Sharpe. Posteriormente, en 2015, Fama y French introdujeron la estrategia de cinco factores para proporcionar una mejor explicación de las diferencias en los rendimientos de las acciones, ampliando el modelo de tres factores original (capacidad de mercado, relación precio-beneficio y tamaño de la empresa) al incluir dos factores adicionales: la rentabilidad de las acciones con alta rentabilidad sobre capital (HML) y la rentabilidad de las acciones con baja rentabilidad sobre capital (SMB).

### **Fórmula:**

$$R_i - R_f = \beta_M(R_M - R_f) + \beta_{SMB}SMB + \beta_{HML}HML + \beta_{RMW}RMW + \beta_{CMA}CMA + \epsilon_i$$

Donde:

- $R_i$ : Rendimiento del activo.
- $R_f$ : Tasa libre de riesgo.
- $R_M$ : Rendimiento del mercado.
- $SMB$ : Factor de tamaño de la empresa (Small Minus Big).
- $HML$ : Factor de relación book-to-market (High Minus Low).
- $RMW$ : Factor de rentabilidad de acciones con alta capitalización (Robust Minus Weak).
- $CMA$ : Factor de rentabilidad de acciones con baja capitalización (Conservative Minus Aggressive).
- $\beta_M, \beta_{SMB}, \beta_{HML}, \beta_{RMW}, \beta_{CMA}$ : Coeficientes (betas) de sensibilidad de cada factor.
- $\epsilon_i$ : Término de error.

### **Aplicación:**

Esta estrategia es utilizada por gestores de portafolios que buscan optimizar las ponderaciones en sus portafolios para mejorar la diversificación y la gestión del riesgo. Esta estrategia resulta

particularmente útil para quienes prefieren portafolios bien equilibrados y desean reducir los riesgos teniendo en cuenta factores adicionales, más allá de los rendimientos del mercado. La implementación de esta estrategia es ideal para los inversores que aprecian un enfoque fundamentado en investigaciones exhaustivas y desean emplear estrategias basadas en principios académicos sólidos para afinar sus portafolios.

#### **Ventajas:**

- I.** *Explicación Mejorada de Rendimientos:* Proporciona una explicación más completa de los rendimientos de las acciones al incorporar factores adicionales de riesgo sistemático.
- II.** *Identificación de Oportunidades de Inversión:* Al considerar múltiples factores de riesgo, esta estrategia puede ayudar a los inversores a identificar oportunidades de inversión y a diversificar de manera más efectiva sus portafolios.
- III.** *Evaluación de Rendimiento Relativo:* Esta estrategia permite a los inversores evaluar el rendimiento relativo de los gestores de fondos y las estrategias de inversión al controlar los factores de riesgo sistemático.

#### **Desventajas:**

- I.** *Complejidad de Implementación:* Puede ser más complejo de implementar y utilizar que el modelo de tres factores original debido a la inclusión de factores adicionales y la necesidad de estimar coeficientes de sensibilidad.
- II.** *Dependencia de Datos Históricos:* La estrategia depende de datos históricos precisos y completos sobre los rendimientos de las acciones y los factores de riesgo, lo que puede introducir sesgos y errores en las estimaciones.
- III.** *Sensibilidad a Supuestos:* La estrategia puede ser sensible a supuestos sobre la selección y definición de los factores de riesgo, lo que puede afectar la interpretación de los resultados y la efectividad del modelo.

### **4.9 Total Return AA**

#### **Definición:**

Un portafolio de Total Return AA es una estrategia que busca maximizar el rendimiento total de un portafolio de inversión, teniendo en cuenta tanto los rendimientos de los activos como

los flujos de efectivo generados por el portafolio. Este enfoque considera no solo la apreciación del capital, sino también los ingresos y dividendos generados por el portafolio, con el objetivo de maximizar el rendimiento global ajustado al riesgo.

Leibowitz y Kogelman fueron los que publicaron a finales de los ochenta una serie de trabajos que trataban de modelizar cuantitativamente este tipo de decisiones. Bajo este enfoque, el perfil de riesgo de una portafolio se define mediante 2 parámetros: el primero, es el umbral de mínimo de rentabilidad ( $R_{target}$ ) por debajo del cual el inversor considera una pérdida; y, el segundo, es la probabilidad máxima de que la rentabilidad de la portafolio se encuentre por debajo del umbral mínimo (Shortfall probability) para un horizonte de inversión determinado.

### **Fórmula:**

$$\begin{aligned} \max: & E[R_p] \\ \text{s. t. } & P[R_p < R_{target}] \leq P \\ & w = \frac{\tau - r_f}{R - r_f + \lambda_a \sigma_r} \end{aligned}$$

Donde:

- $\tau$ : Rentabilidad mínima deseada.
- $r_f$ : Tasa libre de riesgo.
- $\sigma_r$ : Volatilidad de los activos con riesgo.
- $R$ : Cantidad que se quiere tener invertida en activos de riesgo.

### **Aplicación:**

Esta estrategia se emplea por gestores de portafolios para determinar las ponderaciones ideales en un portafolio, enfocándose en inversores que buscan principalmente minimizar las pérdidas y establecer un umbral mínimo de rentabilidad ( $R_{target}$ ) que están dispuestos a tolerar. Esta estrategia resulta especialmente adecuada para inversores que consideran importante no solo el rendimiento esperado de su portafolio, sino también la posibilidad de que este rendimiento sea inferior a un nivel específico, ofreciendo así una visión del riesgo más completa y personalizada. Esta estrategia es particularmente valiosa para aquellos inversores centrados en la gestión del

riesgo, buscando adoptar una estrategia que se ajuste estrechamente a sus metas de pérdidas permitidas y su tolerancia al riesgo.

**Ventajas:**

- I.** *Enfoque Holístico:* Considera todos los aspectos del rendimiento del portafolio, incluidos los rendimientos de los activos individuales y los flujos de efectivo generados por el portafolio, lo que proporciona una visión más completa del rendimiento total.
- II.** *Maximización del Rendimiento Total:* Busca maximizar el rendimiento total ajustado al riesgo del portafolio, lo que puede conducir a mejores resultados financieros a largo plazo.
- III.** *Adaptabilidad:* Puede adaptarse a diferentes objetivos de inversión y perfiles de riesgo, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de inversores y situaciones de mercado.

**Desventajas:**

- I.** *Complejidad de Implementación:* Puede ser más complejo de implementar que enfoques más tradicionales de asignación de activos debido a la necesidad de considerar múltiples aspectos del rendimiento del portafolio y gestionar los flujos de efectivo generados por el portafolio.
- II.** *Sensibilidad a Supuestos:* La eficacia de la estrategia puede depender de los supuestos utilizados en el modelado del rendimiento del portafolio y la gestión de los flujos de efectivo, lo que puede introducir sesgos y errores en el proceso de asignación de activos.
- III.** *Costos Asociados:* La gestión de un portafolio bajo el enfoque de esta estrategia puede estar asociada con costos adicionales, como comisiones de negociación y honorarios de gestión, que pueden afectar el rendimiento neto del portafolio.

#### **4.10 Roy Safety First Ratio**

**Definición:**

Un portafolio de Roy Safety First Ratio es una estrategia de rendimiento ajustada al riesgo utilizada en la gestión de inversiones para evaluar el desempeño de un portafolio de activos en función de su capacidad para evitar pérdidas significativas. Fue desarrollado por el economista Jack L. Treynor y el matemático y economista Profesor Ronald H. Harcourt Roy. Esta estrategia

se enfoca en minimizar la probabilidad de que los rendimientos del portafolio caigan por debajo de un cierto umbral de seguridad.

Esta estrategia es un ratio de seguridad que fue introducido por primera vez por el Profesor Ronald H. Harcourt Roy en la década de 1950 y más tarde popularizado por Jack L. Treynor en su trabajo sobre la teoría del portafolio. Se desarrolló como una medida de rendimiento ajustada al riesgo que se centra en la minimización de la probabilidad de pérdidas significativas en un portafolio de inversión.

### **Fórmula:**

$$\min: R_p < R_f$$
$$\frac{R_p - R_f}{\sigma_p}$$

Donde:

- $R_p$ : Rendimiento esperado del portafolio.
- $R_L$ : Tasa libre de riesgo.
- $\sigma_p$ : Desviación estándar del portafolio.

### **Aplicación:**

Esta estrategia es adoptada por gestores de portafolios para inversores que valoran en gran medida la seguridad de sus inversiones, más que la búsqueda de altos rendimientos, con el fin de reducir la probabilidad de que los rendimientos de su portafolio se sitúen por debajo de un nivel mínimo aceptable. Esta estrategia es particularmente adecuada para inversores conservadores o para aquellos casos en los que es fundamental evitar pérdidas importantes, como en la planificación de la jubilación o la administración de fondos de dotación.

### **Ventajas:**

- I. *Enfoque Conservador:* Prioriza la minimización del riesgo de caídas en los rendimientos por debajo de un umbral predefinido.



- II. *Comparación Relativa*: Permite a los inversores comparar diferentes portafolios y tomar decisiones basadas en la probabilidad de que los rendimientos caigan por debajo de un nivel deseado.
- III. *Énfasis en el Riesgo*: Destaca la importancia de gestionar el riesgo de pérdida por debajo de un umbral crítico, lo cual es esencial para algunos inversores que priorizan la seguridad y preservación del capital.

#### **Desventajas:**

- I. *Supuestos Complicados*: Esta estrategia asume que los rendimientos siguen una distribución normal, lo cual no siempre es lo adecuado sobre todo en condiciones del mercado del mundo real. En situaciones de extrema volatilidad o eventos esperados estos supuestos pueden no mantenerse.
- II. *Sensibilidad de Parámetros*: Es sensible a los parámetros utilizados en su cálculo, como el umbral de rendimiento deseado.
- III. *Enfoque Unidimensional*: Se centra en la minimización de la probabilidad de caídas de los rendimientos, lo que podría descuidar otros aspectos importantes de la gestión de portafolios, como el crecimiento a largo plazo o la maximización de rendimientos.

### **4.11 Sortino Ratio**

#### **Definición:**

Un portafolio de Sortino Ratio es una estrategia de rendimiento ajustada al riesgo utilizada en la gestión de inversiones para evaluar el desempeño de un portafolio de activos en función de su capacidad para generar retornos positivos en relación con la volatilidad negativa. A diferencia del Ratio de Sharpe, que considera toda la volatilidad, esta estrategia se enfoca específicamente en la volatilidad negativa, es decir, la desviación estándar de los rendimientos por debajo de un cierto umbral de riesgo, generalmente la tasa libre de riesgo.

Esta estrategia fue desarrollada por Frank A. Sortino, un destacado experto en finanzas cuantitativas, en la década de 1980 como una mejora del Ratio de Sharpe. Sortino reconoció que los inversores están más preocupados por la volatilidad negativa y la preservación del capital que por la volatilidad en general, lo que llevó al desarrollo de esta estrategia.

**Fórmula:**

$$\frac{R_p - T}{\sigma_d}$$

Donde:

- $R_p$ : Rendimiento esperado del portafolio.
- $T$ : Umbral (por lo general es cero); tasa libre de riesgo.
- $\sigma_d$ : Desviación estándar, del riesgo a la baja (downside), del portafolio.

**Aplicación:**

Esta estrategia es empleada por gestores de portafolios para determinar las mejores proporciones de inversión en un portafolio, dirigido a inversores que muestran una especial preocupación por evitar pérdidas más que por alcanzar los máximos rendimientos posibles. Esta medida se centra en la volatilidad negativa o el riesgo de pérdida (downside Risk), lo que la hace particularmente valiosa para inversores interesados en proteger sus fondos y que prefieren una estrategia de gestión de riesgos más cautelosa. En contextos donde la preservación del capital y la reducción de las pérdidas son fundamentales para los inversores, esta estrategia ofrece una herramienta efectiva para analizar y ajustar la distribución de los activos en el portafolio, asegurando que las inversiones se alineen con las metas y la tolerancia al riesgo del inversor.

**Ventajas:**

- I.** *Enfocado en el Riesgo Desfavorable (Downside Risk):* Se centra específicamente en la volatilidad desfavorable, lo que puede ser más relevante para inversores preocupados por las pérdidas potenciales.
- II.** *Considera la Volatilidad Negativa:* Al utilizar la desviación estándar de los rendimientos negativos, esta estrategia aborda directamente el riesgo percibido por los inversores durante periodos de pérdida.

- III. *Sensible a Pérdidas Negativas:* Dado que solo toma en cuenta las pérdidas, esta estrategia puede ser más sensible a eventos extremos o pérdidas significativas, proporcionando una medida más ajustada del riesgo.

#### **Desventajas:**

- I. *Ignora la Volatilidad Positiva:* Al excluir a la volatilidad positiva (upside Risk), esta estrategia puede pasar por alto la capacidad de un activo para generar retornos favorables en momentos de volatilidad a la alza.
- II. *Dependencia de la Desviación a la Baja:* La dependencia exclusiva a la desviación a la baja puede llevar a resultados sesgados en situaciones en las que la volatilidad al alza sea beneficiosa para los inversores.
- III. *No Considera la Magnitud de las Pérdidas o Ganancias:* Toma en cuenta sólo la frecuencia de las pérdidas. Dos activos con el mismo valor de esta estrategia podrían experimentar pérdidas de magnitudes muy diferentes.

## **5. Conclusiones**

A lo largo de este documento, se realizó un breve recorrido por el mundo financiero en las inversiones, en el que se exploraron una variedad de estrategias diseñadas para enfrentar diversos objetivos (según el perfil del inversionista), además de destacar los usos específicos de cada una de estas estrategias, así como sus ventajas y desventajas. Cada estrategia QAA ofrece un enfoque único y específico, desde la diversificación hasta la gestión del riesgo, adaptándose a la complejidad de la inversión. Desde estrategias clásicas, como: Mínima Varianza y Máximo Ratio de Sharpe, hasta los enfoques más innovadores y complejos, como: Black Litterman y HRP, cada una de estas estrategias proporciona herramientas valiosas para construir y mantener portafolios sólidos y bien equilibrados, cumpliendo y adaptándose siempre a las características del inversionista.

Es por eso por lo que, en un mundo financiero en constante evolución, es esencial mantener una mentalidad receptiva hacia nuevas ideas, enfoques y estrategias. Si bien dichas estrategias clásicas pueden ser fundamentales, también es crucial estar abiertos a la innovación y a la integración de

nuevas metodologías que puedan ofrecer una ventaja competitiva en un mundo cada vez más interconectado, cambiante y lleno de incertidumbre.

Por otro lado, el éxito en la gestión de activos requiere un enfoque equilibrado y una comprensión profunda de las diversas herramientas y estrategias disponibles. Al combinar análisis rigurosos con intuición perspicaz, los inversores pueden tomar decisiones más informadas y construir portafolios que se alineen con sus objetivos financieros y tolerancia al riesgo. Además, es esencial reconocer que la gestión de activos y la inversión eficaz son como una combinación de arte y ciencia. Si bien el análisis cuantitativo proporciona una base sólida, la intuición y la experiencia también desempeñan un papel crucial en la toma de estas decisiones financieras y de inversión. Los inversores exitosos no solo confían en modelos y algoritmos, sino que también son capaces de evaluar el panorama general y adaptarse a las condiciones del mercado en constante cambio.

Para finalizar, como bien se sabe, en un mundo financiero caracterizado por la volatilidad y la incertidumbre, la capacidad de los inversores para comprender y aplicar una variedad de estrategias de gestión de activos se vuelve fundamental, es por eso por lo que hay que mantenerse informados, flexibles y centrados en sus objetivos financieros, con el objetivo de que los inversores puedan enfrentar los desafíos del mercado con confianza y aprovechar las oportunidades que se presentan.

## 6. Bibliografía

- Franco-Arbeláez, L. C., Avendaño-Rúa, C. T., & Barbutín-Díaz, H. (s.f.). “*Modelo de Markowitz y Modelo de Black-Litterman en la Optimización de Portafolios de Inversión. Org.co*”. Recuperado el 03 de febrero de 2024, de: <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/n26/n26a05.pdf>
- Giraldo Cárdenas, L., Díaz Zapata, J. M., Arboleda Ríos, S. M., Galarcio Padilla, C. L., Lotero Botero, J. E., & Isaza Cuervo, F. (2015). “*Modelo de selección de portafolio óptimo de acciones mediante el análisis de Black-Litterman. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 14(27), 111–130*”. Recuperado el 02 de febrero del 2024, de: EBSCO HOST.
- Giraldo Cárdenas, L., Díaz Zapata, J. M., Arboleda Ríos, S. M., Galarcio Padilla, C. L., Lotero Botero, J. E., & Isaza Cuervo, F. (2015). “*Modelo de selección de portafolio óptimo de acciones mediante el análisis de Black-Litterman*”. Recuperado el 03 de febrero del 2024, de: Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 14(27), 111–130.

- James Forjan (30 de septiembre del 2021). “*Shortfall risk, safety-first ratio and selection of an optimal portfolio using Roy’s safety-first criterion*. AnalystPrep | CFA® Exam Study Notes”. Recuperado el 31 de enero del 2024, de: <https://analystprep.com/cfa-level-1-exam/quantitative-methods/shortfall-risk-safety-first-criterion-example/>
- Kenton, W. (7 de julio del 2020). “*Sortino Ratio: Definition, Formula, Calculation, and example*. Investopedia”. Recuperado el 31 de enero del 2024, de: <https://www.investopedia.com/terms/s/sortinoratio.asp>
- Obeidat, S., & Shapiro, D. (2018). “*Adaptive portfolio asset allocation optimization with Deep learning*.” Recuperado el 02 de febrero del 2023, de: [https://personales.upv.es/thinkmind/dl/journals/intsys/intsys\\_v11\\_n12\\_2018/intsys\\_v11\\_n12\\_2018\\_3.pdf](https://personales.upv.es/thinkmind/dl/journals/intsys/intsys_v11_n12_2018/intsys_v11_n12_2018_3.pdf)
- Omega Ratio - Breaking down finance. (29 de diciembre del 2022). “*Breaking Down Finance*”. Recuperado el 29 de enero del 2024, de: <https://breakingdownfinance.com/finance-topics/performance-measurement/omega-ratio/>
- PyOptSparse. (2022). “*SLSQP*”. Recuperado el 31 de enero del 2024, de: <https://mdolab-pyoptsparse.readthedocs-hosted.com/en/latest/optimizers/SLSQP.html>
- Rubenfcasal. GitHub. (s.f.). “*7.3 Optimización Montecarlo*”. Recuperado el 03 de febrero del 2024, de: <https://rubenfcasal.github.io/simbook/opt-MC.html>
- SciPy Manual. (2024). “*Optimization (scipy.optimize)*”. Recuperado el 31 de enero del 2024, de: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/tutorial/optimize.html#broyden-fletcher-goldfarb-shanno-algorithm-method-bfgs>
- Tamplin, T. (12 de julio del 2023). “*Minimum-Variance portfolio | Meaning, construction, applications*. Finance Strategists”. Recuperado el 01 de febrero del 2024, de: <https://www.financestrategists.com/wealth-management/investment-management/minimum-variance-portfolio/>
- Tamplin, T. (5 de julio del 2023). “*Omega Ratio | Definition, Components, Advantages & Limitations*. Finance Strategists”. Recuperado el 29 de enero del 2024, de: <https://www.financestrategists.com/wealth-management/financial-ratios/omega-ratio/>
- Team, C. (11 de diciembre del 2023). “*Sortino ratio*. Corporate Finance Institute”. Recuperado el 31 de enero del 2024, de: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/wealth-management/sortino-ratio-2/>
- Team, C. (22 de marzo del 2023). “*Roy’s safety-first criterion*. Corporate Finance Institute”. Recuperado el 29 de enero del 2024, de: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/wealth-management/roys-safety-first-criterion/>
- Técnicas de construcción de portafolios. (s.f.). “*Slide Share*”. Recuperado el 03 de febrero del 2024, de: <https://es.slideshare.net/FernandoRuizCAIA/tecnicas-de-construccin-de-portafolios>
- Tutorialespoin. (2024). “*SciPy - Optimize*”. Recuperado el 31 de enero del 2024, de: [https://www.tutorialspoint.com/scipy/scipy\\_optimize.htm](https://www.tutorialspoint.com/scipy/scipy_optimize.htm)
- Zhou, X. (15 de enero del 2023). “*Ratio Omega*. Rankia”. Recuperado el 29 de enero del 2024, de: <https://www.rankia.com/diccionario/fondos-inversion/ratio-omega>

- Finance Strategists. (12 de julio del 2023). "Conditional Value at Risk (CVaR) | Meaning, Pros, and Cons". Recuperado el 18 de marzo del 2024, de: <https://www.financestrategists.com/finance-terms/risk-management/conditional-value-at-risk-cvar/>.
- Broadwater, B. (14 de julio del 2023). "What is Conditional Value at Risk (CVaR)?". Recuperado el 18 de marzo del 2024, de: <https://investmentu.com/what-is-conditional-value-at-risk-cvar/>.