

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

Título: El impacto de la incorporación de métricas ESG en la construcción de carteras

Autoría: Jordi Álvarez García

Tutoría: Samer Ajour El Zein

Curso académico: 2025-2026



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Facultat d'Economia
i Empresa

Màster
de Ciències
Actuarials
i Financeres

Facultad de Economía y Empresa

Universidad de Barcelona

Trabajo Final de Máster

Máster en Ciencias Actuariales y Financieras

**El impacto de la
incorporación de métricas
ESG en la
construcción de carteras**

Autoría: Jordi Álvarez García

Tutoría: Samer Ajour El Zein

Epítome

Este trabajo analiza el impacto de la integración de criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) en la construcción de carteras de renta variable europea, evaluando el posible coste en términos de eficiencia financiera. Para ello, se implementa un modelo de optimización media-varianza aplicado a las empresas del índice MSCI Europe y se comparan distintas metodologías de integración ESG, incluyendo estrategias de filtrado y restricciones sobre el score ESG promedio de la cartera.

Los resultados muestran que la aplicación de criterios ESG puede reducir la eficiencia de las carteras cuando restringe significativamente el universo de inversión. Sin embargo, este coste puede mitigarse mediante enfoques que preserven un mayor grado de diversificación, permitiendo compatibilizar parcialmente los objetivos de sostenibilidad y eficiencia financiera.

Keywords: Inversión ESG, Finanzas Sostenibles, Diversificación.

Epítom

Aquest treball analitza l'impacte de la integració de criteris ambientals, socials i de governança (ESG) en la construcció de carteres de renda variable europea, amb l'objectiu d'avaluar el possible cost en termes d'eficiència financera. Per fer-ho, s'implementa un model d'optimització mitjana-variancia aplicat a les empreses de l'índex MSCI Europe i es comparen diferents metodologies d'integració ESG, com ara estratègies de filtratge i restriccions sobre el nivell ESG mitjà de la cartera.

Els resultats mostren que l'aplicació de criteris ESG pot reduir l'eficiència de les carteres quan limita de manera significativa l'univers d'inversió. Tot i això, aquest cost es pot mitigar mitjançant enfocaments que preservin un major grau de diversificació, permetent compatibilitzar parcialment els objectius de sostenibilitat i eficiència financera.

Paraules Clau: Inversió ESG, Finances Sostenibles, Diversificació.

Índice

1. Introducción	3
2. Marco Teórico	6
2.1. Teoría Moderna de Carteras	6
2.2. Optimización bajo restricciones financieras y regulatorias	8
2.3. Integración de criterios ESG y evidencia empírica sobre su impacto en el desempeño financiero	11
3. Datos y Metodología	13
3.1. Universo de inversión y fuentes de datos	13
3.2. Estimación de rentabilidades y matriz de covarianzas	15
3.3. Modelos de optimización y restricciones aplicadas	15
3.4. Estrategias de integración ESG analizadas	18
3.4.1. ESG screening	18
3.4.2. Restricción sobre el ESG medio de la cartera	19
4. Resultados	20
4.1. Frontera Eficiente Base	20
4.2. Impacto del <i>screening</i> ESG en la eficiencia de las carteras	23
4.3. Restricción sobre el <i>ESG score</i> medio de la cartera	26
4.4. Análisis desagregado por pilares ESG	29
5. Conclusiones	32
6. Bibliography	35

1 Introducción

La relación entre rentabilidad y riesgo ha sido tradicionalmente el punto de partida en la construcción de carteras. Desde la formulación de la Teoría Moderna de Carteras por Markowitz en 1952[7], la asignación de activos comenzó a analizarse de forma sistemática mediante modelos cuantitativos, con el objetivo de encontrar combinaciones eficientes que permitieran maximizar la rentabilidad esperada para un nivel determinado de riesgo. Este enfoque terminó consolidándose como el marco de referencia de la gestión profesional de inversiones y ha influido tanto en la práctica del *Strategic Asset Allocation* como en buena parte del desarrollo posterior de la teoría financiera.

En los últimos años, sin embargo, el proceso de inversión ha incorporado factores que no responden únicamente a criterios financieros. Entre ellos destacan los factores ambientales, sociales y de gobernanza (ESG), cuya presencia en la industria ha crecido de forma notable. Este crecimiento no responde a una única causa, sino a la combinación de distintos elementos: cambios regulatorios, mayor concienciación social en torno a la sostenibilidad y un papel más activo por parte de los inversores institucionales. Como consecuencia, una proporción creciente de los activos bajo gestión incorpora actualmente algún tipo de consideración ESG, lo que ha ido modificando, de manera gradual pero relevante, la práctica de la gestión de carteras.

Ahora bien, desde una perspectiva estrictamente financiera aparece una cuestión que resulta especialmente interesante y, además, principal pretensión de este trabajo: hasta qué punto la introducción de criterios ESG puede afectar a la eficiencia de las carteras. La literatura académica ha abordado esta relación pero partiendo de supuestos simplificados teóricos que no reflejan las condiciones reales de la práctica profesional, donde existen restricciones regulatorias, límites de diversificación y objetivos de tracking error que condicionan de forma directa las decisiones de inversión de los gestores y demás profesionales del sector.

La motivación de este trabajo nace en este contexto. En la práctica profesional, los criterios ESG están cada vez más presentes, tanto en el diseño de productos financieros como en las propias demandas de los clientes. Esto hace especialmente relevante entender con mayor precisión cuáles pueden ser sus implicaciones desde un punto de vista cuantitativo y de costes. Al mismo tiempo,

para el inversor, la inversión sostenible suele percibirse como algo deseable, aunque no siempre resulta evidente qué costes puede implicar ni de qué manera pueden mitigarse. En este sentido, el trabajo busca aportar evidencia empírica que permita analizar mejor la posible relación, y en ocasiones tensión, entre sostenibilidad y eficiencia financiera.

El objetivo principal consiste en analizar el impacto de la integración de criterios ESG en la construcción de carteras de renta variable europea, así como evaluar cómo distintas formas de implementación pueden afectar a la frontera eficiente y a las métricas de rentabilidad y riesgo. En particular, se pretende cuantificar el posible coste económico asociado a la introducción de restricciones ESG y comparar dos enfoques de integración: por un lado, el filtrado del universo de inversión según el *score* ESG, el llamado *screening positivo*, y, por otro, la imposición de restricciones pero esta vez sobre el nivel medio agregado de la cartera. El interés radica en identificar alternativas que permitan incorporar criterios sostenibles reduciendo, en la medida de lo posible, la pérdida de eficiencia.

Para dicho fin se utiliza un universo de inversión compuesto por las empresas del índice MSCI Europe[8], junto con datos históricos de rentabilidad a través de Yahoo Finance[14] y puntuaciones ESG proporcionadas por London Stock Exchange Group[6]. A partir de esta información se implementan modelos de optimización media–varianza bajo un conjunto de restricciones financieras y regulatorias que buscan aproximarse a condiciones realistas de gestión, incluyendo límites de concentración por activo, restricciones sectoriales, control de tracking error respecto al benchmark y la regla de diversificación 5/10/40. Este enfoque permite situar el análisis en un marco más cercano al que afrontan los gestores en la práctica.

Los resultados muestran que la integración de criterios ESG genera una pérdida de eficiencia en términos de rentabilidad y de ratios ajustados al riesgo, especialmente cuando las restricciones se aplican mediante un filtrado más estricto del universo de inversión. Sin embargo, los resultados también ponen de manifiesto que este efecto no es homogéneo y depende de forma importante de la metodología empleada. En particular, la imposición de restricciones sobre el *score* ESG promedio de la cartera permite reducir de manera significativa el coste económico asociado, manteniendo al mismo tiempo el enfoque sostenible deseado.

En conjunto, el trabajo aporta tres elementos que resultan relevantes para la academia. Primero,

una estimación empírica del posible coste económico asociado a la integración ESG en un contexto de optimización realista. Segundo, una comparación entre distintas formas de implementación, con implicaciones prácticas para la gestión de carteras. Y, por último, un marco de análisis que puede servir de apoyo a inversores y gestores que busquen incorporar criterios de sostenibilidad sin renunciar a los objetivos financieros tradicionales.

El resto del trabajo se estructura de la siguiente manera. En el [Capítulo 2](#) se presenta el marco teórico y la revisión de la literatura relevante sobre teoría de carteras e integración ESG. El [Capítulo 3](#) describe los datos utilizados y los modelos de optimización aplicados. En el [Capítulo 4](#) se exponen los resultados empíricos obtenidos y su interpretación económica. Por último, el [Capítulo 5](#) recoge las principales conclusiones del estudio, sus implicaciones prácticas y posibles líneas futuras de investigación.

2 Marco Teórico

Este capítulo presenta el marco teórico y la revisión de la literatura en la que se fundamenta el presente trabajo. En primer lugar, se introduce la Teoría Moderna de Carteras y el enfoque de optimización media–varianza. A continuación, se revisa la literatura relacionada con la optimización de carteras bajo restricciones financieras y regulatorias. Posteriormente, se analizan las principales metodologías de integración de criterios ESG en la construcción de carteras. Finalmente, se examina la evidencia empírica existente sobre la relación entre factores ESG y desempeño financiero.

2.1 Teoría Moderna de Carteras

La teoría moderna de carteras constituye uno de los pilares fundamentales de las finanzas modernas y proporciona el marco analítico para el estudio de la asignación eficiente de activos. Cuya formulación, tiene origen en el trabajo presentado por Markowitz en 1952[7]. Dicho documento, presenta un desarrollo formal analítico, nunca antes desarrollado y totalmente novedoso, para la selección matemáticamente óptima de carteras basado en la relación entre rentabilidad esperada y riesgo. Este enfoque permitió analizar de manera sistemática cómo la combinación de distintos activos financieros puede mejorar el perfil riesgo–rentabilidad de una cartera y originó la rotación del sector financiero tradicional, a uno cuyo principal motor fueron las matemáticas y ciencias exactas.

En el modelo de Markowitz, los inversores toman decisiones considerando simultáneamente dos dimensiones: la rentabilidad esperada de sus inversiones y el riesgo asociado a las mismas. Sea la rentabilidad esperada de una cartera como la media ponderada de las rentabilidades esperadas de los activos que la componen, y, a su vez, siendo el riesgo la desviación estándar de los retornos de la cartera. De este modo, el análisis de carteras se plantea como un problema de optimización en el que el inversor busca alcanzar la mejor combinación posible entre riesgo y rentabilidad.

El aporte más destacable es la consideración del riesgo como un conjunto, en lugar de evaluar los activos de forma aislada, considerando la interacción entre ellos a través de la matriz de covarianzas de sus retornos. Esto implica que el riesgo total de una cartera no depende únicamente de la volatilidad individual de cada activo, sino también del grado de correlación existente entre ellos. La combinación de activos permite reducir la volatilidad total de la cartera sin necesariamente dismi-

nir su rentabilidad esperada, lo que constituye uno de los principios básicos de la gestión moderna de inversiones.

Habiéndose formulado los principios, se puede describir formalmente el problema como uno de optimización convencional. Cabe destacar que, para el caso que nos ocupa, el inversor definirá inicialmente un nivel de rentabilidad deseado para, posteriormente, minimizar el nivel de riesgo asociado al mismo, tal que:

$$\begin{aligned} \min_w \quad & w' \Sigma w \\ \text{sujeto a} \quad & w' \mu = \mu_p \\ & \sum_{i=1}^n w_i = 1 \end{aligned} \tag{1}$$

donde w representa el vector de pesos de los activos en la cartera, μ el vector de rentabilidades esperadas, Σ la matriz de covarianzas de los retornos y μ_p la rentabilidad objetivo de la cartera.

La solución de este problema da lugar al concepto de frontera eficiente, que representa el conjunto de carteras que ofrecen la mayor rentabilidad esperada para cada nivel posible de riesgo. Las carteras situadas por debajo de esta frontera se consideran ineficientes, ya que existe al menos otra combinación de activos que proporciona una mayor rentabilidad para el mismo nivel de riesgo o un menor riesgo para la misma rentabilidad esperada. En consecuencia, los inversores racionales deberían seleccionar únicamente carteras situadas sobre la frontera eficiente.

La elección de una cartera específica dentro de la frontera eficiente depende de las preferencias individuales del inversor respecto al riesgo. En términos generales, inversores más aversos al riesgo tenderán a seleccionar carteras con menor volatilidad, mientras que inversores con mayor tolerancia al riesgo optarán por combinaciones de activos con mayor rentabilidad esperada y mayor nivel de riesgo.

A pesar de su gran relevancia teórica, la optimización media-varianza presenta diversas limitaciones cuando se aplica en contextos reales de inversión. En particular, el modelo es altamente sensible a errores en la estimación de los parámetros de entrada, especialmente las rentabilidades esperadas y la matriz de covarianzas. Pequeñas variaciones en estos parámetros pueden generar

cambios significativos en la composición de las carteras óptimas, lo que puede dar lugar a soluciones inestables o poco robustas. Asimismo, en ausencia de restricciones adicionales, el modelo tiende a generar carteras con elevados niveles de concentración en un número reducido de activos.

Debido a estas limitaciones, en aplicaciones prácticas de gestión de carteras es habitual complementar el modelo de optimización con restricciones adicionales que reflejen condiciones regulatorias, operativas o de política de inversión. Estas restricciones permiten obtener soluciones más estables y realistas, aproximando el modelo a las condiciones a las que se enfrentan los gestores de inversiones en la práctica.

En este contexto, una de las métricas más utilizadas para evaluar el rendimiento de una cartera es el Sharpe ratio, introducido por Sharpe (1966)[10]. Este indicador mide la rentabilidad obtenida por unidad de riesgo asumido, comparando el exceso de rentabilidad de la cartera respecto a un activo libre de riesgo con la volatilidad de sus retornos. De forma intuitiva, el ratio de Sharpe permite comparar distintas carteras en términos de eficiencia riesgo–rentabilidad, siendo preferibles aquellas que generan mayor rentabilidad adicional por cada unidad de riesgo asumido. Formalmente, el Sharpe ratio puede expresarse como:

$$SR = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p} \quad (2)$$

donde $E(R_p)$ representa la rentabilidad esperada de la cartera, R_f la tasa libre de riesgo y σ_p la desviación estándar de los retornos de la cartera. En la práctica, esta métrica se utiliza con frecuencia para identificar, dentro de la frontera eficiente, aquellas carteras que ofrecen la mejor compensación entre rentabilidad y riesgo.

2.2 Optimización bajo restricciones financieras y regulatorias

Aunque el modelo media–varianza proporciona un marco teórico sólido para la selección de carteras eficientes, su aplicación en entornos reales de inversión suele requerir la introducción de restricciones adicionales. En la práctica, los gestores institucionales operan bajo limitaciones regulatorias, operativas y de control del riesgo que condicionan la asignación de pesos dentro de la cartera. Estas restricciones buscan evitar niveles excesivos de concentración, mantener una adecuada diversificación y asegurar que la cartera permanezca dentro de determinados parámetros de

riesgo respecto a un índice de referencia.

La academia ha analizado ampliamente el efecto de incorporar restricciones en los modelos de optimización de carteras. En este contexto, Jagannathan y Ma (2003)[4] muestran que la imposición de límites sobre los pesos, especialmente la restricción de no permitir posiciones cortas, puede incluso mejorar el comportamiento fuera de muestra de las carteras optimizadas. Los autores demuestran que estas restricciones actúan de forma implícita como un mecanismo de *shrinkage* sobre la matriz de covarianzas estimada, reduciendo el impacto de los errores de estimación y generando carteras más estables y menos sensibles al ruido presente en los datos.

En una línea relacionada, DeMiguel, Garlappi y Uppal (2009) [1] destacan las limitaciones prácticas de la optimización media–varianza cuando los parámetros del modelo, en particular las rentabilidades esperadas y la matriz de covarianzas, deben estimarse a partir de muestras finitas. Los autores muestran que el error de estimación puede deteriorar significativamente el comportamiento fuera de muestra de las carteras optimizadas. En particular, para parámetros calibrados al mercado bursátil estadounidense estiman que la estrategia media–varianza necesitaría un historial de aproximadamente 6.000 meses de datos (alrededor de 500 años) para superar consistentemente a una estrategia de diversificación ingenua, $\frac{1}{N}$, en una cartera de 50 activos. Este resultado pone de manifiesto la elevada sensibilidad de la optimización a errores en los inputs, lo que puede dar lugar a asignaciones extremas y carteras excesivamente concentradas. En este contexto, la introducción de restricciones sobre los pesos puede contribuir a mitigar estos problemas y favorecer soluciones más estables y económicamente plausibles en el proceso de asignación de activos.

Una de las restricciones más habituales en la gestión activa de carteras es el control del tracking error respecto a un índice de referencia. El tracking error mide la volatilidad de la diferencia entre la rentabilidad de la cartera y la del benchmark, por lo que su limitación implica restringir el grado de desviación permitido en los pesos de los activos respecto al índice. En la práctica, este tipo de restricción permite mantener el perfil de riesgo del fondo alineado con el benchmark que pretende replicar o batir. Desde el punto de vista de la optimización, imponer un límite al tracking error reduce el conjunto de carteras factibles y condiciona las combinaciones de activos disponibles para el gestor. Bajo esta premisa, Jorion (2003)[5] formaliza la incorporación de restricciones explícitas sobre el tracking error en el problema de optimización, mostrando que estas limitaciones

permiten controlar el riesgo relativo frente al índice de referencia y conducen a carteras óptimas que permanecen próximas a su composición, modificando así la frontera eficiente disponible para el inversor.

Otro conjunto relevante de restricciones proviene de la regulación aplicable a determinados vehículos de inversión. En el caso de los fondos armonizados europeos, la normativa UCITS establece límites de concentración destinados a garantizar un nivel mínimo de diversificación. En particular, la conocida regla 5/10/40 limita la exposición máxima a determinados emisores dentro de la cartera. Strub (2019)[12] estudia el problema de replicación de índices bajo restricciones UCITS, mostrando que, si bien estas limitaciones introducen complejidad adicional en el proceso de optimización, también contribuyen a mejorar la robustez de las carteras resultantes al reducir el *out-of-sample* tracking error.

Por último, también es frecuente introducir restricciones de exposición sectorial, especialmente cuando la cartera se gestiona en relación con un índice de referencia. Este tipo de limitación busca evitar desviaciones excesivas en la distribución sectorial de la cartera respecto al benchmark, permitiendo mantener un perfil de riesgo más cercano al del mercado. En este sentido, estudios recientes sobre optimización bajo restricciones regulatorias destacan que los límites sectoriales contribuyen a mejorar la estabilidad de las soluciones y a preservar un mayor grado de diversificación dentro de la cartera que puede ser beneficioso sobretodo en entornos donde ciertos sectores puedan estar sobrevalorados¹.

En conjunto, la literatura sugiere que la incorporación de restricciones en los modelos de optimización no solo responde a requisitos regulatorios o de política de inversión, sino que también puede contribuir a obtener carteras más estables y robustas. Por este motivo, en la práctica de la gestión profesional es habitual combinar el modelo media–varianza con distintos tipos de restricciones destinadas a controlar la concentración, limitar la desviación respecto al benchmark y asegurar un nivel adecuado de diversificación sin por ello renunciar a una rentabilidad relevante ajustada al riesgo.

¹Ver Wyatt et. al. 2014[13]

2.3 Integración de criterios ESG y evidencia empírica sobre su impacto en el desempeño financiero

En los últimos años, la integración de criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) se ha consolidado como uno de los principales desarrollos dentro de la gestión de inversiones. Este enfoque busca complementar el análisis financiero tradicional incorporando información relacionada con la sostenibilidad y el comportamiento responsable de las empresas, con el objetivo de mejorar la evaluación del riesgo y favorecer una asignación de capital más alineada con horizontes de largo plazo.

Desde el punto de vista de la construcción de carteras, la integración de criterios ESG puede materializarse mediante distintos enfoques. Uno de los más extendidos consiste en aplicar filtros o exclusiones sobre determinadas actividades consideradas controvertidas. Otro enfoque habitual es el denominado *best-in-class*, que selecciona las empresas con mejor desempeño ESG dentro de cada sector, permitiendo mantener una estructura de diversificación similar a la del mercado. Más recientemente, la literatura ha explorado la incorporación directa de métricas ESG dentro del proceso de optimización de carteras, ya sea introduciéndolas como restricciones adicionales o integrándolas en la función objetivo del modelo.

La creciente adopción de estrategias de inversión sostenible ha generado un amplio debate académico sobre su impacto en el desempeño financiero. Algunos estudios han comparado el comportamiento de fondos socialmente responsables con fondos tradicionales, encontrando que las diferencias de rentabilidad suelen ser reducidas o estadísticamente no significativas². En un análisis más amplio de la literatura, Friede, Busch y Bassen (2015)[2] realizan un meta-análisis de más de dos mil estudios empíricos y concluyen que, en la mayoría de los casos, la relación entre desempeño ESG y rendimiento financiero corporativo es positiva o neutra.

Desde una perspectiva teórica, Pedersen, Fitzgibbons y Pomorski (2021)[9] desarrollan un modelo de equilibrio que incorpora preferencias por la sostenibilidad dentro del proceso de inversión. Sus resultados muestran que las estrategias ESG pueden afectar tanto a los precios de los activos

²Ver Statman (2000)[11]

como a su rentabilidad esperada, dependiendo de factores como las preferencias de los inversores, la intensidad de los filtros aplicados o el coste de capital de las empresas.

En conjunto, la evidencia empírica sugiere que la incorporación de criterios ESG no implica necesariamente un sacrificio sistemático de rentabilidad, aunque sí introduce nuevas dimensiones en el proceso de selección de activos y en la construcción de carteras. Por este motivo, analizar cómo las restricciones ESG afectan a la frontera eficiente y al comportamiento de las carteras constituye un elemento relevante dentro del análisis empírico desarrollado en este trabajo.

3 Datos y Metodología

En esta sección se describen los datos utilizados y la metodología aplicada para analizar el efecto de la integración de criterios ESG en la construcción de carteras. En primer lugar, se presenta el universo de inversión y las fuentes de información empleadas. Posteriormente, se explica la construcción de las variables financieras y de las métricas ESG utilizadas en el análisis. Finalmente, se detalla el procedimiento de estimación de las rentabilidades esperadas y de la matriz de covarianzas que sirven como inputs para el proceso de optimización de carteras.

3.1 Universo de inversión y fuentes de datos

El universo de inversión considerado en este trabajo está compuesto por los constituyentes actuales del índice MSCI Europe, lo que da lugar a una muestra de aproximadamente 403 empresas. No obstante, se ha excluido del análisis la empresa The Magnum Ice Cream Company, cuya cotización comienza a finales de 2025 y, por tanto, no dispone de un historial temporal suficiente para su inclusión en la estimación de los parámetros del modelo.

Las series de precios de las acciones se obtienen a partir de Yahoo Finance. En concreto, se utilizan precios ajustados, que incorporan el efecto de dividendos y otros eventos corporativos, permitiendo aproximar la rentabilidad total de cada activo. En aquellos casos en los que algunas compañías presentan series históricas más cortas, se utilizan las observaciones disponibles sin imponer una depuración adicional del universo, de modo que la estimación de los parámetros se realiza con la información efectivamente observable para cada activo³.

Finalmente se computan las rentabilidades mensuales de cada activo abarcando como período desde 2015 hasta cierre de 2025. Cabe destacar que se seleccionan aquellas empresas actualmente operativas, con lo que se incurre en sesgo de supervivencia.

Las métricas ESG utilizadas en el análisis proceden de London Stock Exchange Group (LSEG). En particular, se emplea el indicador agregado *ESG Score*, que evalúa cómo las empresas gestio-

³En la siguiente sección se detalla el caso particular de aquellas observaciones cuyo histórico observable no alcanza el total del período estudiado.

nan los riesgos ambientales, sociales y de gobernanza materiales dentro de sus operaciones y de su cadena de suministro. Este indicador no pretende medir únicamente el grado de divulgación de información no financiera, sino también la calidad de las políticas, sistemas y procesos mediante los cuales la empresa aborda dichos riesgos.

La metodología de LSEG se basa en más de 220 indicadores obtenidos a partir de información pública corporativa, como informes anuales, memorias de sostenibilidad, presentaciones corporativas, páginas web de las compañías y datos procedentes de iniciativas especializadas como CDP (Carbon Disclosure Project). Estos indicadores se agrupan en 12 temas específicos y posteriormente en tres pilares principales: *Environmental*, *Social* y *Governance*. Entre los temas analizados se incluyen, entre otros, transición climática, uso de recursos, relaciones laborales, salud y seguridad, derechos humanos, estructura del consejo, derechos de los accionistas y conducta empresarial.

Un elemento central de la metodología es la incorporación de criterios de materialidad sectorial. LSEG asigna a cada compañía un grupo de materialidad en función de su clasificación sectorial TRBC (Thomson Reuters Business Classification), y también tiene en cuenta las líneas de negocio que representan una parte significativa de los ingresos. A partir de esta clasificación, los distintos temas ESG reciben pesos diferentes en función de su relevancia económica para cada sector. De este modo, la puntuación final no se obtiene como una media simple de todos los indicadores, sino como una agregación ponderada que refleja qué dimensiones ESG son más materiales para la actividad de cada empresa. En consecuencia, empresas pertenecientes a sectores diferentes pueden obtener puntuaciones ESG similares aun enfrentándose a riesgos ESG distintos, ya que la evaluación se realiza teniendo en cuenta la materialidad específica de cada industria.

Asimismo, la metodología combina dos dimensiones de análisis: por un lado, la exposición o impacto potencial de la empresa frente a una determinada cuestión ESG y, por otro, la calidad de su gestión para mitigar dichos riesgos. En consecuencia, el *ESG Score* de LSEG puede interpretarse como una medida sintética del desempeño relativo de cada compañía en materia de sostenibilidad, construida a partir de información pública y ajustada por materialidad sectorial.

3.2 Estimación de rentabilidades y matriz de covarianzas

La construcción de carteras requiere estimar tanto el vector de rentabilidades esperadas como la matriz de covarianzas entre los activos del universo de inversión.

Las rentabilidades esperadas se estiman a partir del comportamiento acumulado de las rentabilidades mensuales observadas para cada activo. En particular, para cada activo se calcula una tasa de crecimiento anual (CAGR) compuesta a partir del producto acumulado de las rentabilidades mensuales disponibles.

Formalmente, la rentabilidad esperada del activo i se estima como:

$$\mu_i = \left(\prod_{t=1}^{T_i} (1 + r_{i,t}) \right)^{\frac{12}{T_i}} - 1,$$

donde $r_{i,t}$ representa la rentabilidad mensual del activo i en el período t y T_i el número de observaciones disponibles para dicho activo. Esta transformación permite anualizar la rentabilidad geométrica teniendo en cuenta la longitud efectiva de cada serie temporal dado no todas las empresas disponen de datos para todo el período estudiado.

Por su parte, la matriz de covarianzas se calcula a partir de las rentabilidades mensuales de los activos utilizando el estimador muestral estándar. Con el fin de garantizar la validez numérica de la matriz utilizada en el proceso de optimización, se aplica un ajuste basado en el procedimiento propuesto por Higham (1988)[3], mediante el cual la matriz se proyecta sobre el conjunto de matrices semidefinidas positivas, obteniendo la matriz semidefinida positiva más cercana a la estimación original en norma de Frobenius.

3.3 Modelos de optimización y restricciones aplicadas

La construcción de carteras se realiza dentro del marco de optimización media-varianza propuesto por Markowitz (1952)[7]. En este contexto, el objetivo consiste en determinar la combinación de activos que maximiza la rentabilidad esperada para un nivel dado de riesgo. Para ello, se construye una frontera eficiente restringida resolviendo una serie de problemas de optimización en los que se maximiza la rentabilidad esperada de la cartera sujeta a distintos niveles objetivo de volatilidad.

Formalmente, el problema de optimización puede expresarse como:

$$\max_w w' \mu$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1$$

$$\sqrt{w' \Sigma w} = \sigma_{target}$$

donde w representa el vector de pesos de la cartera, μ el vector de rentabilidades esperadas estimadas a partir de los datos históricos, Σ la matriz de covarianzas entre los activos y N representa el número total de activos en el universo de inversión.

Con el fin de reflejar de forma más realista las condiciones en las que operan los gestores institucionales, el proceso de optimización incorpora diversas restricciones adicionales. En primer lugar, se impone una restricción de no ventas en corto, de modo que los pesos de los activos deben ser no negativos:

$$w_i \geq 0 \quad \forall i = 1, \dots, N$$

Asimismo, se establece un límite máximo de concentración del 10% por activo, en línea con las prácticas habituales de diversificación en carteras institucionales:

$$w_i \leq 0,10 \quad \forall i = 1, \dots, N$$

Además, se incorpora la conocida regla UCITS 5/10/40, según la cual ninguna posición individual puede superar el 10% del patrimonio del fondo y el conjunto de posiciones cuyo peso exceda el 5% no puede superar el 40% del total de la cartera. Formalmente, esta restricción puede expresarse como:

$$\sum_{i \in \{i: w_i > 0,05\}} w_i \leq 0,40$$

En la implementación numérica del modelo, esta condición se aproxima mediante una función suavizada de tipo logístico, lo que permite mejorar la estabilidad y la velocidad de convergencia del algoritmo SLSQP empleado en la optimización. La razón es que la formulación exacta de la regla 5/10/40 introduce una discontinuidad en el umbral del 5 %, lo que dificulta la evaluación de derivadas y empeora el comportamiento numérico del optimizador. En cambio, la aproximación suavizada proporciona una versión continua y diferenciable de la restricción, más adecuada para un método como SLSQP, que se apoya en información local de gradiente para resolver el problema de optimización.⁴.

El modelo también incorpora una restricción de *tracking error* respecto al índice de referencia, con el objetivo de limitar la desviación de la cartera frente al mercado. El *tracking error* se define como la desviación estándar de la diferencia entre las rentabilidades de la cartera y las del índice de referencia. En términos matriciales, esta restricción puede escribirse como:

$$\sqrt{(w - w_b)' \Sigma (w - w_b)} \leq TE_{\text{máx}}$$

donde w_b representa el vector de pesos del benchmark y $TE_{\text{máx}}$ el nivel máximo permitido de *tracking error*, fijado en este trabajo en un 3 %. Dicho valor, es suficiente como para permitir al optimizador encontrar soluciones frente a las restricciones de *ESG Score*, pero a su vez suficientemente pequeño como para no ser considerado como gestión activa.

Adicionalmente, se incluyen restricciones de exposición sectorial con el fin de evitar desviaciones excesivas respecto a la composición del índice de referencia. Si denotamos por S_k el conjunto de activos pertenecientes al sector k , la restricción puede expresarse como:

$$\sum_{i \in S_k} w_i \leq 1,1 w_{S_k}^b$$

donde $w_{S_k}^b$ representa el peso del sector k en el índice de referencia. En este caso, el peso sectorial máximo permitido se fija en el peso que tiene en el propio índice, más un 10 % dado la imagen

⁴La fórmula finalmente aplicada ha sido: $0,40 - \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{1 + e^{-k(w_i - 0,05)}} \right) w_i$. Esta aproximación utiliza una función logística que actúa como una versión continua del indicador $w_i > 0,05$, de modo que los pesos claramente por debajo del umbral reciben un valor cercano a cero, mientras que aquellos por encima del 5 % reciben un valor cercano a uno.

actual de los sectores puede no corresponderse con los movimientos que han ido teniendo los mismos en la última década.

Finalmente, el problema de optimización se resuelve mediante métodos de optimización numérica utilizando el algoritmo Sequential Least Squares Programming (SLSQP), que permite manejar de forma eficiente restricciones tanto de igualdad como de desigualdad. La frontera eficiente se construye resolviendo el problema para distintos niveles objetivo de volatilidad, lo que permite analizar el comportamiento de las carteras resultantes bajo diferentes perfiles de riesgo.

3.4 Estrategias de integración ESG analizadas

Con el objetivo de analizar el impacto de los criterios de sostenibilidad en la construcción de carteras, el estudio considera dos estrategias de integración ESG ampliamente utilizadas en la práctica de la gestión de activos: el *ESG screening* y la imposición de una restricción sobre el *ESG score* medio de la cartera.

3.4.1 ESG screening

La primera estrategia consiste en aplicar un proceso de exclusión basado en umbrales mínimos de sostenibilidad. Bajo este enfoque, únicamente se permite la inversión en aquellas empresas cuyo *ESG score* supera un determinado nivel mínimo. Formalmente, esta restricción puede expresarse como:

$$w_i = 0 \quad \text{si} \quad ESG_i < T$$

donde ESG_i representa la puntuación ESG de la empresa i y T es el umbral mínimo exigido. De este modo, los activos con una puntuación inferior al umbral quedan excluidos del universo de inversión.

En el análisis empírico se consideran tres niveles de exigencia ESG, correspondientes a los valores $T = 0$, $T = 50$, $T = 60$ y $T = 70$. El primer caso ($T = 0$) reproduce el universo completo de inversión y actúa como referencia sin restricciones ESG, mientras que los valores superiores introducen grados crecientes de exclusión de empresas con menor desempeño en sostenibilidad.

3.4.2 Restricción sobre el ESG medio de la cartera

La segunda estrategia consiste en imponer un nivel mínimo de sostenibilidad a nivel agregado de cartera. En lugar de excluir empresas del universo de inversión, esta aproximación exige que el *ESG score* medio ponderado por pesos de la cartera supere un determinado umbral mínimo.

Matemáticamente, la restricción puede expresarse como:

$$\sum_{i=1}^N w_i ESG_i \geq T$$

donde w_i representa el peso del activo i en la cartera y ESG_i su puntuación ESG correspondiente. De esta forma, el modelo de optimización se ve obligado a asignar mayor peso a empresas con mejor desempeño en sostenibilidad con el fin de cumplir la restricción agregada.

En este caso se consideran tres niveles de exigencia ESG para la puntuación media de la cartera, correspondientes a $T = 0$, $T = 77,5$ y $T = 80$. El primer valor actúa nuevamente como escenario base sin restricción ESG, mientras que los niveles superiores obligan a construir carteras con un perfil de sostenibilidad progresivamente más elevado.

Finalmente, cabe destacar que no se incorporan restricciones de iliquidez, dado que se trata de empresas cotizadas pertenecientes a uno de los índices más líquidos del mercado. Esta consideración sería distinta en el caso de activos alternativos o de determinados instrumentos de renta fija.

4 Resultados

Este capítulo presenta los resultados empíricos obtenidos a partir del modelo de optimización descrito en el capítulo anterior. En primer lugar, se analiza la frontera eficiente obtenida bajo restricciones financieras, que sirve como punto de referencia para el resto del análisis. Posteriormente, se estudia el impacto de la aplicación de criterios de screening ESG sobre la eficiencia de las carteras. Finalmente, se examina cómo la incorporación de restricciones basadas en el score ESG medio permite construir carteras con niveles de sostenibilidad elevados sin penalizar de forma significativa el binomio rentabilidad-riesgo.

4.1 Frontera Eficiente Base

Como punto de partida del análisis empírico, se construye la frontera eficiente utilizando exclusivamente criterios financieros y las restricciones descritas en el capítulo anterior, sin incorporar todavía ningún tipo de restricción relacionada con criterios ESG. Esta frontera eficiente actúa como benchmark para el resto del análisis, ya que permite evaluar posteriormente cómo la introducción de criterios de sostenibilidad modifica el conjunto de combinaciones óptimas de riesgo y rentabilidad.

La construcción de la frontera eficiente se realiza resolviendo el problema de optimización media-varianza bajo las restricciones financieras y regulatorias descritas previamente. En particular, el modelo incorpora limitaciones de no ventas en corto, un límite máximo de concentración por activo del 10%, la regla de diversificación UCITS 5/10/40, restricciones de exposición sectorial respecto al índice de referencia y una limitación de tracking error del 3%. Estas restricciones buscan aproximar el proceso de optimización a las condiciones reales bajo las que operan los gestores institucionales.

Con el objetivo de evaluar el impacto de las distintas restricciones financieras consideradas en el modelo, se ha estimado el coste asociado a su incorporación de forma individual dentro del proceso de optimización. Los resultados de la Figura 1 muestran que cada una de estas limitaciones reduce la eficiencia de la cartera en distinta magnitud. En particular, la restricción UCITS supone una pérdida aproximada de 271 puntos básicos, mientras que la restricción sectorial genera una reducción más significativa, cercana a los 955 puntos básicos. Por su parte, la limitación del *trac-*

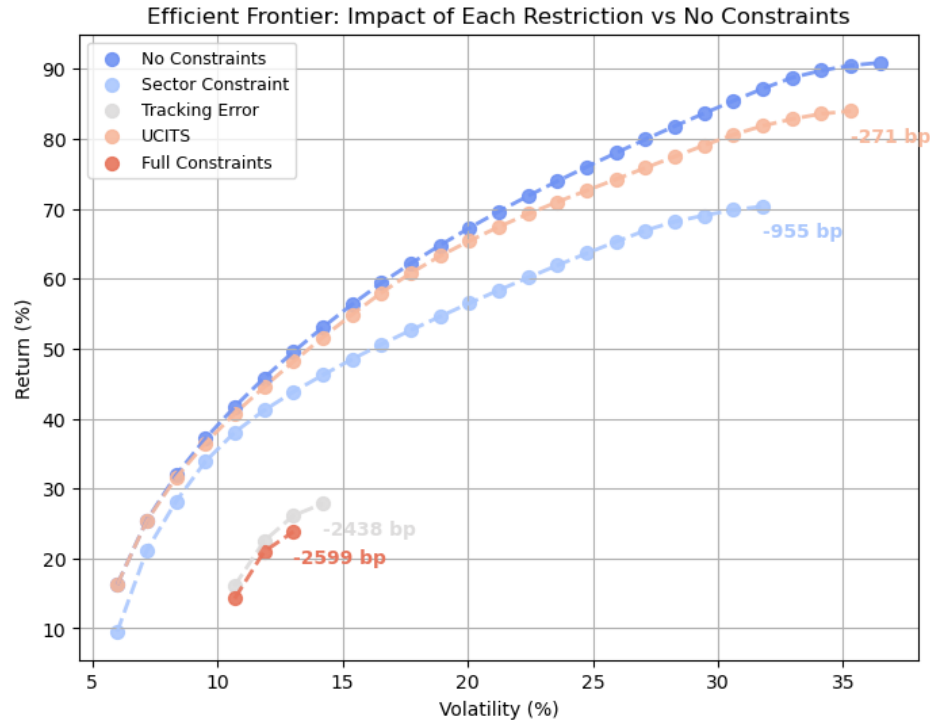


Figura 1: Frontera Eficiente Base

king error resulta ser la restricción más restrictiva desde el punto de vista financiero, con un coste estimado de 2.438 puntos básicos. Cuando todas las restricciones se aplican de manera conjunta, la pérdida de eficiencia alcanza aproximadamente los 2.599 puntos básicos.

Restriction Applied	Sharpe Ratio
No Constraints	3,632664
UCITS	3,539880
Sector Constraint	3,290505
Tracking Error	1,783761
Full Constraints	1,618018

Cuadro 1: Comparativa Impacto Restricción

Finalmente, también se decide estudiar el efecto que cada restricción tiene sobre el binomio rentabilidad-riesgo. Aunque la evaluación previa ya anticipaba estos efectos, destaca la significativa reducción del *Sharpe Ratio* asociada a la incorporación de restricciones, lo que pone de manifiesto

la relevancia del problema inicial que se plantea.

Este resultado es coherente con la naturaleza de cada restricción. Mientras que los límites UCITS afectan principalmente al grado de concentración de las carteras, las restricciones sectoriales y, especialmente, el control del *tracking error* limitan de forma más intensa la capacidad del optimizador para desviarse del benchmark y explotar plenamente las oportunidades de diversificación y rentabilidad presentes en el universo de inversión.

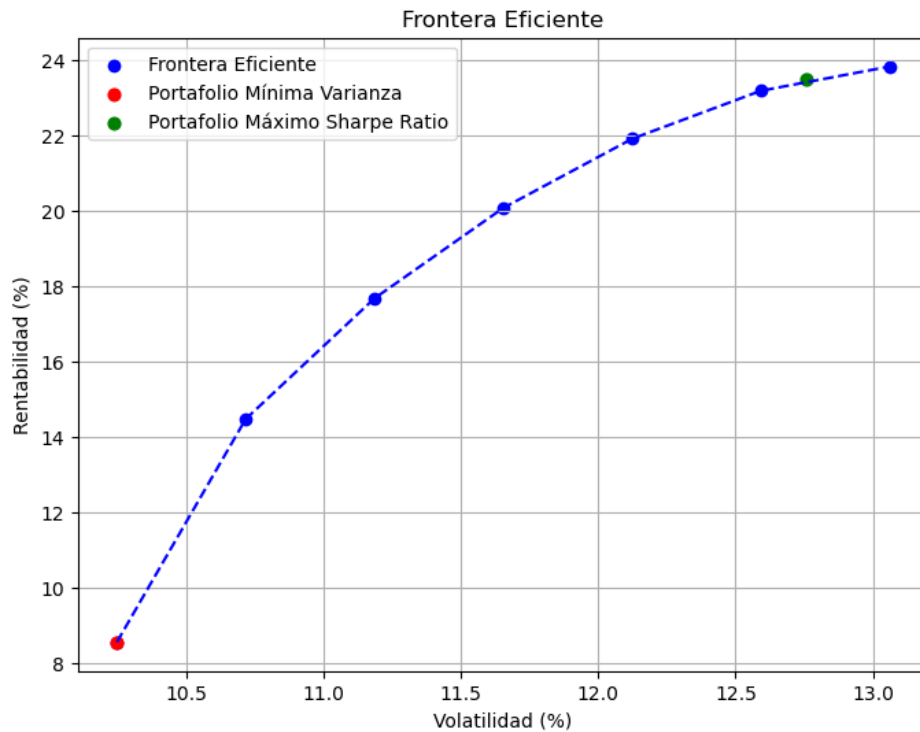


Figura 2: Frontera Eficiente Base

En particular, la frontera resultante de la Figura 2 constituye el punto de referencia frente al cual se evaluará el impacto de las distintas estrategias de integración ESG analizadas en las secciones siguientes. Cualquier desplazamiento de la frontera eficiente respecto a esta situación inicial permitirá observar cómo las restricciones de sostenibilidad afectan al conjunto de oportunidades de inversión y, por tanto, a la eficiencia riesgo–rentabilidad de las carteras resultantes.

4.2 Impacto del *screening* ESG en la eficiencia de las carteras

Una vez establecida la frontera eficiente base, el siguiente paso consiste en analizar cómo se ve afectada la eficiencia de las carteras cuando se incorporan criterios de sostenibilidad a través de una estrategia de *screening* ESG. Como se ha expuesto en el capítulo metodológico, este enfoque consiste en excluir del universo de inversión aquellas empresas cuyo *ESG score* se sitúa por debajo de un determinado umbral mínimo. En consecuencia, a medida que el nivel de exigencia ESG aumenta, el conjunto de activos elegibles para la optimización se reduce progresivamente.

Desde un punto de vista económico, el *screening* ESG introduce una restricción adicional en el problema de optimización. Mientras que en el caso base el modelo puede seleccionar cualquier activo del universo original, bajo este enfoque una parte de las empresas queda directamente excluida antes de que comience el proceso de asignación de pesos. Esto implica que el optimizador dispone de un conjunto más limitado de combinaciones posibles, lo que limita la capacidad del modelo para identificar combinaciones óptimas entre rentabilidad y riesgo.

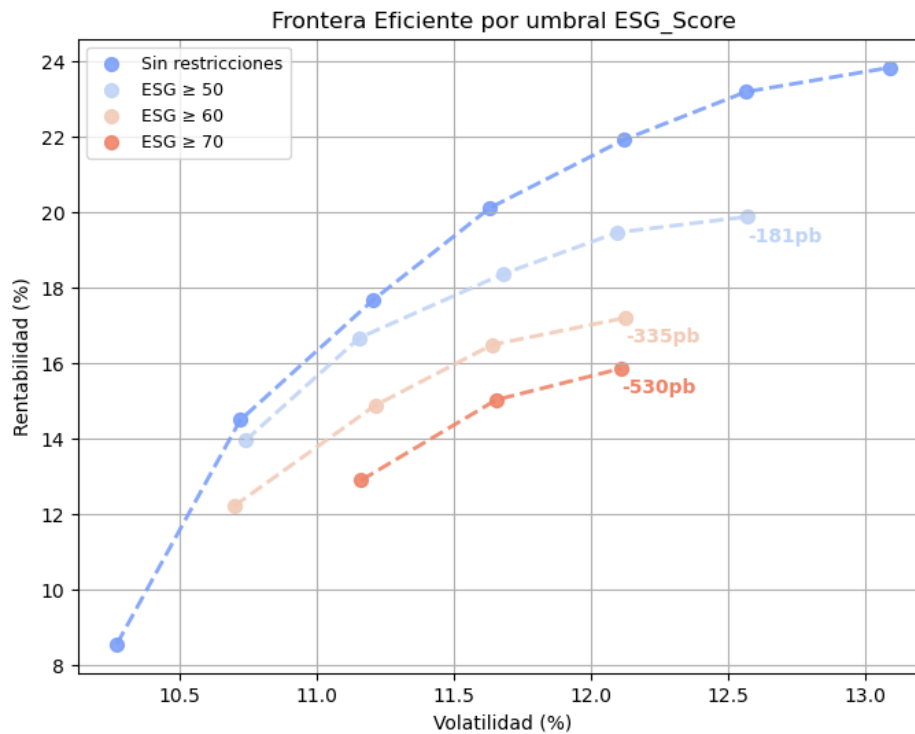


Figura 3: Fronteras ESG-Eficientes

La Figura 3 compara la frontera eficiente base con las fronteras obtenidas al aplicar distintos niveles de *screening* ESG. Como era previsible, se observa un desplazamiento progresivo de la frontera hacia el interior a medida que aumenta el grado de exigencia en términos de sostenibilidad. Este desplazamiento refleja una reducción en la eficiencia riesgo–rentabilidad de las carteras disponibles cuando se limita el universo de inversión a empresas con mayores puntuaciones ESG.

En particular, ya en el primer nivel de *screening* se aprecia una pérdida aproximada de 181 puntos básicos anualizados en términos de rentabilidad esperada para niveles comparables de riesgo. Este resultado resulta especialmente relevante si se tiene en cuenta que la frontera base presenta un *ESG score* mínimo de 43, de modo que un incremento relativamente moderado del umbral ESG, de apenas siete puntos, ya genera un deterioro apreciable en la rentabilidad esperada de las carteras eficientes.

A medida que el nivel de *screening* aumenta, este efecto se intensifica, alcanzando pérdidas de 530 puntos básicos anualizados en comparación con la frontera base. Además del desplazamiento de la frontera, también se observa una reducción del rango de volatilidades para las que existe una solución factible dentro del problema de optimización. Este fenómeno es consecuencia directa de la disminución del número de activos disponibles para la construcción de carteras, lo que limita las posibilidades de diversificación y reduce el espacio de soluciones factibles del modelo.

Este desplazamiento de la frontera eficiente es coherente con el mecanismo descrito anteriormente. Al reducirse el número de activos disponibles, disminuyen las posibilidades de diversificación y se contrae el espacio de soluciones factibles del modelo.

Este efecto puede observarse con mayor claridad al analizar la evolución del ratio de Sharpe máximo alcanzable bajo cada nivel de *screening* ESG. Como se ha señalado en el capítulo anterior, el ratio de Sharpe constituye una medida sintética de eficiencia riesgo–rentabilidad, ya que relaciona la rentabilidad excedente esperada de la cartera con su volatilidad. Por ello, su comparación entre distintos escenarios permite evaluar hasta qué punto las restricciones ESG alteran la calidad financiera de la mejor cartera factible en cada caso.

La Figura 4 presenta la evolución del ratio de Sharpe máximo para los distintos umbrales de *screening* ESG considerados en el análisis. Junto a ello, el gráfico también recoge el porcentaje

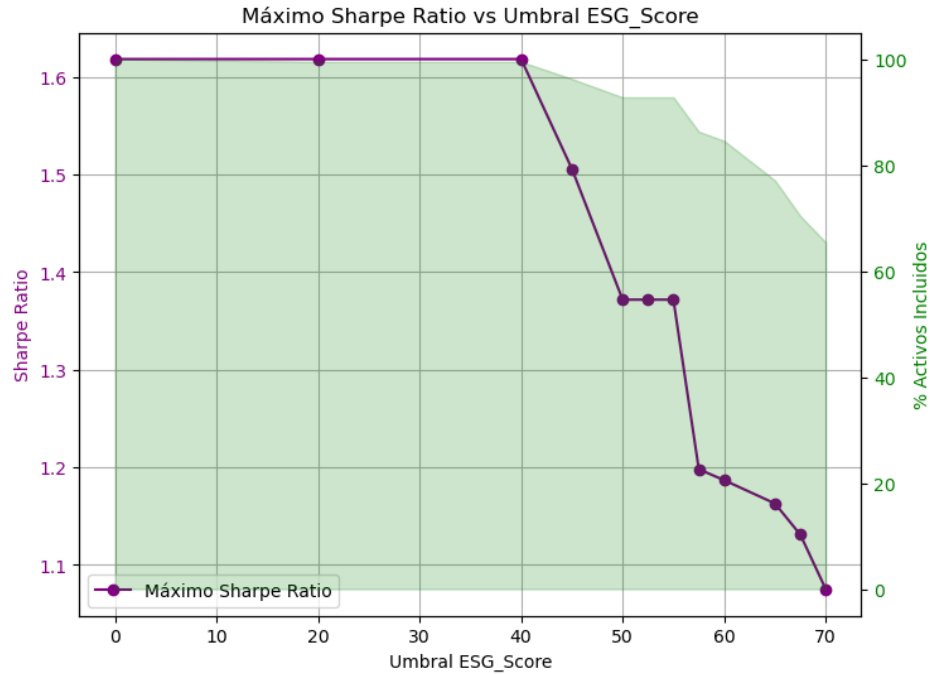


Figura 4: Sharpe Ratio Screening ESG

de activos del universo original que permanece disponible tras aplicar cada umbral, lo que permite relacionar la pérdida de eficiencia con la reducción efectiva del conjunto de inversión.

Como se ha señalado anteriormente, la frontera eficiente base, sin restricciones ESG, presenta ya un *ESG score* mínimo cercano a 43. En consecuencia, para niveles de exigencia inferiores a dicho valor no se observa ninguna variación en el ratio de Sharpe máximo alcanzable, dado que el conjunto de activos elegibles permanece inalterado.

A partir de ese punto, sin embargo, el aumento del umbral ESG comienza a restringir progresivamente el universo de inversión, lo que se traduce en una reducción apreciable del ratio de Sharpe máximo. En particular, se observa una caída pronunciada hasta niveles próximos a un *ESG score* de 50, a partir de los cuales el ratio de Sharpe tiende a estabilizarse alrededor de un valor aproximado de 1.37.

Finalmente, para umbrales ESG superiores a 70 el optimizador deja de encontrar soluciones factibles bajo el conjunto de restricciones impuestas en el modelo. En este nivel de exigencia, aproximadamente un 64 % de los activos del universo inicial permanece disponible tras la aplicación del *screening*, lo que sugiere que la combinación de restricciones financieras y de sostenibilidad reduce significativamente el espacio de carteras factibles, dando como resultado un Sharpe máximo de 1,1.

Este resultado es coherente con la literatura revisada en el capítulo teórico. Como señalan diversos trabajos, la imposición de restricciones adicionales en el proceso de optimización reduce el conjunto de soluciones disponibles y puede desplazar la frontera eficiente. En el caso concreto del *screening* ESG, esta restricción adopta una forma especialmente intensa, ya que no actúa únicamente sobre los pesos de los activos, sino sobre la propia elegibilidad de los mismos. Así, cuanto más severo es el filtro aplicado, menor es el margen de maniobra del optimizador y más probable resulta observar un deterioro en la combinación óptima entre rentabilidad esperada y riesgo.

En conjunto, los resultados de esta sección sugieren que la integración ESG mediante estrategias de exclusión genera un deterioro de la eficiencia financiera, cuya magnitud depende del grado de severidad del *screening* aplicado. La evidencia gráfica apunta a que este efecto está estrechamente vinculado a la reducción del universo de inversión disponible y, por tanto, a la pérdida de diversificación asociada. Este hallazgo resulta especialmente relevante, ya que indica que no todas las formas de integración ESG tienen el mismo coste económico y anticipa la conveniencia de analizar enfoques alternativos que permitan elevar el nivel de sostenibilidad de la cartera sin restringir de forma tan intensa el conjunto de activos elegibles.

4.3 Restricción sobre el *ESG score* medio de la cartera

Una vez analizado el impacto del *screening* ESG sobre la eficiencia de las carteras, se analiza una segunda metodología de integración ESG basada en la imposición de un umbral mínimo sobre el *ESG score* medio de la cartera. A diferencia del enfoque anterior, este método no excluye empresas del universo de inversión, sino que obliga al proceso de optimización a construir carteras cuyo nivel medio de sostenibilidad supere un determinado umbral mínimo. De este modo, el optimizador conserva un mayor grado de flexibilidad para combinar activos y explotar los beneficios de la diversificación.

La Figura 5 compara la frontera eficiente base con las fronteras obtenidas al imponer distintos niveles mínimos de *ESG score* medio en la cartera. Esta representación permite evaluar cómo afecta esta restricción agregada al conjunto de carteras eficientes disponibles.

En primer lugar, cabe destacar que el *ESG score* medio de la frontera eficiente base, sin restricciones ESG, se sitúa en torno a 74. Este resultado es especialmente relevante, ya que, pese a

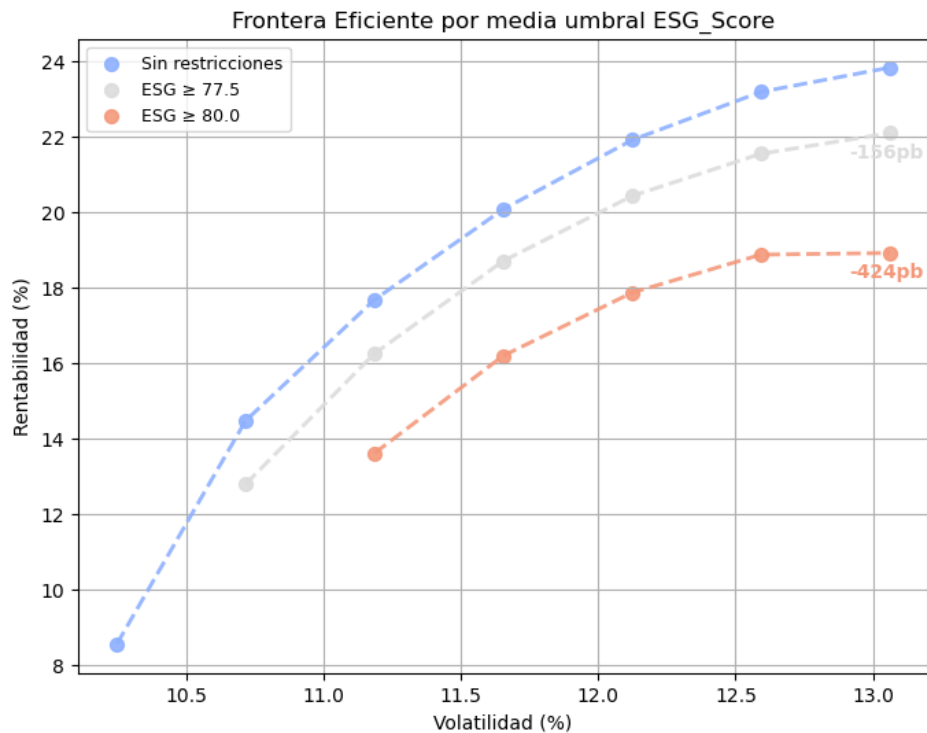


Figura 5: Frontera Eficiente promedio ESG

que el *ESG score* mínimo observado en dicha frontera es de 43, el promedio agregado de las carteras eficientes alcanza niveles de sostenibilidad relativamente elevados. De hecho, este nivel medio de ESG ya supera valores que, en el caso del *screening* ESG, únicamente podían alcanzarse mediante umbrales cercanos a 70, los cuales implicaban un coste aproximado de 530 puntos básicos anualizados en términos de rentabilidad esperada.

En segundo lugar, la imposición de una restricción sobre el *ESG score* medio de la cartera permite alcanzar niveles de sostenibilidad significativamente superiores a los observados en el escenario base, pero con un impacto financiero más moderado que en el caso del *screening*. En particular, al exigir un *ESG score* medio de 80, valor próximo al tercer cuartil de la distribución, la pérdida de rentabilidad esperada se sitúa en torno a 424 puntos básicos anualizados. No obstante, si se relaja ligeramente esta exigencia hasta un nivel cercano a 77.5, la pérdida se reduce de forma notable hasta aproximadamente 136 puntos básicos.

Desde una perspectiva económica, estos resultados sugieren que la metodología basada en restricciones sobre el *ESG score* medio permite alcanzar niveles elevados de sostenibilidad manteniendo una penalización relativamente limitada en términos de rentabilidad esperada. Aunque la

imposición de un umbral mínimo obliga al modelo a favorecer empresas con mejores puntuaciones ESG, lo que introduce cierta pérdida de eficiencia financiera, el universo de inversión permanece intacto, lo que permite al optimizador conservar una mayor capacidad para explotar las correlaciones entre activos y preservar la diversificación de la cartera. En consecuencia, el desplazamiento de la frontera eficiente tiende a ser considerablemente más moderado que en el caso de las estrategias basadas en exclusión. En otras palabras, pequeñas reducciones en el objetivo ESG pueden traducirse en mejoras significativas en el perfil riesgo–rentabilidad de la cartera, lo que pone de manifiesto la importancia de la forma en que se implementan los criterios de sostenibilidad dentro del proceso de optimización.

Este efecto se observa con mayor claridad al analizar la evolución del ratio de Sharpe máximo alcanzable bajo cada nivel de exigencia ESG. La Figura 6 presenta dicha evolución, permitiendo comparar la eficiencia riesgo–rentabilidad de la mejor cartera factible para cada umbral de sostenibilidad considerado.

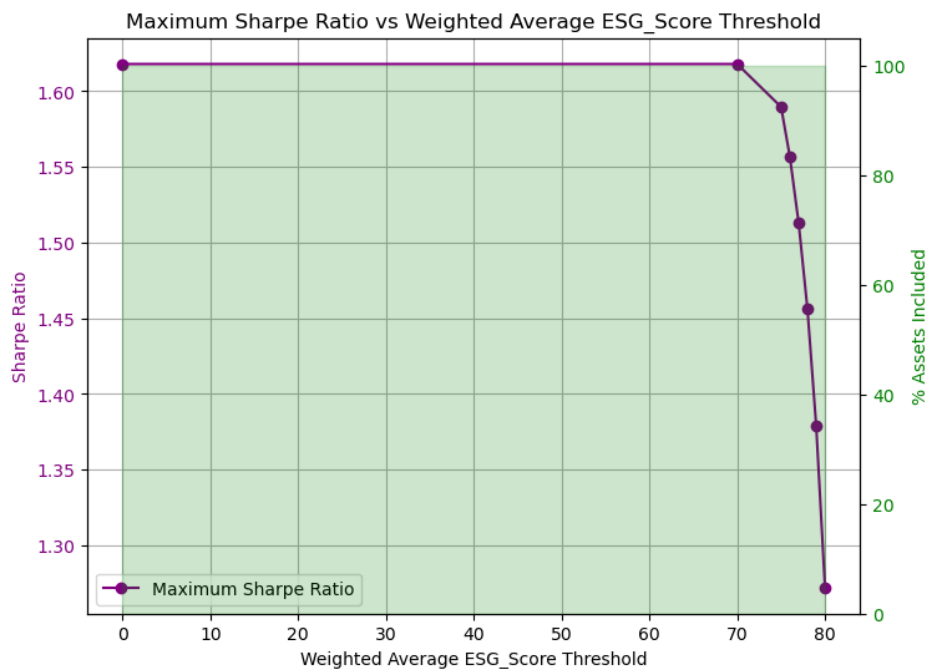


Figura 6: Sharpe Ratio Promedio ESG

En este caso, el gráfico muestra que no se observa una pérdida en el ratio de Sharpe máximo hasta alcanzar un *ESG score* medio cercano a 75. Este resultado se explica porque el nivel medio de

sostenibilidad de la frontera eficiente base se sitúa aproximadamente en 74, por lo que incrementos moderados en el requisito ESG no restringen de forma significativa el la región factible para el optimizador.

No obstante, el margen de optimización resulta relativamente estrecho, ya que el modelo únicamente logra encontrar soluciones factibles hasta niveles de *ESG score* medio próximos a 80. A partir de ese punto, la combinación de restricciones financieras y de sostenibilidad limita el conjunto de carteras posibles, impidiendo al optimizador identificar nuevas soluciones eficientes.

La evidencia obtenida sugiere que la restricción sobre el *ESG score* medio de la cartera permite incrementar el nivel de sostenibilidad sin provocar una contracción significativa del espacio de soluciones factibles. Al no eliminar activos del universo de inversión, el modelo conserva una mayor capacidad para ajustar los pesos entre empresas con distintos perfiles ESG y financieros, lo que contribuye a preservar en mayor medida la eficiencia de las carteras.

4.4 Análisis desagregado por pilares ESG

Con el objetivo de profundizar en el impacto de los criterios de sostenibilidad sobre la eficiencia de las carteras, se ha extendido el análisis previo considerando de forma independiente cada uno de los pilares ESG (*Environmental, Social y Governance*), además del *ESG score* agregado. En particular, se ha analizado la evolución del ratio de Sharpe máximo alcanzable bajo distintos niveles de exigencia para cada uno de estos indicadores con el fin de estudiar la materialidad del impacto.

La Figura 7 recoge la evolución del ratio de Sharpe máximo en función del umbral mínimo exigido para cada uno de los scores considerados. En primer lugar, se observa que, para niveles de exigencia bajos o moderados (hasta aproximadamente valores de 70), no se producen variaciones significativas en el ratio de Sharpe, independientemente del indicador utilizado. Este resultado es coherente con el hecho de que las carteras eficientes en ausencia de restricciones ya presentan niveles relativamente elevados de sostenibilidad en promedio, lo que implica que restricciones poco exigentes no alteran de forma significativa el conjunto de activos seleccionables.

A partir de estos niveles, sin embargo, comienzan a observarse diferencias relevantes entre los

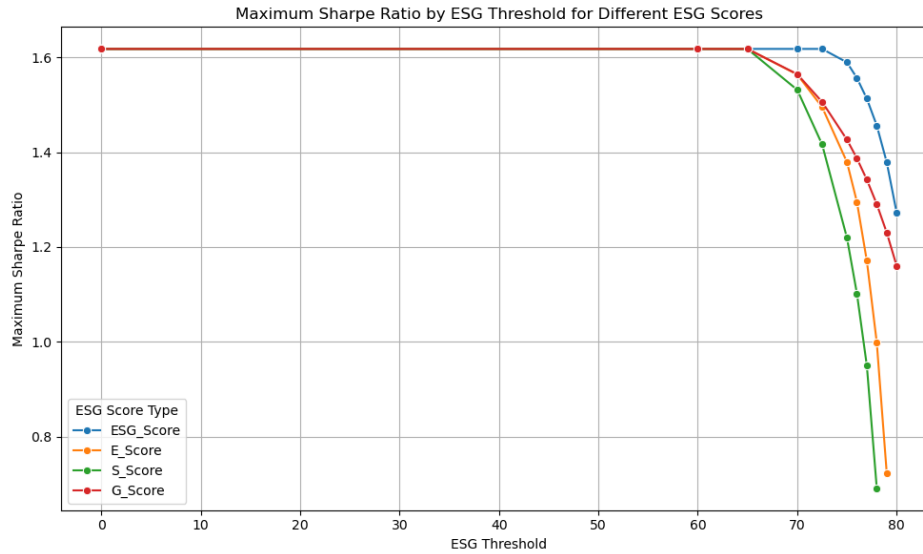


Figura 7: Sharpe Ratio por pilares ESG

distintos pilares. En el caso del *ESG score* agregado, la caída del ratio de Sharpe es progresiva y relativamente moderada, pasando de niveles cercanos a 1,62 hasta aproximadamente 1,27 para umbrales en torno a 80. Este comportamiento sugiere que el uso de un indicador agregado permite al optimizador mantener un mayor grado de flexibilidad, compensando puntuaciones más bajas en un pilar con mejores resultados en otros.

Por el contrario, cuando las restricciones se aplican de forma individual sobre cada pilar, la pérdida de eficiencia resulta considerablemente más acusada. En particular, el pilar *Social* muestra la mayor sensibilidad, con una caída pronunciada del ratio de Sharpe a partir de niveles de exigencia superiores a 70, alcanzando valores inferiores a 1 para umbrales cercanos a 78. Este resultado indica que la restricción ambiental limita de forma significativa el universo de inversión, reduciendo notablemente las posibilidades de diversificación.

El pilar *Environmental* presenta, nuevamente, un comportamiento similar, aunque ligeramente menos extremo en los primeros niveles de exigencia, si bien también conduce a una rápida degradación del ratio de Sharpe y a la ausencia de soluciones factibles para umbrales elevados. Por su parte, el pilar *Governance* muestra un impacto más moderado, con una reducción más gradual del ratio de Sharpe, que se mantiene en niveles relativamente elevados incluso para umbrales cercanos a 80.

Desde una perspectiva económica, estos resultados ponen de manifiesto que la materialidad de cada dimensión ESG no es homogénea y que su impacto sobre la eficiencia de las carteras depende de la distribución de puntuaciones dentro del universo de inversión. En particular, la imposición de restricciones sobre pilares individuales puede resultar significativamente más restrictiva que el uso de un indicador agregado, al limitar la capacidad del optimizador para compensar entre dimensiones.

En conjunto, la evidencia sugiere que la utilización del *ESG score* agregado constituye una aproximación más flexible desde el punto de vista de la optimización, mientras que las restricciones sobre pilares individuales pueden implicar un coste financiero significativamente mayor. Este resultado refuerza la idea de que la forma en que se implementan los criterios ESG resulta determinante para el equilibrio entre sostenibilidad y eficiencia financiera en la construcción de carteras.

5 Conclusiones

El presente trabajo ha analizado el impacto de la integración de criterios ambientales, sociales y de gobernanza (ESG) en la construcción de carteras de renta variable europea dentro de un marco de optimización media–varianza sujeto a restricciones financieras y regulatorias realistas. A diferencia de gran parte de la literatura teórica, el análisis se ha desarrollado incorporando limitaciones habituales en la práctica profesional, como restricciones de concentración, control de *tracking error*, límites sectoriales y criterios UCITS de diversificación. Esto ha permitido aproximar el estudio a las condiciones reales bajo las que operan los gestores institucionales.

Los resultados obtenidos muestran, en primer lugar, que las restricciones financieras tradicionales ya generan por sí mismas una reducción significativa de la eficiencia de las carteras respecto al caso teórico sin limitaciones. En particular, la restricción de *tracking error* respecto al benchmark se identifica como el principal factor limitante dentro del proceso de optimización, reduciendo de forma notable la capacidad del modelo para desviarse del índice y aprovechar plenamente las oportunidades de diversificación y generación de rentabilidad ajustada al riesgo.

Sobre esta base, el trabajo evidencia que la incorporación de criterios ESG también implica un coste económico en términos de eficiencia financiera, aunque dicho coste depende de forma relevante de la metodología de integración utilizada. En el caso del *screening* ESG, la exclusión progresiva de empresas con menores puntuaciones de sostenibilidad reduce el universo de inversión disponible y limita la capacidad de diversificación del optimizador. Como consecuencia, la frontera eficiente se desplaza hacia el interior y se observa una disminución significativa tanto de la rentabilidad esperada como del ratio de Sharpe máximo alcanzable. Este deterioro se intensifica a medida que aumenta el nivel de exigencia ESG, llegando incluso a eliminar soluciones factibles bajo determinados umbrales.

Sin embargo, el trabajo también muestra que no todas las estrategias ESG generan el mismo nivel de penalización financiera. La metodología basada en imponer restricciones sobre el *ESG score* medio de la cartera permite alcanzar niveles elevados de sostenibilidad preservando en mayor medida la eficiencia riesgo–rentabilidad. Al mantener intacto el universo de inversión, el optimizador

conserva una mayor capacidad para explotar las correlaciones entre activos y ajustar los pesos de la cartera de forma más eficiente. En consecuencia, el desplazamiento de la frontera eficiente resulta considerablemente más moderado que en las estrategias basadas en exclusión.

Asimismo, el análisis desagregado por pilares ESG pone de manifiesto que el impacto financiero de las restricciones no es homogéneo entre dimensiones ambientales, sociales y de gobernanza. Mientras que el uso del *ESG score* agregado ofrece mayor flexibilidad al proceso de optimización, las restricciones aplicadas de forma individual sobre determinados pilares, especialmente el componente social y ambiental, generan pérdidas de eficiencia significativamente mayores. Este resultado sugiere que la materialidad y distribución de las puntuaciones ESG dentro del universo de inversión desempeñan un papel clave en el coste financiero asociado a la sostenibilidad.

En conjunto, la evidencia obtenida permite concluir que la integración ESG no implica necesariamente una incompatibilidad absoluta con los objetivos financieros tradicionales, aunque sí introduce restricciones adicionales que afectan al conjunto de oportunidades de inversión. La magnitud de este efecto depende, fundamentalmente, del grado de severidad de las restricciones y de la forma concreta en que los criterios ESG se incorporan dentro del proceso de optimización, lo que en última instancia limita el universo invertible y el conjunto de soluciones factibles.

Desde una perspectiva práctica, los resultados del trabajo demuestran que los enfoques flexibles de integración ESG, basados en objetivos agregados de sostenibilidad más que en exclusiones estrictas, pueden representar una alternativa más eficiente para compatibilizar sostenibilidad y rentabilidad financiera. Este hallazgo resulta especialmente relevante tanto para gestores institucionales como para inversores particulares, en un contexto donde las exigencias regulatorias y la demanda de productos sostenibles continúan creciendo de forma significativa.

Por último, el trabajo presenta diversas limitaciones que abren posibles líneas futuras de investigación. En primer lugar, el análisis se basa en datos históricos y en estimaciones de rentabilidades y covarianzas sujetas a error de estimación, una limitación inherente a los modelos de optimización media-varianza. Además, el estudio se centra exclusivamente en renta variable europea y en un único proveedor de métricas ESG, por lo que los resultados podrían variar utilizando otros universos de inversión o metodologías de evaluación de sostenibilidad. Futuras investigaciones podrían ampliar

el análisis incorporando modelos robustos de optimización, metodologías como *Black-Litterman* para el cómputo de rentabilidades esperadas, medidas alternativas de riesgo o análisis dinámicos que permitan estudiar la evolución temporal de la relación entre sostenibilidad y eficiencia financiera. Asimismo, también resultaría interesante analizar el impacto de criterios climáticos específicos, métricas de emisiones de carbono o estrategias *net-zero* dentro de procesos de construcción de carteras.

6 Bibliography

- DeMiguel, Victor, Lorenzo Garlappi y Raman Uppal (2009). “Optimal versus naive diversification: How inefficient is the 1/N portfolio strategy?” En: *The review of Financial studies* 22.5, págs. 1915-1953.
- Friede, Gunnar, Timo Busch y Alexander Bassen (2015). “ESG and financial performance: aggregated evidence from more than 2000 empirical studies”. En: *Journal of sustainable finance & investment* 5.4, págs. 210-233.
- Higham, Nicholas J (1988). “Computing a nearest symmetric positive semidefinite matrix”. En: *Linear algebra and its applications* 103, págs. 103-118.
- Jagannathan, Ravi y Tongshu Ma (2003). “Risk reduction in large portfolios: Why imposing the wrong constraints helps”. En: *The journal of finance* 58.4, págs. 1651-1683.
- Jorion, Philippe (2003). “Portfolio optimization with tracking-error constraints”. En: *Financial Analysts Journal* 59.5, págs. 70-82.
- LSEG Data & Analytics (2025). *ESG Scores Methodology*. <https://www.lseg.com>. Accessed: 2026-01-01.
- Markowitz, Harry (1952). “Portfolio Selection”. En: *The Journal of Finance* 7.1, págs. 77-91. DOI: 10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x.
- MSCI Inc. (2025). *MSCI Europe Index Methodology*. <https://www.msci.com>. Accessed: 2026-01-01.
- Pedersen, Lasse Heje, Shaun Fitzgibbons y Lukasz Pomorski (2021). “Responsible investing: The ESG-efficient frontier”. En: *Journal of financial economics* 142.2, págs. 572-597.
- Sharpe, William F. (1966). “Mutual Fund Performance”. En: *The Journal of Business* 39.1, págs. 119-138.
- Statman, Meir (2000). “Socially responsible mutual funds (corrected)”. En: *Financial analysts journal* 56.3, págs. 30-39.
- Strub, Oliver y Norbert Trautmann (2019). “A two-stage approach to the UCITS-constrained index-tracking problem”. En: *Computers & operations research* 103, págs. 167-183.
- Wyatt, Jeanie y James R Kee (2014). “The importance of sector constraints”. En: *Journal of Asset Management* 15.1, págs. 1-6.
- Yahoo Finance (2026). *Yahoo Finance*. <https://finance.yahoo.com/>. Accessed: 2026-02-28.