



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Facultad de Administración y Dirección de Empresas

Sostenibilidad en la Gestión Eficiente de Carteras

Trabajo Fin de Grado

Grado en Administración y Dirección de Empresas

AUTOR/A: Palmero Roldan, Hector

Tutor/a: Maroto Álvarez, M<sup>a</sup> Concepción

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# Sostenibilidad en la Gestión Eficiente de Carteras

Alumno: Héctor Palmero Roldán

Tutora: Concepción Maroto Alvarez

Titulación: Doble grado en Ingeniería Informática + Dirección y Administración de Empresas

Curso: 5º



# Índice

Capítulo 1 Introducción	4
Resumen	5
1. Introducción	7
Capítulo 2 Mercado Financiero y Sostenibilidad	8
2.1 El sistema financiero y sus objetivos	9
2.2 Agentes financieros	10
2.3 Organismos y marco normativo	11
2.4 Activos financieros	12
2.5 Sostenibilidad en el mercado	14
2.5.1 Conceptos clave	14
2.5.2 Índices de sostenibilidad	15
Capítulo 3 Metodología en la Gestión Eficiente	17
3.1 Inversión en activos financieros	18
3.2 Optimización de carteras de inversión	20
3.2.1 Modelo de Markowitz	21
3.2.2 Modelo de Sharpe	24
Capítulo 4 Elaboración y resolución de modelos de sostenibilidad	27
4.1 Planteamiento del caso	28
4.2 Obtención y depuración de los datos para el modelo	31
4.2.1 Fuente de los datos	31
4.2.2 Disposición de Yahoo! Finance y formato de los datos	32
4.2.3 Obtención y depuración de los datos	34
4.3 Formulación del modelo	37
4.4 Resolución del modelo y análisis de resultados	43
Capítulo 5 Conclusiones	53
Bibliografía	55
Anexo 1: Datos del Modelo	57
Anexo 2: Resultados del Modelo	68
Anexo 3: ODS	72



# Capítulo 1 Introducción

## Resumen

En los últimos años la creciente implicación de la sociedad en la preservación del medio ambiente y en exigir responsabilidades a las empresas de su entorno ha hecho que cada vez se haya ido haciendo más popular e importante el concepto de sostenibilidad. Esta preocupación por conseguir una sociedad y economía sostenibles y responsable en el tiempo es cada vez más transversal a todos los sectores, y el de las inversiones financieras no es una excepción.

Este trabajo aborda el concepto de sostenibilidad en el bien establecido mundo de las finanzas, y cómo tenerlo en cuenta para satisfacer las nuevas necesidades de los usuarios de forma eficiente y precisa en un entorno cambiante. Concretamente, en cómo incorporar el criterio de sostenibilidad a uno de los pilares de las inversiones del mundo real: las carteras de inversión.

En primer lugar, se presentan las bases del sistema financiero español que es el marco de referencia de este TFG y de los activos con los que se trabajará, explicando cómo se ha incorporado hasta la actualidad el concepto de sostenibilidad en finanzas. En segundo lugar, se explica la metodología en la que se basa la teoría de inversión moderna y que a día de hoy se sigue teniendo en cuenta en la operativa real del mercado. En tercer lugar, se han planteado y resuelto modelos de programación multiobjetivo para obtener carteras eficientes que tengan en cuenta la rentabilidad, el riesgo y la sostenibilidad de las inversiones de una forma consistente.

Finalmente se presentan las conclusiones, esperando conseguir una cartera sólida, un conocimiento de los activos estudiados, el impacto de las restricciones que se fijen y también cómo estas restricciones interactúan entre ellas y con sus sensibilidades respectivamente.

**Palabras clave:** sostenibilidad, carteras de inversión, mercado financiero, Sharpe.

## **Abstract**

In recent years, society's growing involvement in the preservation of the environment and in demanding accountability from the companies around it has made the concept of sustainability increasingly popular and important. This concern for achieving a sustainable and responsible society and economy over time is becoming increasingly cross-cutting in all sectors, and the financial investment sector is no exception.

This paper addresses the concept of sustainability in the well-established world of finance, and how to take it into account in order to meet new user needs efficiently and accurately in a changing environment. Specifically, how to incorporate sustainability criteria into one of the pillars of real-world investment: investment portfolios.

Firstly, the bases of the Spanish financial system are presented, which is the reference framework for this dissertation and the assets with which it will work, explaining how the concept of sustainability in finance has been incorporated to date. Secondly, it explains the methodology on which modern investment theory is based and which is still taken into account today in real market operations. Thirdly, multi-objective programming models have been proposed and solved in order to obtain efficient portfolios that take into account the profitability, risk and sustainability of investments in a consistent manner.

Finally, the conclusions are presented, hoping to achieve a solid portfolio, a knowledge of the assets studied, the impact of the restrictions that are set and also how these restrictions interact with each other and with their sensitivities respectively.

**Key words:** sustainability, portfolios, financial markets, Sharpe.

## 1. Introducción

En los últimos años la creciente implicación de la sociedad en la preservación del medio ambiente y en exigir responsabilidades a las empresas de su entorno ha hecho que cada vez se haya ido haciendo más popular e importante el concepto de sostenibilidad. Esta preocupación por conseguir una sociedad y economía sostenibles y responsable en el tiempo es cada vez más transversal a todos los sectores, y el de las inversiones financieras no es una excepción.

Este trabajo aborda el concepto de sostenibilidad en el bien establecido mundo de las finanzas, y cómo tenerlo en cuenta para satisfacer las nuevas necesidades de los usuarios de forma eficiente y precisa en un entorno cambiante. Concretamente, en cómo incorporar el criterio de sostenibilidad a uno de los pilares de las inversiones del mundo real: las carteras de inversión.

El objetivo general de este trabajo fin de grado es analizar la influencia del concepto de sostenibilidad en la generación de carteras eficientes de inversión en valores, mediante el planteamiento y resolución de modelos de programación multiobjetivo que tengan en cuenta los criterios de rentabilidad, riesgo y sostenibilidad de las inversiones.

Los objetivos específicos son los siguientes:

1. Plantear un modelo general de programación multiobjetivo para obtener carteras eficientes basado en la metodología de Markowitz y Sharpe que además tenga en cuenta el criterio de sostenibilidad de las inversiones. Este modelo debe permitir obtener la información necesaria para la toma de decisiones de inversión a distintos perfiles de usuarios en función de su aversión al riesgo y preferencias por los niveles de rentabilidad esperados, así como el nivel de sostenibilidad exigido.
2. Aplicar el modelo de programación multiobjetivo a datos históricos recientes, utilizando una selección de valores de empresas que forman parte del IBEX-35, incorporando medidas cuantitativas de sostenibilidad de las empresas. Las carteras eficientes obtenidas con el modelo deben aportar información útil a los distintos perfiles de inversores interesados en el mercado español.

El presente documento se estructura de la siguiente manera. Tras esta introducción, en el capítulo 2 se presentan las bases del sistema financiero español que es el marco de referencia y de los activos con los que se trabajará, explicando cómo se ha incorporado hasta la actualidad el concepto de sostenibilidad en finanzas. En el capítulo 3 se explica la metodología en la que se basa la teoría de inversión moderna y que a día de hoy se sigue teniendo en cuenta en la operativa real del mercado. En el cuarto capítulo se han planteado y resuelto modelos de programación multiobjetivo para obtener fronteras eficientes de carteras que tengan en cuenta la rentabilidad, el riesgo y la sostenibilidad de las inversiones de una forma consistente. Por último, se presentan las conclusiones.

# **Capítulo 2 Mercado Financiero y Sostenibilidad**

## 2.1 El sistema financiero y sus objetivos

El sistema financiero es el marco en el que se engloba este Trabajo Fin de Grado. Por tanto, es imprescindible abordar su función, sus participantes y su comportamiento. En este apartado se explica el sistema como tal, las funciones básicas del mismo, sus agentes participantes y los roles de éstos. Se hará una breve introducción de los participantes, instituciones, marco normativo, activos y mercados con la finalidad de aportar una imagen general del estado actual del sistema en el que tiene lugar la aplicación del trabajo.

El sistema financiero se define como “el conjunto de instrumentos, mercados e instituciones cuya función es hacer llegar el flujo de fondos desde los oferentes hasta los demandantes” según la Comisión Nacional del Mercado de Valores (CNMV), que es el mayor organismo regulador de los mercados financieros de España (CNMV, 2020). Los objetivos últimos del sistema financiero extraíbles a partir de esta definición, entre otras, de la CNMV son:

- **Asignación eficaz:** encauzar los flujos de fondos entre los distintos agentes de la manera más eficiente posible para satisfacer las necesidades de todos minimizando costes o desajustes entre los miembros.
- **Política Monetaria:** el sistema financiero supone la principal vía por la que transmitir las decisiones de la política financiera. A través de la compra de deuda, bajada de tipos y similares se consigue poner en práctica las decisiones con intención de mejorar la economía y aportar estabilidad y crecimiento en el conjunto de la sociedad.

Dentro de este sistema aparecen los agentes económicos que forman parte de éste y que son los que realizan las acciones que aborda este trabajo: las familias, las empresas y las instituciones públicas. Cada uno de estos agentes puede realizar las funciones básicas desde un punto de vista financiero dependiendo de su posición: consumir, producir, ahorrar e invertir. Estos agentes pueden representar roles muy distintos dependiendo de su situación, que hace referencia a la diferencia entre los demandantes y los oferentes de fondos.

- **Los demandantes:** son aquellos agentes que se encuentran en situación de necesitar de recursos económicos por algún motivo y recurren al sistema financiero para conseguirlos. Puede ocupar este rol cualquiera de los agentes por distintos motivos: empresas que buscan liquidez para iniciar un proyecto de expansión, familias que quieren una hipoteca para comprar una casa e incluso el propio estado con los bonos para mantener los servicios públicos. A fin de cuentas, son los que acaban creando la mayoría de los activos financieros a causa de sus necesidades de fondos y el compromiso de devolverlos con intereses.
- **Los oferentes:** son los ahorradores. Agentes que a través de superávit en sus economías han conseguido un excedente de fondos propios en forma de ahorros y han decidido que los van a invertir. Su intención es obtener una rentabilidad de ese dinero, es decir recuperarlo además de una ganancia.

## 2.2 Agentes financieros

La función básica del sistema financiero, aparte de la relación con la política monetaria que no es el objeto de estudio de este trabajo, es la asignación eficaz de recursos, conseguir poner en contacto a aquellos que necesitan de éstos y a aquellos que tienen un excedente para que ambos se beneficien. Como esto no suele ser fácil de forma directa, surgen unos agentes en el mercado que ayudan en este proceso: los agentes financieros.

Los agentes financieros son intermediarios del sistema que ayudan a que los activos y los fondos fluyan entre oferentes y demandantes de éstos para así agilizar el sistema ya sea aportando liquidez, directamente poniéndoles en contacto entre sí o mediante diversas transformaciones. Éstos son muy diversos con formas muy distintas de operar, pero se clasifican en los dos grandes grupos que aparecen a continuación:

- **Agentes especialistas:** los agentes especialistas son intermediarios puros. Ponen directamente en contacto a los interesados o transmiten ellos los activos, pero nunca transforman los títulos con los que trabajan. Esto significa que solamente mueven aquellos activos que ya han sido creados y su labor es la de un mediador o facilitador. De éstos, los principales por popularidad y que más operan en el mercado real son:
  - **Brokers:** Operan por cuenta ajena poniendo de acuerdo con las entidades con déficit y superávit. Sacan su beneficio enteramente de comisiones y se constituyen como agencias de valores.
  - **Dealers:** pueden operar igual que los anteriores, pero se caracterizan porque pueden gestionar activos propios para comprarlos y venderlos cuando quieran. Aparte de los ingresos iguales a los brokers, pueden sacar parte de plusvalías en sus activos y han de organizarse como sociedades de valores.
- **Intermediarios financieros:** son aquellos agentes que sí que pueden transformar los títulos de negociación en otros para cambiar la composición del mercado y de la oferta de activos para ajustarla de manera adecuada a la demanda que haya entre los oferentes de fondos. Por ejemplo, un banco que actúa como intermediario, capta recursos a través de los depósitos de los ahorradores y se los presta a los demandantes que los necesiten en forma de crédito, pero los propietarios de los depósitos que financian dichos créditos no tienen relación alguna con ellos, es el banco el que lo ha transformado y se hace cargo de los riesgos. Son los más habituales fuera de las inversiones en bolsa y se subdividen a su vez en dos bloques:
  - **Bancarios:** se caracterizan por operar como en el ejemplo anterior, mediante los depósitos. Reciben fondos de los ahorradores a cambio de proteger y dar accesibilidad al dinero, y luego emplean el dinero, que supone un pasivo para ellos ya que tienen que devolverlo, en crear nuevos activos como créditos o hipotecas entre otros. Son los más habituales de todos los agentes financieros en España y aparte de los bancos también incluye cajas de ahorro y cooperativas de crédito.

- **No Bancarios:** transforman activos, pero no del mismo modo que los bancarios. Pueden hacerlo mediante la oferta de créditos, pero que no estén financiados del mismo modo que los anteriores o haciendo una labor de mediadores generalmente en inversiones en bolsa o mercados similares (inmobiliario, seguros...).

Los agentes financieros desempeñan un papel fundamental, ya que engrasan y permiten que funcione el sistema de forma correcta en la transmisión entre los participantes y son un pilar clave a la hora de realizar inversiones, que es el objetivo de este trabajo. Cualquiera que quiera operar en el mercado debe entender quiénes son y sus diferencias. Además de comprender quienes son los agentes, a la hora de invertir también es necesario saber a qué normas están sujetos y de qué organismos dependen dichas inversiones, siendo muy distintos dependiendo del tipo de inversión.

## 2.3 Organismos y marco normativo

En España existen diversas instituciones que se encargan de regular y controlar el sistema financiero para que cumplan con las funciones y objetivos descritos en el apartado anterior. Éstas juegan un papel clave, ya que en la práctica son las que dictan las normas y la forma de actuar, y todo aquel que quiera participar en el sistema tiene que relacionarse con ellas y comprender cómo funcionan. Entre estos organismos se puede diferenciar entre dos tipos, los políticos y los ejecutivos. Los primeros hacen referencia al gobierno del país y al ministerio de hacienda y su implicación recae más en la interacción con el parlamento para la nueva legislación y su influencia en los órganos ejecutivos, que son los que se encargan del día a día:

- **Banco de España:** el Banco de España es el órgano supervisor encargado del sistema bancario y sus agentes, así como de otros intermediarios involucrados en el mercado del crédito. Además, se encarga del mercado secundario de la deuda pública, uno de los principales activos del mercado. El Banco de España supervisa a los intermediarios bancarios y también a los no bancarios que se dedican al crédito, así como los fondos de capital riesgo. Cabe decir que no todos los bancos dependen de este organismo, ya que los más grandes del país han pasado a depender del Banco Central Europeo.
- **Comisión Nacional del Mercado de Valores:** la comisión se encarga de supervisar la mayoría de los mercados de activos del país. Su labor también incluye a las entidades que operan en dichos mercados. Por esto, es el organismo responsable de los agentes especialistas descritos en el apartado anterior, así como de los fondos o sociedades de inversión, regulando la mayoría de normativas que les afectan teniendo que estar inscritos y aceptados por la comisión para poder trabajar. En el marco de este trabajo, que aborda las carteras de inversión eficientes, es probablemente el más importante y el más implicado en la regulación del mismo.
- **Dirección General del Tesoro:** su función principal pasa por la emisión de la deuda primaria del Estado para financiarse, así como otras tareas de administración de cobros y pagos.

- **Dirección General de Seguros y Fondos de Pensiones:** su labor es muy concreta centrada en lo que su nombre indica, campo que no aparecerá en este trabajo.

Habiendo presentado a los agentes del sistema y las instituciones que los regulan, se dispone de una mejor imagen del marco de trabajo para realizar inversiones en el mercado español. El siguiente paso consiste en explicar el concepto teórico clave para este trabajo, los activos financieros que se intercambian y en los que se basan las carteras.

## 2.4 Activos financieros

Los activos financieros son los títulos o anotaciones contables que confieren al que lo posee el derecho a uno o varios ingresos posteriores y la contraparte del activo es el pasivo, una obligación de pago. Su función principal es representar varias formas distintas de transmitir fondos, riesgo y liquidez entre los agentes económicos.

Para entender por qué invertir en activos financieros es necesario entender la diferencia principal entre un activo financiero respecto a uno no financiero, como una inversión en maquinaria, por ejemplo.

En el sistema actual español los demandantes de fondos emiten pasivos a cambio de recursos que les permitan llevar a cabo sus planes inmediatos sean cuales sean. Los oferentes utilizan su superávit para adquirir esos pasivos, que para ellos son activos, esperando que los ingresos futuros adjuntos superen los gastos iniciales. Esto es lo que se conoce como invertir en activos financieros como tal y es el núcleo principal del mercado financiero y trabajar con ellos y cómo hacerlo es el problema real que aborda este TFG.

Las características fundamentales de los activos son las que los definen y aportan información esencial para valorarlos, ya que al final el activo es un medio para transmitir estos aspectos entre los agentes involucrados. Las características, ya mencionadas, son:

- **Rentabilidad:** es la expresión de uno de los conceptos ya introducidos de los activos, los ingresos esperados. La rentabilidad hace referencia a todo ingreso que se pueda obtener de él, tanto naturales (cobros de cupones, dividendos...) como la plusvalía esperable de que suba de precio y se venda por más de lo comprado. Se trata de aumentar lo máximo posible.
- **Riesgo:** es la volatilidad del activo, es decir, la posibilidad de que el valor del activo y de su rentabilidad sea menor de lo esperado, perjudicando al tenedor del activo. Hay de muchos tipos distintos y métodos para medirlo y trabajar con él. Puede verse como la varianza de la rentabilidad desde el punto de vista estadístico. Se trata de reducir lo máximo posible.
- **Liquidez:** se refiere a la facilidad de convertir el activo en líquido, es decir deshacerse del activo y obtener dinero inmediatamente. Se trata de aumentar lo máximo posible.

A los activos se les puede clasificar según diversos criterios y emplearlos es fundamental para entenderlos y saber con cuales es mejor trabajar a la hora de invertir y crear carteras. Las principales características por las que es relevante clasificar a los activos son:

- **El rendimiento:** si son de renta variable o fija. Es probablemente el más importante y representa si los ingresos esperados de dicho activo se espera que sean fijos y conocidos a priori o si son variables y dependen de factores futuros.
- **El emisor:** quién emite el activo si es el estado, un banco, empresas públicas o privadas, etc. Es relevante, ya que dependiendo de quién sea el emisor cambian muchas cosas del activo, como por ejemplo la normativa aplicable, los marcos en los que se mueven o el riesgo que supone.
- **La negociabilidad:** hay activos diseñados para ser fácilmente transmisibles y otros que no. Aquellos que no pueden cambiar de manos se los considera no negociables y es importante saber con cuál de los dos se trabaja.
- **El grado de transformación:** hace referencia a lo comentado en el apartado de intermediarios financieros y si el activo es primario de salida o de si ha sido transformado por uno de éstos.

En base a sus características básicas y cómo se los clasifique los activos financieros pueden tomar muchas formas muy diferentes entre sí, siendo también muy distinto como invertir con ellos. Los activos más habituales en el día a día son los depósitos, las inversiones en renta fija, tanto pública como privada, o las acciones. Estas últimas representan la renta variable y serán más adelante con las que se trabajará aplicando las técnicas de optimización para invertir en ellas.

Cómo funcionan en la práctica estos activos, cómo se estudia su rentabilidad y su riesgo, y lo que supone la composición de carteras para invertir se analiza con más profundidad en el capítulo tercero sobre la metodología aplicada en el TFG.

## 2.5 Sostenibilidad en el mercado

Una vez expuestos los aspectos básicos del sistema financiero, es necesario ver como en los últimos años se ha incluido el concepto de sostenibilidad. En este contexto, “Las finanzas sostenibles implican que en el proceso de toma de decisiones de inversión se tengan en cuenta los factores medioambientales, sociales y de buen gobierno.” (CNMV, 2022).

### 2.5.1 Conceptos clave

Como ya se comentó en la introducción de este trabajo y aparece en la descripción aportada por la CNMV, las finanzas sostenibles no hacen referencia exclusivamente a aspectos más tradicionales como el respeto por el medio ambiente, sino también de otros ámbitos más novedosos, pero igual de importantes para una respetuosa relación con el conjunto de la sociedad. Los aspectos generales que componen el análisis de la sostenibilidad se los denomina comúnmente como los criterios ASG, que son los siguientes:

- **Ambientales:** son los que más tiempo se llevan teniendo en cuenta y valorando positivamente. Hacen referencia al cuidado del medio ambiente por parte de las empresas y entidades relacionadas, por ejemplo: no realizar vertidos peligrosos, respetar la fauna y flora, reducir las emisiones de CO2 y en definitiva reducir su huella de carbono y otros posibles factores contaminantes y perjudiciales. El siguiente nivel no es simplemente evitar estos problemas típicos de muchas industrias, sino que el propio trabajo sea en favor de éste, como pueden ser empresas de energías renovables.
- **Sociales:** relativo a los derechos humanos, laborales y el trato a las personas. Salarios adecuados que permitan a sus trabajadores una vida justa, no presionar a los empleados, reglas de comercio justo y, en definitiva, reducir las desigualdades y discriminación del mundo.
- **Buen gobierno:** pone el foco sobre los órganos directivos de la empresa y que éstos se comporten de forma adecuada, moral, limpia y transparente en su gestión. Implica que se desarrollen mecanismos para garantizar este comportamiento y promover la igualdad en esos mismos órganos.

La importancia de estos criterios en el día a día del sistema financiero depende en gran medida de cómo los diversos activos financieros de los que se han expuesto en el apartado anterior los incorporen. Los ejemplos más comunes en la actualidad de activos calificables como sostenibles de acuerdo con la CNMV\* son:

- **Bonos verdes y sociales:** bonos de renta fija del estado que se especifica que van a dedicarse a realizar inversión pública en temas de sostenibilidad. Es una medida para garantizar a los potenciales inversores que si los compran están ayudando a financiar medidas de sostenibilidad aparte de obtener rentabilidad.
- **Fondos solidarios:** son fondos normales y corrientes cuyo componente de sostenibilidad es que se comprometen a donar una parte de sus beneficios a causas sociales o medioambientales. Estos fondos no tienen por qué incluir los criterios ASG en sus inversiones, pueden incluso participar en activos que representen todo lo contrario, por lo que pueden ser polémicos en este aspecto.

- **Fondos ASG:** representan el hecho de utilizar los criterios de ASG como uno de los factores para elegir de qué se compondrá el fondo y cómo realizar sus inversiones. Representan el tipo de fondos más relacionados con este trabajo, ya que son los que tratan de compatibilizar los criterios ASG con otros aspectos tradicionales de la inversión.

## 2.5.2 Índices de sostenibilidad

Una vez vistos los ASG y cómo diferentes fondos e inversores los valoran a la hora de elegir activos a los que dedicar sus fondos es necesario saber cómo identificarlos y valorarlos correctamente. Esta incertidumbre por parte de los inversores genera la necesidad de establecer puntos de referencia en el mercado, para saber cómo evoluciona éste o si tus inversiones van mejor o peor de lo que deberían. Todas las empresas pueden intentar venderse como grandes oportunidades, tanto a nivel financiero como sostenible para mejorar su prensa e incluso su posición financiera pero no tiene por qué corresponderse con la realidad. Por tanto, resulta clave para este trabajo saber cómo pueden identificarse correctamente activos financieros, acciones de renta variable concretamente, que estén en una buena posición tanto a nivel financiero como de acuerdo con los criterios ASG.

Muchas entidades, tanto públicas como privadas, han intentado dar respuesta a esto mediante numerosas herramientas, entre ellas se encuentran los índices del mercado. Los índices suelen ser la puesta en común de diferentes empresas parte de un mismo mercado agregadas a través de unas cifras que reflejan su evolución como conjunto. Por ejemplo, España cuenta con el IBEX 35, un índice que tiene en cuenta de forma ponderada a las 35 mayores empresas de España en bolsa y sirve tanto para dar una imagen global de cómo evoluciona la economía española como para identificar por criterios puramente económicos y bursátiles a las mayores empresas del país. Como este índice existen numerosos ejemplos. En resumen, la función de un índice es la de servir de referente para tener un punto de referencia con el cual comparar empresas e inversiones, o incluso invertir directamente en las empresas que lo componen. Los índices de mayor prestigio suelen ser publicados tanto por entidades públicas, como las propias bolsas, o por empresas de evaluación.

Como evolución de estos índices tradicionales han surgido durante los últimos años una versión que tenga también en cuenta los ASG a la hora de elaborar los índices. En éstos destaca aún más la función de selección, ya que suele ser incluso más importante cuáles son las empresas que se han incluido en el índice por cumplir con estándares exigidos que la propia evolución del índice, aunque ésta no deja de tener importancia. En definitiva, los índices de sostenibilidad son representaciones estadísticas de un conjunto de empresas que la entidad que publica el índice ha considerado que tienen una elevada importancia financiera y una correcta adecuación a los objetivos ASG. Hoy son el principal punto de referencia para la inversión sostenible de la que trata este trabajo, siendo los ejemplos más consultados:

- **Dow Jones Sustainability Index (DJSI):** Los índices Dow Jones son uno de los más famosos del mundo, y los primeros en ampliarse a la parte de sostenibilidad con los DJSI. Suponen el principal referente para la inversión sostenible y es desarrollado principalmente por la prestigiosa agencia de evaluación Standard & Poor's, que los define como "a family of best-in-class benchmarks for investors who have recognized that sustainable business practices are critical to generating long-term shareholder value and who wish to reflect their sustainability convictions in their investment portfolios" (Standard & Poor's [S&P], 2022). Son una familia de nueve índices dependiendo del área geográfica o del mercado de los activos.
- **FTSE4Good:** son el otro gran grupo de índices desarrollado por la empresa FTSE, una compañía de análisis centrada en la composición de índices y otra información de ayuda para la inversión. Al igual que los anteriores dio el salto al apartado de la sostenibilidad y es de obligado conocimiento y consulta para quien quiera adentrarse en este apartado del sistema financiero. Al igual que el DJSI, existen una gran variedad de índices internos, donde destaca uno en concreto en lo que a este trabajo requiere:
  - **FTSE4Good IBEX:** creado en 2008 es el índice más concreto sobre el mercado español que ha sido publicado por las grandes firmas y se realiza en colaboración con Bolsas y Mercados Españoles. Su función como va más allá de la propia comparativa de beneficios y se emplea a modo de asegurar la sostenibilidad como ellos mismos dicen "The index has been designed to identify Spanish companies with leading corporate responsibility practices" (BME [Bolsas y Mercado Españoles], 2022).

La consulta de los índices y la relación de las carteras con ellos es una práctica habitual y casi obligatoria en la inversión financiera real. Metodologías enteras como la de Sharpe, en la que se profundizará en el siguiente capítulo, se basan en los índices a nivel fundamental. Todo esto es perfectamente extrapolable a las inversiones sostenibles, y por tanto se necesitan sus propios índices y saber cómo interpretarlos. En la elaboración del caso de estudio se especificará cómo incorporar estos índices presentados en el planteamiento de los modelos de optimización desarrollados en el presente trabajo.

# **Capítulo 3 Metodología en la Gestión Eficiente**

### 3.1 Inversión en activos financieros

Como ya se introdujo en la exposición del marco en el que se desarrolla este trabajo, el punto central de éste es en gran medida los activos financieros y una de las metodologías empleadas en el mercado real para realizar inversiones en los mismos. Por tanto, es imprescindible entender por qué se invierte en activos financieros y cuáles son sus propiedades más analizadas.

Retomando la exposición del capítulo anterior, los activos financieros tienen tres características clave a la hora de valorarlos: la liquidez, la rentabilidad y el riesgo. Ya se ha explicado en qué consiste cada una de ellas, pero ahora queda ver cómo se tienen en cuenta a la hora de invertir en el mercado y más concretamente en la metodología que se emplea en este trabajo.

La más simple es la liquidez, ya que en gran medida depende más del mercado en el que cotice el tipo de activo que del activo concreto como tal, suele estar relacionado con el mercado secundario donde pueden liquidarse cualquiera de ellos en cualquier momento, asumiendo el riesgo de pérdidas por diferencias con el precio de compra. Algunos indicativos para medir de forma más precisa la liquidez de un activo financiero puede ser la demanda registrada del mismo en los mercados, o directamente el volumen de intercambio que se realiza habitualmente. Cabe destacar que en los modelos que se expondrán a continuación no se le da un papel tan relevante como a las otras dos características fundamentales, principalmente porque se aplican en unos entornos de gran tamaño con mucho mercado secundario donde la liquidez se da por supuesta y no se considera necesario compararla entre las opciones.

A continuación, se explican las otras dos características que conforman el núcleo de la inversión financiera y de las metodologías de eficiencia aplicada a ésta, el binomio rentabilidad-riesgo. La rentabilidad y maximizarla es lo que todo agente del mercado busca a la hora de invertir, y para ello es necesario ser capaces de entenderla y medirla con precisión de forma cuantitativa. Aquí se produce una separación clave a la hora de sí medir la rentabilidad antes o después de que se produzca la inversión como tal. Medir la rentabilidad a posteriori es un ejercicio matemático muy sencillo que queda muy bien representado por la siguiente fórmula, extraída de diversos manuales del sector (Suárez, 2008; Mascareña, 2012):

$$R_{it} = \frac{D_{it} + P_{it+1} - P_{it}}{P_{it}} \quad [1]$$

Definiendo los términos como:

- **$R_{it}$**  : rentabilidad a posteriori de un activo en el periodo t. A partir de ahora debido a los modelos que se emplearán más adelante se considerará el periodo habitual como de un año salvo que se indique lo contrario.

- **Dit** : ingresos obtenidos durante el periodo de la inversión como resultado de la misma. Esto puede representar distintos conceptos como los cupones o los dividendos. De nuevo debido al objeto de este trabajo, a partir de ahora se considerará que el activo financiero del que se está hablando son acciones de bolsa y que este elemento hace referencia a los dividendos de las mismas.
- **Pit** : precio de las acciones al inicio del periodo y por el que se adquirieron.
- **Pit+1** : precio de las acciones al final del periodo y por el que se vendieron.

La medición a posteriori es simple pero necesaria para evaluar cómo se ha desarrollado una inversión, si en definitiva ha resultado positiva o negativa y para compararla con otras que se hayan o que se pudieran haber hecho. Sin embargo, esta estimación tan básica se realiza desde la certeza de saber todos los datos que ya se han producido, y no es aplicable para la idea de este trabajo que es el desarrollo de modelos de inversión aplicados. Para esto es necesario hacer estimación a priori sobre cuál será la rentabilidad esperada en el futuro de las distintas opciones de inversión. Existen multitud de ideas y métodos para tratar de predecir el valor y la rentabilidad de las acciones a priori (modelos ARIMA, redes neuronales, modelos estocásticos, regresiones lineales...), pero no es el objetivo de este trabajo centrarse en éstas sobre las que se podrían escribir libros enteros. Por tanto, se trabajará con la idea más básica y extendida que es la consideración de la media de la rentabilidad de los periodos anteriores como rentabilidad esperada a priori, llamada **Eit**.

Es cuando se introduce la predicción a futuro de la rentabilidad cuando aparece el otro factor clave, el riesgo. Al hablar en términos predictivos sobre cómo se espera que se comporten tanto los dividendos como las acciones es cuando se introduce el concepto de incertidumbre, y el riesgo es por definición la incertidumbre sobre el retorno de un activo. Medir matemáticamente el riesgo va de la mano sobre cómo se ha definido la rentabilidad esperada, de modo que considerando el rendimiento como la media es lógico que para medir su riesgo es necesario calcular la desviación típica o varianza de la misma. Esta concepción se conoce como modelo Media-Varianza (Markowitz, 1952) y que dio inicio a la era moderna de optimización de las inversiones, concepto en el que se profundiza en el siguiente apartado. Como se ha expuesto, al definir la media como rentabilidad, hay métodos tal vez más precisos o incluso mejores, pero este suele ser la aproximación habitual y que mejor encaja con las técnicas que expondremos más adelante.

Los grandes motivos por los que emplea este modelo y la desviación típica como medida del riesgo quedan muy bien resumidos por Mascareñas (2012) donde da tres principales razones a modo de resumen: la media y la desviación típica son las medidas que permiten expresar las probabilidades de los títulos mediante una distribución normal, los estudios empíricos demuestran que la mayoría de los títulos siguen una distribución muy próxima a la normal y además es muy fácil de calcular y operar con ella. Por motivos de cálculo y valores negativos, en la operativa el valor que se emplea es la varianza, cuya fórmula, que es una muy general en la estadística, se adjunta a continuación.

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \left( \frac{X_i - \bar{X}}{n} \right)^2 \quad [2]$$

Así concluye la parte introductoria a la valoración de las características de los activos financieros de cara a la inversión. Con las ideas planteadas sobre cómo estimar estos parámetros para el mercado de las acciones, que es el más relevante para el trabajo, y con la rentabilidad y riesgo individual de dichas acciones bien definidos, se da paso al punto más importante en lo relativo a la metodología a emplear: la composición de carteras de inversión y las distintas propuestas de modelos de optimización.

### 3.2 Optimización de carteras de inversión

A día de hoy la inversión por parte de los oferentes de fondos en el mercado se realiza a través del concepto de carteras o portafolios. La idea de una cartera de inversión es muy sencilla y no requiere de una forma jurídica concreta, es simplemente diversificar tu inversión y no tener todo tu presupuesto en un solo activo concreto. Una vez se ha definido cómo medir la rentabilidad y el riesgo de un activo y se pasa a explicar que las carteras son una composición de varios activos, el paso natural es definir cómo se mide la rentabilidad y el riesgo de las carteras de inversión.

La rentabilidad de una cartera es muy sencilla de medir, partiendo de la base ya introducida del modelo Media-Varianza. Consiste en la media ponderada en base a la participación en los distintos activos de la rentabilidad de los mismos, es decir:

$$E_p = \sum_{i=1}^n x_i E_i \quad [3]$$

Donde  $E_p$  representa la rentabilidad esperada bajo incertidumbre de la cartera y los distintos pares  $x_i E_i$  son las rentabilidades esperadas y su peso en la cartera de cada uno de los diferentes activos. Los distintos pesos  $x$  que tendrán todos los activos se colocan en el denominado Vector de Pesos, que es lo que al final representa la composición total de la cartera. Bajo esta sencilla medición si el objetivo único fuese la obtención de la mayor rentabilidad posible, la decisión lógica sería invertir todo el presupuesto en el activo con mayor rendimiento esperado, pero es aquí donde vuelve a aparecer el concepto clave de la incertidumbre.

Más adelante se explicará la importancia del binomio rentabilidad-riesgo mediante el modelo de Markowitz y cómo se trabaja realmente con él. De momento decir que no se puede simplemente buscar la mayor rentabilidad posible, ya que no se puede saber de forma segura cuál será la rentabilidad a posteriori ni de los activos ni de las carteras, por tanto, es también necesario tener en cuenta el riesgo de las mismas en base a las predicciones. Todo esto es una explicación superficial del que tal vez sea el principio fundamental de cualquier inversión, y es que los inversores desean obtener la mayor rentabilidad posible con el menor riesgo posible.

Todo esto, lógicamente, nos lleva a preguntarnos entonces cuál es el riesgo de una cartera de inversión, que, sin ser tampoco un problema grave, tiene algo más de dificultad que la rentabilidad. La base es sencilla, así como la rentabilidad de la cartera se basa en la

ponderación de los propios activos sucede lo mismo con la varianza y el riesgo, sin embargo, hay un añadido que de hecho es fundamental para los modelos que veremos a continuación, que es la propia relación entre los distintos activos. Esto hace referencia a que los diferentes activos y sus distribuciones media-varianza pueden guardar una relación entre sí, y esto históricamente en estadística se mide como la covarianza.

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=i}^n x_i x_j \sigma_{ij}^2 \quad [4]$$

Donde  $\sigma_p^2$  es la varianza de la cartera y la medición de su riesgo,  $x_i$  y  $x_j$  son las ponderaciones para cada par de valores de la cartera y  $\sigma_{ij}^2$  la covarianza para ese par de valores.

Esta medición nos aporta información sobre cómo alguno de los activos puede influir en otros y es necesario para componer una cartera sólida, ya que si solo se tuviera en cuenta la varianza podría causar problemas serios. Una covarianza de valor alto, cercana 1 como máximo, implica que los dos activos se comportan de forma muy acompasada, y el signo si lo hacen de forma directa en caso de ser positivo o inversa de ser negativo. Acompañando al vector de pesos tendremos en relación con éstos la matriz de covarianzas, que representará la varianza y covarianzas entre todos los activos de la cartera.

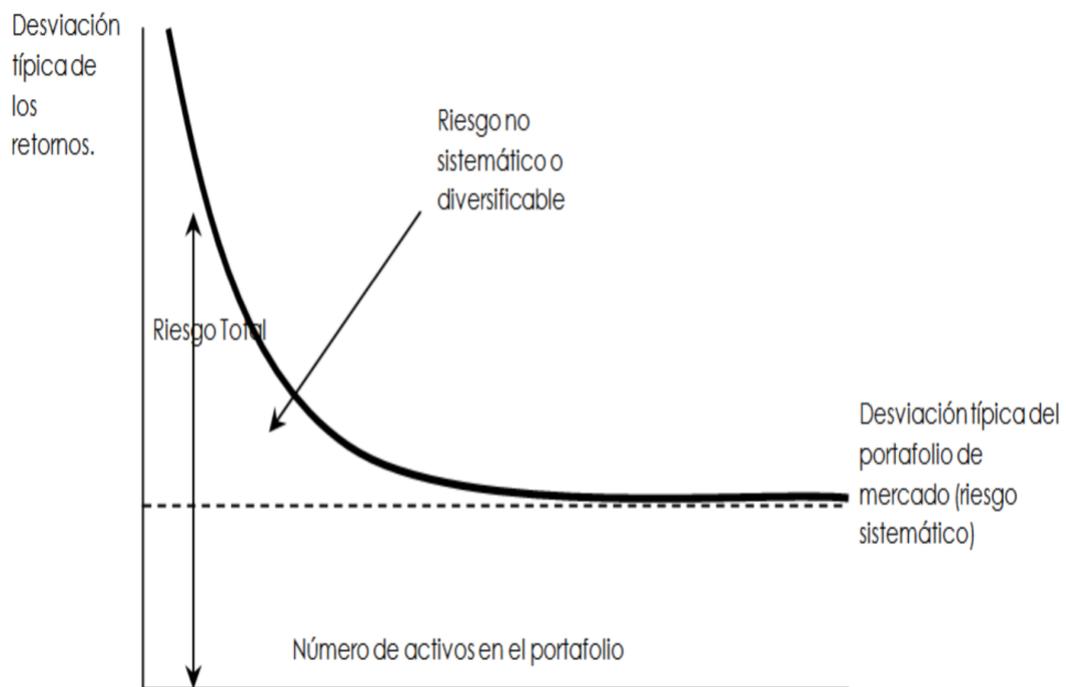
Habiendo explicado ya cómo medir tanto la rentabilidad como el riesgo de una cartera es hora de introducir las metodologías y modelos que se emplean en el día a día para trabajar con éstos y que son los que se emplearán más adelante en este TFG.

### 3.2.1 Modelo de Markowitz

En la década de los cincuenta el economista Harry Markowitz dio inicio a la teoría moderna de carteras y a un cambio radical en todo el campo del análisis financiero que aún se mantiene a día de hoy con la presentación de su trabajo “Portfolio Selection”. Este artículo fue una revolución que más adelante le procurará un premio Nobel en 1990 y fue la base del conocido modelo de Markowitz, que supone el principal modelo que se aplicará en este trabajo. El modelo aporta numerosas consideraciones relevantes que se explicarán a continuación antes de proceder a aplicarlo en el siguiente capítulo. Los principales cambios en el paradigma que introdujo Markowitz son:

- El modelo Media-Varianza (MV): anteriormente en este capítulo ya se ha explicado en qué consiste este concepto, pero no es hasta que lo pone en práctica Markowitz que se empezó a emplear. Esto fue un cambio fundamental en los paradigmas de la época por su eficacia y desde entonces es una de las interpretaciones más empleadas en el mercado. Como ya se ha comentado anteriormente, el inversor tratará siempre de aumentar la rentabilidad y reducir el riesgo, lo que el propio Markowitz definió como la **conducta racional del inversor**.

- El riesgo sistemático y no sistemático: el modelo define que existe una diferencia entre el riesgo intrínseco de una compañía en concreto y el riesgo sistemático que hay en la totalidad del mercado por motivos de ciclo económico y otras variables generales que afectan a la totalidad del mercado. Estos dos riesgos son muy distintos entre sí ya que a la hora de invertir el riesgo sistemático siempre va a estar ahí pero el modelo de Markowitz sostiene que mediante la diversificación de activos puede eliminarse el riesgo no sistemático, como puede apreciarse en la Figura 1. Tradicionalmente la diversificación denominada naive se realizaba simplemente invirtiendo en activos de distintos sectores, pero fue Markowitz quien introdujo la formalización matemática de diversificación mediante el estudio de las covarianzas entre los activos de la cartera. A esto se le denomina diversificación científica y ha demostrado ser mucho más eficiente a la hora de eliminar el riesgo. Cabe recalcar que esta medida no causa efecto a los riesgos generales de la economía ya que “Diversos estudios han demostrado que la diversificación del riesgo está limitada a la eliminación del riesgo no sistemático y que se consigue incluyendo de 12 a 15 valores en la cartera, que no mejora por aumentar más este valor” (Maroto et al., 2012). La diversificación es una de las claves de la gestión carteras actual y se ha demostrado que emplear el modelo de Markowitz en vez de perspectivas tradicionales es mucho más eficiente, obtiene mejores resultados y reduce los costes de gestión en gran medida



**Figura 1: Diversificación y riesgo - Fuente: Suárez, 2008.**

- Carteras eficientes: la concepción MV junto con la diversificación científica introducen en el modelo de Markowitz el que tal vez sea el concepto más importante de este trabajo, las **carteras eficientes**. El punto central del modelo consiste en que a través de una diversificación correcta desde el punto de vista matemático puede conseguirse una cartera que para un mismo nivel de rentabilidad consiga un riesgo menor, o viceversa para un mismo nivel de riesgo una rentabilidad mayor. Con la conducta racional del inversor en mente, esto significa que literalmente con un mismo grupo de activos de base, podemos encontrar composiciones de carteras simplemente mejores que otras ya

que están configuradas de forma eficiente. Este es el pilar clave de la composición moderna y de este trabajo, maximizar la rentabilidad y reducir el riesgo con ayuda de una diversificación científica que permita hacerlo de la forma adecuada mediante modelos de optimización multiobjetivo.

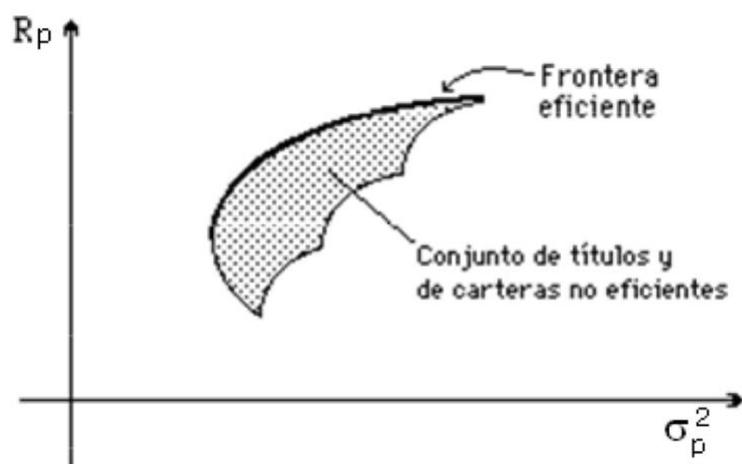
Con la introducción de estos conceptos, Markowitz revolucionó el mundo de las finanzas al introducir criterios matemáticos y de optimización en un entorno clásico que funcionaba con métodos tradicionales generalmente basados en la intuición.

El modelo de las carteras eficientes tiene aún un factor clave por explicar y es cómo se realiza la optimización como tal. Como se ha visto el modelo de Markowitz trata de maximizar la rentabilidad y reducir el riesgo, lo que supone dos objetivos distintos a cumplir, y esto se hace a través de técnicas de programación no lineal enfocadas de dos formas diferentes. El planteamiento de Markowitz consiste en fijar una de ambas variables a un nivel deseado como restricción, una rentabilidad mínima o un riesgo máximo, y resolver el modelo no lineal, estos términos independientes de las restricciones que reflejan los límites en el riesgo o la rentabilidad se les denomina RHS. En la Figura 2 podemos ver cuáles son las funciones objetivo y restricciones para estas dos alternativas, así como sus términos independientes VRHS y ERHS que en la práctica son valores concretos. En cuales son las herramientas prácticas reales se emplean para la resolución de este modelo se profundizará en el capítulo cuatro con Excel.

	Maximización de Rentabilidad	Minimización de Riesgo
<b>Función Objetivo</b>	$MAX E_p = \sum_{i=1}^{i=n} x_i E_i$	$MIN \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=i}^{j=n} x_i x_j \sigma_{ij}^2$
<b>Restricciones Paramétricas</b>	$\sum_{i=1}^{i=n} \sum_{j=i}^{j=n} x_i x_j \sigma_{ij}^2 \leq V^{RHS}$	$\sum_{i=1}^{i=n} x_i E_i \geq E^{RHS}$
<b>Restriccion para el Presupuesto</b>	$\sum_{i=1}^{i=n} x_i = 1$	$\sum_{i=1}^{i=n} x_i = 1$
<b>No negatividad</b>	$\forall x_i \geq 0$	$\forall x_i \geq 0$

**Figura 2: Funciones de optimización Markowitz - Fuente: Elaboración Propia**

Por último, queda un concepto fundamental del modelo de Markowitz, especialmente para este trabajo, la frontera eficiente. Los principios expuestos por el economista radican en que la diversificación y optimización científica dan lugar a carteras eficientes dentro de todas las posibilidades, esto significa, y de acuerdo con como se ha expuesto en el párrafo anterior que se resuelve el modelo, que para cada rentabilidad mínima exigida existirá una composición de la cartera que minimice el riesgo y viceversa, dando lugar una serie de parejas rentabilidad-riesgo consideradas como eficientes. Esto significa que esos resultados serán mejores que otras alternativas ya que para un mismo riesgo serán más rentables que otras composiciones. Es a esta serie de parejas entre rentabilidades y riesgos eficientes a lo que se denomina **frontera eficiente**, y de acuerdo con el modelo de Markowitz toda cartera optimizada deberá encontrarse en un punto sobre esta recta si no quiere considerarse simplemente como inferior (Véase Figura 3). Sobre en cuál de los puntos de la recta posicionarse dependerá de la estrategia y los gustos del inversor, decidiendo qué nivel de riesgo está dispuesto a asumir. En resumen, consiste en emplear la optimización multiobjetivo entre maximizar rentabilidad y minimizar riesgo para obtener soluciones eficientes.



**Figura 3: La Frontera Eficiente - Fuente: Mascareñas, 2012, <http://gacetafinanciera.com/TEORIARIESGO/CMark.pdf>**

### 3.2.2 Modelo de Sharpe

A pesar de la gran revolución que supuso el modelo de Markowitz, no tardaron en aparecer problemas que dificultaron su uso en base a un problema habitual en los cálculos de optimización, la complejidad del mismo. Para poder aplicarlo a una serie de  $N$  activos es necesario calcular  $N$  medias,  $N$  varianzas y, lo realmente problemático,  $(N^2 - N)/2$  covarianzas, haciendo que la cantidad de cálculos necesarios para resolverlo escala exponencialmente con el número de elementos potenciales de la cartera. Esto supone una dificultad preocupante que imposibilitaba en la práctica su utilización en muchos casos, y es aquí donde aparece el Modelo de Sharpe. La propuesta del economista William Sharpe, que le acabaría valiendo el premio Nobel junto a Markowitz, consiste en mantener la idea inicial del anterior, pero abstrayendo y simplificando para así volverlo práctico y aplicable en el día a día de las inversiones en el mercado.

El modelo de Sharpe consiste en reducir los numerosos parámetros expuestos de Markowitz en solamente uno por activo, es decir N en total. Esto se consigue midiendo la variación de la rentabilidad no de una forma aislada sino como una relación con un índice de referencia. Esta relación se mide con el nuevo parámetro, conocido como el coeficiente beta del activo. La lógica que da lugar a esto y que Sharpe descubrió, tutorizado por Markowitz, es que la gran mayoría de influencias cruzadas detectadas a través de las covarianzas de los activos no eran fruto de una relación explícita entre ellos sino a que todos forman parte del mismo mercado o entorno y da lugar a ciertas similitudes en el comportamiento. Debido a esto, si se designa un índice de referencia adecuado que sea capaz de representar estas similitudes en el comportamiento, conocido como factor subyacente, la relación de un activo con éste a través de la beta nos permitirá medir con mucha facilidad el riesgo propio del activo y por tanto de la cartera. En la práctica, los índices bursátiles, como ya se explicó en el capítulo anterior, suelen ser la mejor referencia posible, ya que al estar compuestos por muchos activos importantes es la representación más fiable del mercado en general. Con esta explicación, podemos ver el modelo de Sharpe planteado por Maroto (2012) como:

$$r_{it} = \alpha_i + \beta_i r_{It} + e_{it} \quad [5]$$

Donde:

- $r_{it}$  = representa la rentabilidad del valor i en el periodo t
- $\alpha_i$  = coeficiente alfa, intersección de la recta de regresión con el eje de ordenadas
- $\beta_i$  = coeficiente beta, pendiente de la recta de regresión
- $r_{It}$  = rentabilidad del índice I del mercado en el periodo
- $e_{it}$  = error aleatorio de la regresión cuya  $E(e_{it}) = 0$  y  $\text{Var}(e_{it}) = \sigma_i^2$

La obtención de los coeficientes de este modelo se realiza usando regresión lineal entre los activos por separado y el índice de referencia, y la lectura de estos parámetros puede aportar mucha información a los inversores. Entrando más en profundidad sobre lo que representa los términos del modelo tenemos:

- $\alpha_i$ : el coeficiente Alfa como aparece en la ecuación [5] supone el punto de corte con el eje. Esto a nivel explicativo supone que representa la rentabilidad esperada del activo cuando no hay rentabilidad en el mercado. Para mejorar la precisión del modelo y de este parámetro “Es aconsejable realizar la regresión sobre el exceso de rentabilidad, esto es, una vez deducido un valor constante para el precio del dinero sin riesgo.” (Maroto et al., 2012)
- $\beta_i$ : el coeficiente beta es el valor más característico del modelo de Sharpe. Supone la pendiente de la recta y por tanto mide la sensibilidad de la rentabilidad del activo frente a las variaciones del índice de referencia, que hace referencia tanto al mercado como tal como al comportamiento de los demás activos. Además, como este parámetro mide la relación con el entorno general es considerado como una forma de medir el riesgo sistemático del activo. Cuanto más elevado sea su valor, mayor será la volatilidad del mismo.

- $e$ : hace referencia al error del ajuste, es decir la diferencia entre lo previsible teniendo en cuenta la regresión y el resultado final. Relacionándolo con el planteamiento teórico del modelo, puede considerarse que la  $e$  sirve para poder medir el riesgo no sistemático de cada activo.

Con esto expuesto, la configuración de una cartera sigue el mismo patrón expuesto en el modelo de Markowitz y la resolución del modelo de optimización multiobjetivo igual, ya que a fin de cuentas éste es sólo un intento de simplificar el cálculo y ejecución del primero. La rentabilidad esperada de cada activo será el resultado de la regresión, y con el vector de pesos se tendrá el de la cartera. Por su parte, la gran mejora es que, en vez de calcular la matriz de covarianzas, la beta servirá para medir la volatilidad de los activos, y la media de éstas nos proporcionará el riesgo sistemático de la cartera en su conjunto. El núcleo del modelo de Markowitz con la diversificación científica como método para eliminar el riesgo no sistemático sigue aquí presente, transformando las distintas  $e$  en algo despreciable, que es a fin de cuentas el objetivo real de la optimización de carteras.

Las funciones de la optimización finales son muy similares a las de Markowitz, como se muestra en el resumen de la Figura 4. La función de la rentabilidad mantiene el mismo esquema exacto, pero donde la  $E_i$  de cada valor se calcula con la fórmula de Sharpe [5]. La variación más significativa, y como se ha expuesto, consiste en el cambio de la fórmula del riesgo.

	Maximización de Rentabilidad	Minimización de Riesgo
Función Objetivo	$MAX E_p = \sum_{i=1}^{i=n} x_i E_i$	$MIN \sigma_p^2 = \left( \sum_{i=1}^{i=n} x_i \beta_i \right)^2 e_i^2 + \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 e_i^2$
Restricciones Paramétricas	$\left( \sum_{i=1}^{i=n} x_i \beta_i \right)^2 e_i^2 + \sum_{i=1}^{i=n} x_i^2 e_i^2 \leq V^{RHS}$	$\sum_{i=1}^{i=n} x_i E_i \geq E^{RHS}$
Restricción para el Presupuesto	$\sum_{i=1}^{i=n} x_i = 1$	$\sum_{i=1}^{i=n} x_i = 1$
No negatividad	$\forall x_i \geq 0$	$\forall x_i \geq 0$

Figura 4: Funciones de optimización Sharpe - Fuente: Elaboración Propia

# **Capítulo 4 Elaboración y resolución de modelos de sostenibilidad**

## 4.1 Planteamiento del caso

Una vez se ha explicado el marco en el que se desarrolla este trabajo en lo relativo al sector financiero y a los modelos teóricos que hay detrás, en este capítulo se aplica el modelo de Sharpe con datos reales. Este caso práctico consistirá en la elección de una serie de activos financieros encajados en el marco planteado en el capítulo dos, a partir de los cuales se pondrán en práctica las metodologías expuestas en el capítulo tres con la intención de crear una serie de carteras eficientes en base a distintos objetivos. Todo esto estará motivado, y a la vez diferenciado de los planteamientos habituales del sector, por la idea de añadir los criterios de sostenibilidad fundamentales en este trabajo. En definitiva, aplicar en un ejemplo real todos los conceptos expuestos hasta ahora para comprobar cómo interactúan entre sí y poder ver los resultados de las técnicas habituales en los objetivos del trabajo.

Para la realización de un caso práctico de este tipo el primer paso es seleccionar los activos financieros sobre los que se va a trabajar, es decir aquellos que sean susceptibles de ser incluidos en la cartera optimizada, en este caso se ha subdividido en dos decisiones a su vez.

- La primera es elegir qué **tipo de activos** son sobre los que se desea trabajar. En este caso, y como ya se adelantó en el capítulo anterior, la decisión ha sido la de la renta variable en forma de acciones de bolsa. Los motivos detrás de esto son varios: son el activo más habitual sobre el que se realizan las carteras de inversión, hay una gran cantidad de información disponible, el componente del riesgo que interesa analizar está incluido en su justa medida, y tiene a su vez una diversidad interna entre las distintas acciones tan grande que resulta muy interesante elegir entre alternativas a la hora de crear una cartera. En definitiva, son lo bastante particulares y arriesgadas para que sea de interés analizarlas a la vez que son lo más habitual y de lo que más información puede encontrarse.
- La segunda consiste en cuáles van a ser los activos concretos una vez determinado el tipo. Tratándose de acciones, las opciones son enormes por la multitud de bolsas y sus empresas cotizadas que hay en el mundo. Debido a los miles de posibilidades es necesario acotar mucho para que aplicar los algoritmos sea viable, además que como ya se comentó en el capítulo 3 según Maroto (2012) la optimización de la diversificación toca su techo con entre 12 y 15 acciones, de modo añadir más resulta ineficiente. Con esto en mente la opción inicial es centrarse en las acciones que componen el índice de referencia de la bolsa española, el IBEX 35. Es la selección más representativa del mercado español, cuenta con un buen número de acciones diferentes, tiene diversidad en términos de sector y operativa, y además al formar ellas mismas partes de un índice encajan a la perfección con el modelo de Sharpe.

Con esto en mente aún queda tener en cuenta un aspecto más, los criterios de sostenibilidad que forman parte esencial de este trabajo. Como ya se introdujo en el capítulo dos, existen numerosos índices y otros elementos de referencia para la inversión sostenible. En este tipo de inversiones sostenibles lo habitual es emplear éstas a modo de filtro, es decir, realizar una optimización típica de la cartera, pero donde todos los activos candidatos han sido validados como sostenibles, pero este no es el método que se aplicará en esta ocasión.

La forma habitual de emplear un sistema, se podría decir binario, donde una empresa se cataloga como sostenible o no y luego trabajar sólo con las que se han considerado como válidas es eficiente por su sencillez, pero tiene limitaciones. Estas limitaciones son principalmente que reduce el concepto entero de sostenibilidad a un sí o un no, lo cual es un nivel de simplificación bastante alto, y que es prácticamente imposible modularlo en función del perfil del inversor sin entrar en re-seleccionar los activos mediante otro índice de validez. Por ello en este trabajo la idea es emplear un sistema para incluir el criterio de sostenibilidad de forma menos cualitativa y binaria y más cuantitativa. De este modo, tratando de medir con algo más de precisión, dentro de los límites de conceptos tan generales como la sostenibilidad, permitirá incluirlo de forma más orgánica en la optimización matemática que caracteriza los modelos planteados en el capítulo tres.

Con esto en mente, es necesario recordar un concepto del capítulo dos para explicar cómo se va a proceder, los índices de sostenibilidad. Concretando, el que tiene mayor relevancia para el planteamiento del caso es el DJSI (Dow Jones Sustainability Index) debido a que va a ser la base para la perspectiva de sostenibilidad. El año pasado, el DJSI incluyó un total de 15 compañías españolas, pero como ya se ha comentado el objetivo no es solamente considerar éstas sino ir más allá, y para ello es necesario ir al elemento que subyace al índice y que nos servirá de criterio para el modelo: el Corporate Sustainability Assessment (CSA).

Con cada revisión de los índices DJSI, la consultora responsable del índice S&P (2022) explica como evalúa a más de 10.000 empresas candidatas al él para ver si cumplen o no los criterios de sostenibilidad necesarios para entrar en el prestigioso referente. Esta ardua tarea se realiza a través del CSA, una serie de cuestionarios extensos individualizados por industria que S&P aplica a todas las candidatas para medir si se ajustan o no a sus 20 criterios de sostenibilidad. Una vez finalizados los cuestionarios, la consultora no lo deja en un apto o no apto, sino que les confiere una puntuación de hasta 100 a modo de medición, y es esta puntuación la que luego emplea para componer los índices. Esto brinda una oportunidad magnífica para aplicar todo lo expuesto sobre cómo incluir la sostenibilidad dentro de la optimización.

En lugar de emplear el DJSI como criterio de sí o no, se utilizará la puntuación CSA que subyace a este prestigioso índice como criterio a la hora de aplicar las metodologías elegidas al modelo. De este modo, ajustando los parámetros será más sencillo y mucho más preciso ajustar el resultado dependiendo de los potenciales perfiles de inversor. Como último comentario, de las 30 empresas principales del IBEX tan sólo 26 fueron consideradas para el CSA, por lo que como último criterio de criba serán sólo éstas las que tendremos en consideración como candidatas a la cartera. En la Figura 5 pueden verse las puntuaciones CSA de todas las empresas del IBEX admitidas a evaluación, de lo cual nos quedaremos con las 26 finales.

El 80% del Ibex saca mejor nota que el año pasado

Valores del Ibex, ordenados por su puntuación ESG en el 'CSA'\* de S&P Global

COMPañÍA	PUNTAJCIÓN 2020	PUNTAJCIÓN 2021**	SUBE/BAJA (PUNTOS)	¿ESTÁ EN EL DJSI WORLD?
Acciona	90	90	0	No
Iberdrola	87	89	2	Sí
BBVA	88	88	0	Sí
Endesa	87	87	0	Sí
REE	89	86	-3	Sí
Telefónica	79	86	7	No
CaixaBank	85	85	0	Sí
Enagás	87	85	-2	Sí
Indra	84	85	1	Sí
Santander	83	85	2	Sí
Bankinter	80	83	3	Sí
Siemens Gamesa	79	83	4	Sí
Amadeus	81	79	-2	Sí
Ferrovial	77	79	2	Sí
Mapfre	77	77	0	No
Naturgy	86	77	-9	No
Inditex	75	75	0	Sí
Cellnex	66	73	7	No
ACS	77	68	-9	No
Banco Sabadell	55	66	11	No
AENA	29	60	31	No
Fluidra	26***	60	34	No
Grifols	56	60	4	Sí
Merlin Properties	32	58	26	No
Repsol	38	50	12	No
ArcelorMittal	49	42	-7	No
IAG	32	35	3	No
Solaria	13	30	17	No
Viscofan	16	21	5	No

(\*) Corporate Sustainability Assessment, formulario sobre ESG con unas 100 preguntas.  
 (\*\*) Según los datos publicados en noviembre de 2021. (\*\*\*) Dato de 2018.  
 Nota: S&P no ofrece datos para Acerinox, Almirall, Colonial, CIE Automotive, Meliá y PharmaMar.  
 Además de las empresas del gráfico, en el DJSI World está incluida Línea Directa.  
 Fuente: S&P Global. elEconomista

**Figura 5: Puntuación CSA de Empresas del IBEX - Fuente: El Economista, por Domínguez, 2021, <https://www.economista.es/inversion-sostenible-asg/noticias/11514474/12/21/Acciona-Iberdrola-y-BBVA-las-mejores-en-ESG-para-SP.html>**

## 4.2 Obtención y depuración de los datos para el modelo

Una vez planteada la idea base del modelo es necesario conseguir los datos necesarios para formularlo y resolverlo, disponiendo de la cantidad suficiente para contar con un mínimo de precisión aceptable en las estimaciones y en la regresión. Para ello primero se expondrá cual es la fuente elegida para obtenerlos, luego cual es el formato de los datos y finalmente el proceso de obtención y depuración para poder trabajar con ellos de forma adecuada.

### 4.2.1 Fuente de los datos

El asunto más importante a la hora de hacer un trabajo relacionado con la investigación operativa es asegurarse que se tiene acceso a una cantidad suficiente de datos para realizar el modelado, poder resolverlo con eficacia y que estos resultados sean representativos de la realidad y aplicables en la práctica. En el mundo de las finanzas suele haber una gran disponibilidad de datos en general, pero si nos centramos en las acciones estas fuentes son aún más abundantes, lo cual es uno de los motivos por los que se las eligió para el trabajo en el capítulo tres. Por tanto, no contamos con unos datos recogidos por una empresa que nos los facilita para realizar el modelo, pero si con una gran oferta de distintas plataformas para obtener la información que necesitamos.

Esta oferta de la que se ha hablado consiste en una multitud de proveedores de datos que se encargan de acudir a las distintas bolsas y mercados del mundo, recopilar la información que éstas hacen pública de sus actividades, y ofertarlas al mundo con una gran variedad de condiciones y formato. Ya que la mayoría de los mercados son o empresas públicas directamente o están obligados a tener un alto nivel de transparencia, todos los datos sobre transacciones y operaciones con las acciones están registrados y se puede acceder a ellos directamente. El motivo por el cual existen estos distintos proveedores es para proporcionar esa diversidad en cuanto a la forma en la que se accede a esos datos, esto hace referencia a diversos criterios como: el formato, la cantidad de datos disponible, reunir distintos datos interesantes y relacionados en un mismo lugar, seguridad de que los datos son de fiar o facilidades de acceso. Considerar los distintos factores y elegir el que más se ajuste a las necesidades del trabajo suele ser esencial para un buen desempeño. De acuerdo con Pik y Ghosh (2021), las mayores fuentes de datos (datasources) gratuitas en términos de bolsa son: EconDB, Yahoo! Finance, el repositorio de la FRED (Federal Reserve Bank of St Louis'), el repositorio de Google, MarketStack y la plataforma Quandl.

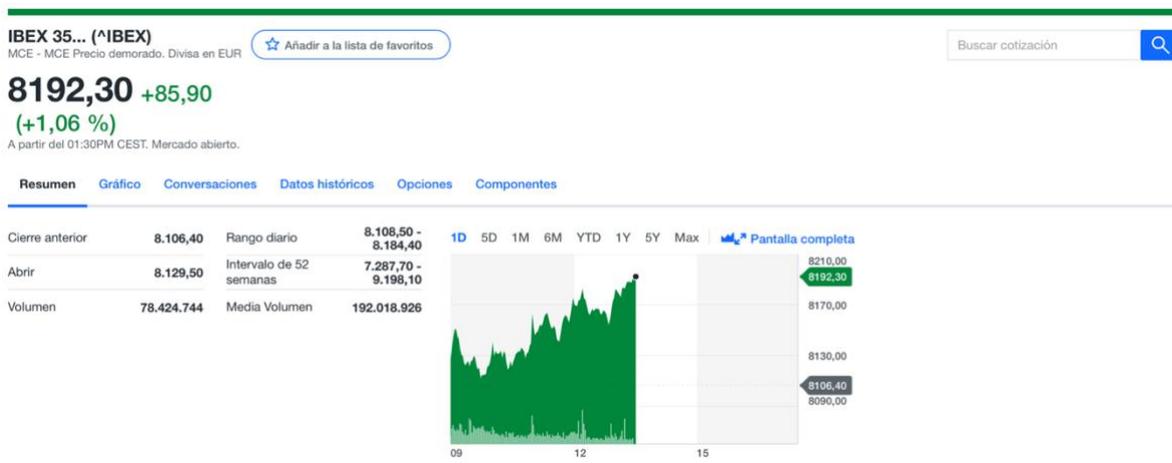
En este trabajo, se ha decidido obtener la información de uno de los anteriores y más extendidos a nivel global, Yahoo! Finance. Los motivos principales por los que se considera el más adecuado son:

- Almacén con datos de relevancia: Yahoo! tiene en su repositorio datos financieros de todas las grandes bolsas del mundo y, concretamente, tiene todos los datos históricos del IBEX35 y de todos sus valores, que son los necesarios para el trabajo.

- **Facilidad de Acceso:** ya que se necesitan bastantes datos, no es viable descargarlos de forma manual, como se puede hacer desde la página oficial de la Bolsa española, por ejemplo. De modo que es necesario contar con una buena API (Application Programming Interface) que permita realizar las peticiones y obtener todos los datos de forma rápida.
- **Libre acceso:** pese a que tiene limitaciones con grandes cantidades de datos en tiempo real, todas las funcionalidades requeridas para este trabajo están disponibles de forma completamente gratuita.

## 4.2.2 Disposición de Yahoo! Finance y formato de los datos

Yahoo! Finance tiene una funcionalidad muy sencilla que permite encontrar sus datos de forma directa a través de la barra de búsqueda, y una vez en la página concreta consultar distintas características muy variadas, y esto es aplicable tanto a las acciones de una empresa como a los índices en general. De este modo puede navegarse a través de las pestañas y acceder desde la página de un índice a sus características e incluso a las acciones que lo componen como se puede ver en las Figuras 6 y 7.



**Figura 6: Página principal del IBEX35 - Fuente: Yahoo! Finance 2022**

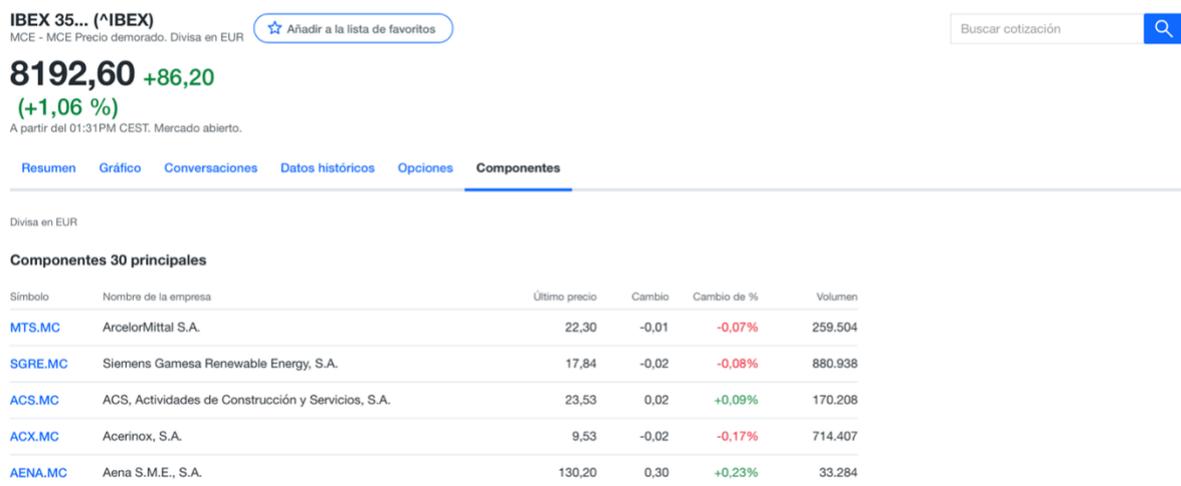


Figura 7: Componentes del IBEX35 - Fuente: Yahoo! Finance 2022

Desde el apartado de los componentes puede accederse a las 30 acciones principales con solo clicar encima, e ir a la página inicial de ese activo y ver las características. Toda esta navegación es necesaria para llegar al apartado que más compete a este trabajo tanto para el índice como las acciones, que son los datos históricos. En las Figuras 8 y 9 se puede ver la página inicial de Inditex a modo de ejemplo y después sus datos históricos, que se explica a continuación por su relevancia para la obtención de los datos y la formulación del modelo.

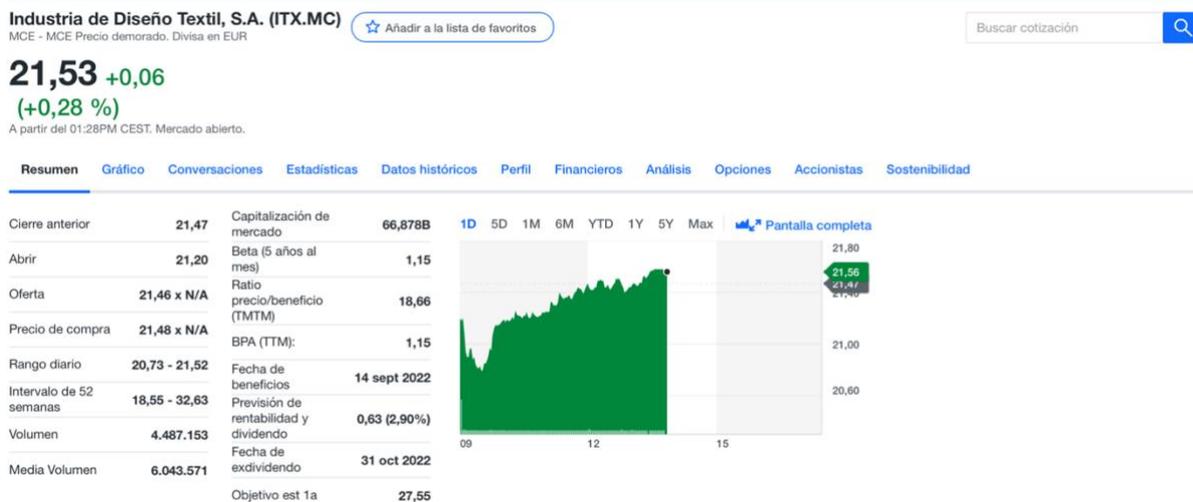
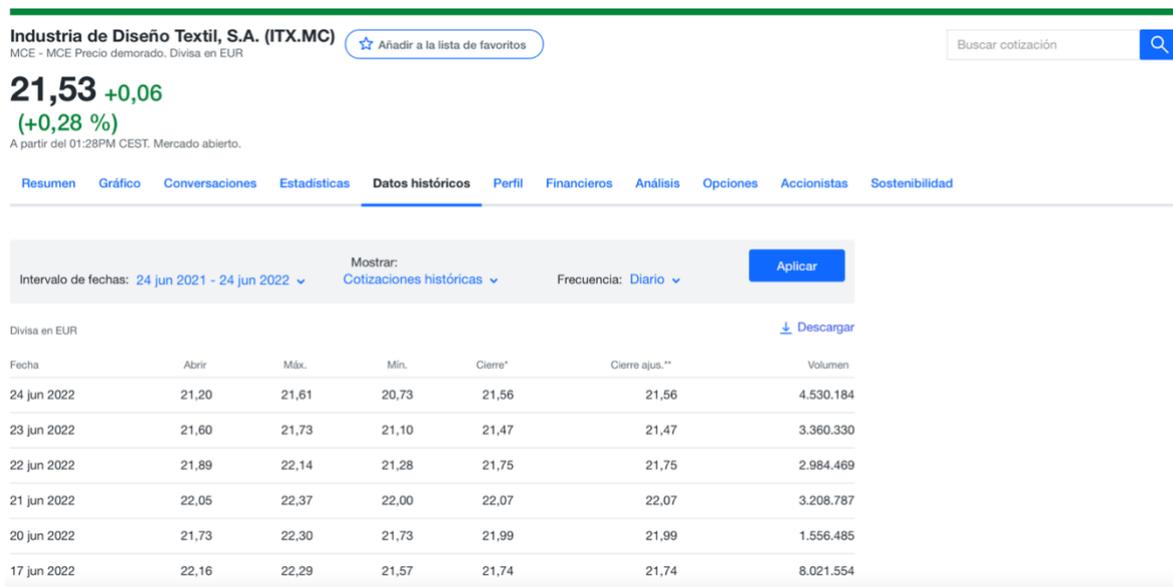


Figura 8: Resumen Inditex - Fuente: Yahoo! Finance 2022



**Figura 9: Datos históricos de Inditex - Fuente: Yahoo! Finance 2022**

En la pestaña de datos históricos encontramos la información que hará falta descargar, que será la base para el modelo que se resolverá más adelante. Desde este punto puede buscarse los valores para cualquier rango de fechas disponible, y si se desean obtener los datos en formato diario, semanal o mensual. En el panel se ve la información que consiste en: la fecha de los datos, el precio de apertura de ese periodo, los valores máximos y mínimos que se alcanzaron, el precio de cierre, el precio de cierre ajustado en función de los posibles dividendos repartidos y el volumen de acciones del mercado. A continuación, se verá como obtener estos valores, pero para las 26 acciones, y más concretamente cuales serán los que realmente son relevantes para el modelo.

### 4.2.3 Obtención y depuración de los datos

Como se ha comentado en el apartado anterior, la cantidad de datos necesarios para el modelo hace que no sea práctico obtenerlos de forma manual, por ello es necesario emplear herramientas de automatización que nos permitan obtenerlos de forma rápida y sencilla. Para esto se ha decidido emplear un recurso muy empleado en el mundo de la informática y también de la investigación, el lenguaje de programación Python.

Python es uno de los tres lenguajes de programación más extendidos del mundo, empleado para una multitud de tareas muy distintas y con una enorme complejidad. Sin embargo, en este trabajo sólo se hará referencia a un par de librerías y funcionalidades muy concretas útiles para la tarea que compete aquí. A través de la API de Yahoo! Finance, Python es capaz de retirar con mucha sencillez una gran cantidad de datos, que está más limitada por las restricciones del proveedor que por la herramienta. Con ayuda de la explicación de Pik y Ghosh (2021) se ha realizado el siguiente script para la obtención que puede verse en la Figura 10.

```

6 import pandas as pd
7 from pandas_datareader import data as wb
8
9 acciones = ['RED.MC', 'SGRE.MC', 'AENA.MC', 'TEF.MC', 'ACS.MC', 'MEL.MC', 'GRF.MC', 'REP.MC', 'COL.MC',
10            'ITX.MC', 'MAP.MC', 'FER.MC', 'ENG.MC', 'ANA.MC', 'PHH.MC', 'IAG.MC', 'MRL.MC', 'CLNX.MC',
11            'IBE.MC', 'BBVA.MC', 'NITGY.MC', 'SAN.MC', 'AMS.MC', 'ELE.MC', 'FDR.MC', 'ACX.MC', 'SAB.MC',
12            'CABK.MC', 'MTS.MC', 'BKT.MC', '^IBEX']
13
14 start_date = '2017-01-01'
15 end_date = '2022-06-02'
16
17 open = pd.DataFrame()
18 close = pd.DataFrame()
19 adj_close = pd.DataFrame()
20 div = pd.DataFrame()
21 rend = pd.DataFrame()
22
23 for t in acciones:
24     stocks = wb.get_data_yahoo(t, start_date, end_date, interval='m')
25     dividends = wb.DataReader(t, "yahoo-dividends", start_date, end_date)
26
27     open = stocks["Open"]
28     close = stocks["Close"]
29     adj_close = stocks["Adj Close"]
30     rend[t] = (stocks["Adj Close"] - stocks["Open"]) / stocks["Open"]
31     div[t] = dividends["value"].astype(float)
32
33 rend.to_excel('IBEX35_Rendiminetos.xlsx')

```

**Figura 10: Script de descarga de datos históricos - Fuente: Elaboración propia**

La función de este script es la descarga en formato Excel de las rentabilidades históricas de las 26 acciones susceptibles a incorporarse a la cartera. Se ha decidido un periodo mensual para la rentabilidad, ya que el diario y semanal es demasiado volátil como para ser de utilidad en el largo plazo y el anual consta de demasiados pocos datos, se han recogido los datos de 66 meses para realizar las estimaciones.

Aún sin intención de detenerse en apartados informáticos mucho tiempo, es necesario explicar la Figura 10 ligeramente para entender como se realiza la descarga. Las partes más importantes son las dos librerías importadas: pandas para dar forma a los datos y pandas\_datareader para realizar la operación de descarga como tal. Datareader es una librería diseñada para dar esta funcionalidad de forma sencilla y permite a cualquiera que instale Python acceder a datos muy rápido, siguiendo los pasos del código: marca la lista acciones poniendo todos los tickers de bolsa de las acciones que se desea en la lista 'acciones', señala las fechas de inicio y de fin, y por último ejecuta la lectura de Yahoo! con el interval = 'm' para hacer referencia al periodo mensual. Solamente con esto ya se descarga la serie histórica por completo de todos los valores y se depositan en la estructura de datos que ofrece pandas conocidas como "DataFrames".

Una vez se tienen los datos almacenados en estas estructuras, se calcula la rentabilidad como la diferencia entre el precio de apertura y el de cierre ajustado, que también incorpora el efecto de los dividendos como se comentó en el capítulo tres. Después se divide por el precio de apertura para obtener la rentabilidad en porcentaje, se realiza esta actividad en bucle para todas las acciones de la lista y finalmente en la última línea se descarga como un Excel. El script está planteado para que añadiendo solamente una copia de la última línea poder descargar toda la información de stocks y de los dividendos y para poder cambiar las acciones solamente modificando la lista. Una muestra del resultado de este pequeño programa se puede ver en la tabla de la Figura 11:

Date	RED.MC	SGRE.MC	AENA.MC	TEF.MC	ACS.MC	GRF.MC
2016-12-31 00:00:00	-0,07782419	-0,1663	-0,16435	-0,28758	-0,29564	-0,01623
2017-01-31 00:00:00	0,01821985	-0,11084	-0,19786	-0,25276	-0,22502	-0,02899
2017-02-28 00:00:00	0,05386417	-0,124	-0,12013	-0,24864	-0,20167	0,034859
2017-03-31 00:00:00	-0,00610775	-0,26604	-0,11764	-0,32427	-0,19668	0,002724
2017-04-30 00:00:00	0,11592183	0,007383	-0,10824	-0,31789	-0,21262	-0,04179
2017-05-31 00:00:00	-0,08387578	-0,08407	-0,21847	-0,36529	-0,28124	-0,08365
2017-06-30 00:00:00	-0,01815221	-0,27725	-0,20592	-0,25246	-0,26722	-0,0834
2017-07-31 00:00:00	0,03996695	-0,09498	-0,19043	-0,33789	-0,25113	-0,05776
2017-08-31 00:00:00	-0,05576204	-0,12696	-0,23496	-0,27663	-0,24483	-0,02615
2017-09-30 00:00:00	0,08319094	0,131937	-0,14541	-0,29485	-0,16139	0,042321
2017-10-31 00:00:00	0,03373236	-0,16381	-0,13631	-0,32439	-0,26768	-0,14393
2017-11-30 00:00:00	-0,01552224	0,081676	-0,17146	-0,33021	-0,23085	-0,06367
2017-12-31 00:00:00	-0,08765363	0,094853	-0,14518	-0,24052	-0,23899	0,00777
2018-01-31 00:00:00	-0,06868453	0,030608	-0,21322	-0,28082	-0,31704	-0,17209
2018-02-28 00:00:00	0,05021966	-0,00482	-0,19936	-0,24429	-0,14026	-0,03147
2018-03-31 00:00:00	0,03287514	0,090337	-0,13913	-0,21457	-0,13684	-0,03595
2018-04-30 00:00:00	-0,03645839	-0,08191	-0,17862	-0,33085	-0,20944	0,025279
2018-05-31 00:00:00	0,04431136	-0,13359	-0,19192	-0,28463	-0,24514	-0,02928
2018-06-30 00:00:00	0,04643786	0,05677	-0,13741	-0,18358	-0,12795	-0,06884
2018-07-31 00:00:00	0,00835652	0,062949	-0,15978	-0,30067	-0,23389	-0,02098
2018-08-31 00:00:00	0,00083225	-0,15354	-0,15648	-0,25173	-0,17893	-0,07979
2018-09-30 00:00:00	0,01272825	-0,09652	-0,18915	-0,18621	-0,27978	-0,00511
2018-10-31 00:00:00	0,04191777	0,26839	-0,14706	-0,16121	-0,17944	-0,05332
2018-11-30 00:00:00	0,01430809	-0,17179	-0,18543	-0,29968	-0,21937	-0,12642
2018-12-31 00:00:00	0,03103357	0,158366	-0,0498	-0,19543	-0,14557	-0,04119
2019-01-31 00:00:00	-0,05753968	0,06735	-0,11091	-0,2041	-0,12933	-0,03698
2019-02-28 00:00:00	0,00343282	0,046037	-0,13109	-0,22596	-0,19186	0,038796

Figura 11: Rentabilidades históricas (parcial) - Fuente: Elaboración propia

Esta tabla de 26 columnas y 66 filas encontramos un total de 1716 datos de rentabilidades porcentuales que servirán como fuente de información para la formulación del modelo.

### 4.3 Formulación del modelo

Una vez se tienen todos los datos de las rentabilidades descargado en Excel, se pueden obtener los parámetros de Sharpe para formular el modelo de optimización. Partiendo como base de la tabla de la Figura 11, empleamos diversas funciones de Excel para obtener valores que serán útiles para la resolución del caso:

- **PROMDEIO:** permitirá obtener la media de todas las rentabilidades para cada una de las acciones, en este caso las columnas. La rentabilidad viene dada como porcentual, pero en formato decimal, por tanto, si multiplicamos por 100 obtendremos el porcentaje real de rentabilidad para cada una de forma media.
- **DESVEST.M:** proporciona la desviación típica de la media de cada acción. Los valores pueden ser tanto positivos como negativos, así que elevaremos al cuadrado para obtener la varianza que es más homogénea y ya se marcó como mejor medida del riesgo para comparación.
- **PENDIENTE:** calcula la pendiente de la recta de regresión que se forma entre dos series de valores, en este caso cada una de las acciones en relación con las rentabilidades descargadas del IBEX35. Es decir, esta función calcula directamente el coeficiente  $\beta$ .
- **INTERSECCION.EJE:** paralela a la anterior, proporciona el punto de intersección con el eje de ordenadas de la recta de regresión entre dos series de valores, las mismas que en el anterior. De nuevo, esto supone directamente otro coeficiente de Sharpe, la  $\alpha$  en este caso.

Además de estos cuatro valores, también se han transcrito los coeficientes CSA para incorporarlos al modelo, acompañados de los nombres de las empresas y no sólo sus códigos de bolsa, para que sean más legibles y dando lugar a la tabla de la Figura 12.

Acciones	CSA(2021)	Media	Varianza	Beta	Alfa
Red Eléctrica	86	0,001757	0,00253	0,346613	0,002674
Siemens	83	-0,0085	0,014839	0,596554	-0,00692
AENA	60	-0,08116	0,010623	0,980038	-0,07857
Telefónica	86	-0,17722	0,015699	0,772903	-0,17517
ACS	68	-0,14369	0,014058	1,087045	-0,14081
Grifols	60	-0,03133	0,004745	0,223911	-0,03074
Repsol	50	-0,14642	0,019987	1,190416	-0,14327
Inditex	75	-0,05029	0,007321	1,052533	-0,0475
Mapfre	77	-0,15659	0,01189	0,796244	-0,15448
Ferrovial	79	-0,05503	0,006154	0,816811	-0,05286
Enagás	85	-0,14537	0,009975	0,468694	-0,14413
Acciona	90	-0,05068	0,008424	0,68511	-0,04887
IAG	35	-0,11024	0,030874	2,122768	-0,10463
Merlin Properties	58	-0,07903	0,009713	1,044634	-0,07626
Cellnex	73	0,013069	0,005128	0,246057	0,01372
Iberdrola	89	-0,08844	0,006884	0,489653	-0,08714
BBVA	88	-0,08859	0,016813	1,623841	-0,0843
Naturgy	77	-0,13174	0,012988	0,622606	-0,13009
Santander	85	-0,08791	0,01369	1,425358	-0,08414
Amadeus	79	-0,01257	0,00746	1,136465	-0,00956
Endesa	87	-0,15794	0,010776	0,417301	-0,15684
Fluidra	60	0,010021	0,010237	0,482191	0,011297
Banco Sabadell	66	-0,05869	0,01667	1,22774	-0,05544
CaixaBank	85	-0,05593	0,011373	1,24754	-0,05263
Arcelor Mittal	42	-0,01527	0,015433	1,322936	-0,01177
Bankinter	83	-0,09009	0,012614	1,099884	-0,08718

**Figura 12: Coeficientes y parámetros relevantes en base a los datos históricos - Fuente: Elaboración propia**

A estos datos sólo les falta el último valor para completar la fórmula de Sharpe para la formulación, que es el error de la regresión. Para obtenerlo, es necesario calcular el error entre la recta de regresión de cada acción con todos los valores de la tabla. Para ello, se emplean las beta y alfa obtenidas y los 66 valores del IBEX siguiendo la fórmula de Sharpe planteada en el capítulo anterior para obtener todas las estimaciones de las rectas, en total 1716 de nuevo. Luego se procede a calcular la diferencia entre los datos originales y estas estimaciones según regresión para obtener lo que vendrían a ser los errores, para luego sacar la media y la varianza de éstos. En las Figuras 13 y 14 pueden verse los pasos seguidos.

Residuos	RED.MC	SGRE.MC	AENA.MC	TEF.MC	ACS.MC	GRF.MC
2016-12-31 00:00:00	-0,075615	-0,15098	-0,07198	-0,10152	-0,13951	0,017664
2017-01-31 00:00:00	0,0104106	-0,11276	-0,13381	-0,08903	-0,10032	-0,00156
2017-02-28 00:00:00	0,0207416	-0,16948	-0,12766	-0,14136	-0,15636	0,045931
2017-03-31 00:00:00	-0,017336	-0,27385	-0,06326	-0,16817	-0,08269	0,02794
2017-04-30 00:00:00	0,1086543	0,006396	-0,04266	-0,15296	-0,08622	-0,01402
2017-05-31 00:00:00	-0,072321	-0,05266	-0,09967	-0,15839	-0,09581	-0,04371
2017-06-30 00:00:00	-0,020648	-0,27003	-0,12685	-0,07688	-0,12585	-0,05254
2017-07-31 00:00:00	0,0475443	-0,07042	-0,08287	-0,13986	-0,07817	-0,0204
2017-08-31 00:00:00	-0,060205	-0,12308	-0,16139	-0,1054	-0,10957	0,003449
2017-09-30 00:00:00	0,0716947	0,123672	-0,09179	-0,13935	-0,04825	0,067364
2017-10-31 00:00:00	0,0435073	-0,13547	-0,02254	-0,12146	-0,08783	-0,10515
2017-11-30 00:00:00	-0,012041	0,09919	-0,07549	-0,14131	-0,07074	-0,02896
2017-12-31 00:00:00	-0,10276	0,080374	-0,10177	-0,09306	-0,13717	0,03048
2018-01-31 00:00:00	-0,049016	0,07598	-0,07147	-0,05582	-0,10616	-0,12691
2018-02-28 00:00:00	0,0544422	0,013965	-0,10129	-0,05374	0,022177	0,003728
2018-03-31 00:00:00	0,0138924	0,069187	-0,10667	-0,07577	-0,04718	-0,01575
2018-04-30 00:00:00	-0,021178	-0,04409	-0,04929	-0,11564	-0,01232	0,06762
2018-05-31 00:00:00	0,0388047	-0,13155	-0,12136	-0,11577	-0,11321	-0,00037
2018-06-30 00:00:00	0,0312328	0,042122	-0,09428	-0,03635	-0,02644	-0,04619
2018-07-31 00:00:00	0,0222562	0,098393	-0,03435	-0,08854	-0,0411	0,02047
2018-08-31 00:00:00	-0,001897	-0,14672	-0,07807	-0,07668	-0,03829	-0,04908
2018-09-30 00:00:00	0,0281821	-0,0584	-0,05932	0,029389	-0,08212	0,037342
2018-10-31 00:00:00	0,0316461	0,262232	-0,08998	-0,00297	-0,06246	-0,02749
2018-11-30 00:00:00	0,0378894	-0,11969	-0,03263	-0,06596	0,003777	-0,07872
2018-12-31 00:00:00	0,0033983	0,122324	-0,04181	-0,07591	-0,08305	-0,02657
2019-01-31 00:00:00	-0,068597	0,05984	-0,05605	-0,04762	-0,01481	-0,01165
2019-02-28 00:00:00	0,003483	0,057644	-0,04482	-0,04471	-0,04251	0,071298

**Figura 13: Residuos con respecto al modelo de Sharpe(parcial) - Fuente: Elaboración propia**

Residuos	Media del residuo	Varianza del residuo	R2
Red Eléctrica	2,1027E-19	0,002133139	0,157028
Siemens	3,88999E-18	0,013661483	0,079323
AENA	8,83132E-18	0,00744614	0,299046
Telefónica	-2,52323E-17	0,013723555	0,125852
ACS	-5,04647E-18	0,010149321	0,27802
Grifols	3,99512E-18	0,004578776	0,03495
Repsol	5,34085E-17	0,015299647	0,234505
Inditex	1,15648E-17	0,003657097	0,500477
Mapfre	1,03873E-16	0,009792817	0,176365
Ferrovial	-9,25186E-18	0,003947621	0,358558
Enagás	0	0,009248759	0,072836
Acciona	5,46701E-18	0,006871657	0,184285
IAG	-2,39707E-17	0,015970009	0,482734
Merlin Properties	1,13546E-17	0,006103819	0,37159
Cellnex	-6,41322E-18	0,004928112	0,039047
Iberdrola	-2,39707E-17	0,006090527	0,115202
BBVA	-1,00929E-17	0,00809193	0,518716
Naturgy	6,18192E-17	0,011706235	0,098711
Santander	1,26162E-17	0,006970127	0,490849
Amadeus	0	0,003188306	0,572616
Endesa	0	0,010200091	0,053448
Fluidra	9,46213E-19	0,009468052	0,07512
Banco Sabadell	4,64696E-17	0,011684673	0,299066
CaixaBank	-1,05135E-17	0,006225043	0,452629
Arcelor Mittal	0	0,009644023	0,375087
Bankinter	-1,47189E-17	0,008613181	0,317192

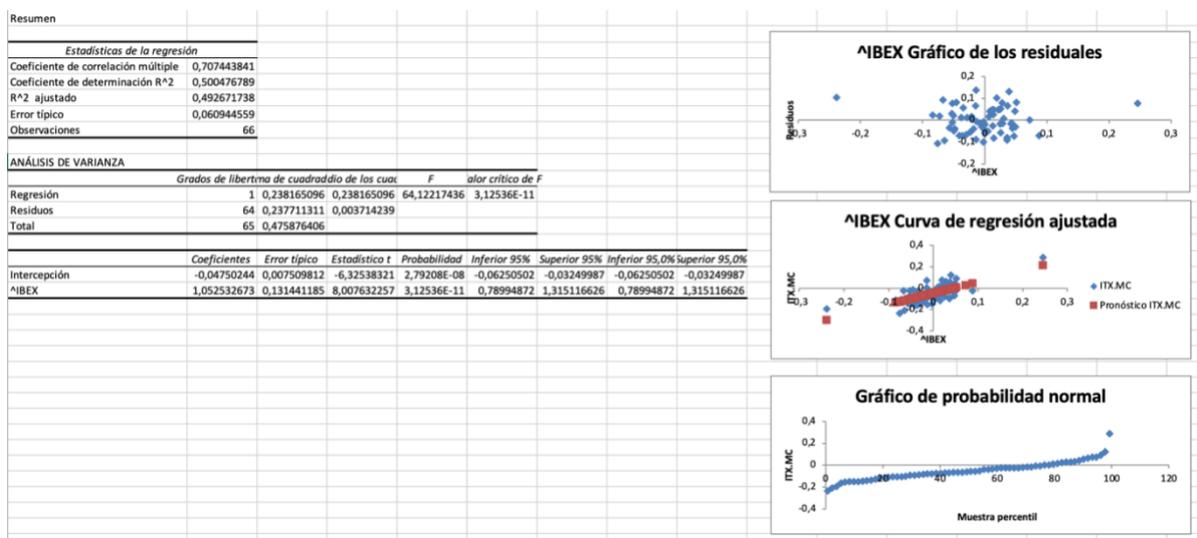
**Figura 14: Media y varianza de los residuos junto a R2 (Bondad del ajuste) – Fuente: Elaboración propia.**

La media del residuo debe ser 0, si no da exacto en el Excel es debido a los desplazamientos decimales, pero se puede ver que son valores extremadamente cercanos, y la varianza es lo que se empleará en el modelo como coeficiente del modelo de Sharpe.

Además, en la Figura 14 aparece también calculado el estadístico R2, que representa el coeficiente de determinación de la regresión lineal del modelo de Sharpe. El R2 mide en una escala entre 0 y 1 la capacidad del modelo de explicar la variable, en este caso la rentabilidad media de cada acción en base al Ibex. Como se puede apreciar son en general valores bastante bajos, siendo el más alto un 0,57 de Amadeus, y distan mucho de los límites habituales que se fijan como deseables, que suele ser de 0,8 o superior, sin embargo, esto es lo esperable en este caso. Como ya se explicó al definir el modelo de Sharpe en el capítulo tres, la intención de la regresión lineal entre los valores y el índice de referencia no es la predicción, sino emplearlo como medida de la correlación entre las acciones para sustituir la matriz de covarianzas de Markowitz. De este modo, y teniendo en cuenta lo que supone el Ibex, es comprensible que los valores sean bastante bajos, ya que éste está compuesto por 35 acciones y su correlación con

cada una por separado puede ser muy baja, así que discriminar los valores simplemente por no llegar a 0,8 no es recomendable. También cabe resaltar que además de esperable, estos bajos valores son también deseables hasta cierto punto, ya que, si todos ellos fuesen muy elevados, aparte de muy extraño, supondría que todas las acciones están fuertemente explicadas por el índice y por tanto que se comportan de forma muy similar, eliminando el motivo fundamental de este modelo que es la diversificación y eliminación del riesgo no sistemático.

A pesar de haber justificado estos bajos valores de la R2, sigue siendo necesario analizar más en profundidad la regresión lineal de las acciones para ver si realmente son adecuadas o no y si los coeficientes del modelo de Sharpe son significativos, así como otros estadísticos relevantes. Para esto, se ha empleado la herramienta de Excel del análisis de regresión sobre toda la muestra, aplicándola a cada acción en relación con el Ibex por separado y obteniendo 26 análisis de regresión distintos. Para explicar los resultados obtenidos se hará en referencia al caso de Inditex que aparece reflejado en la Figura 15. En este análisis encontramos varias informaciones relevantes.



**Figura 15: Análisis de regresión y normalidad de Inditex - Fuente: Elaboración propia**

Empezando por la adecuación, la forma de evaluar la regresión en conjunto es a través del estadístico F en el análisis de varianza, que se ha de comparar con el valor de la distribución F para la probabilidad deseada y los grados de libertad de la regresión, si el F calculado es menor que el de la distribución se acepta la hipótesis nula de que el modelo no es adecuado. En este caso, el valor F a tener en cuenta es para una confianza del 95% (el grado de confianza más empleado en estos casos), y unos grados de libertad de 1 (número de variables explicativas) y 64 (número de observaciones, menos número de variables, menos uno), dicho valor es de 3,99. Se puede ver en la imagen como el F calculado es de 64,12, que al ser mayor que esté 3,99 se descarta la hipótesis nula y se considera un modelo adecuado.

A parte del modelo en general, se pueden analizar los parámetros de forma individual fácilmente mediante el p-value, visible en la tabla como la columna “Probabilidad” de Intercepción e ^IBEX. En caso de que dichos valores sean menores que 0,05 (al ser una confianza de 0,95), se considera que el coeficiente alfa sí que es significativo. En la Figura 15 se puede ver como ambos valores son bastante menores a dicho límite, y por tanto concluir que

tanto la Alfa (Intercepción) como la Beta ( $\hat{IBEX}$ ) de esta regresión lineal para Sharpe son significativos, a pesar de los bajos valores expuestos de R2.

Como añadido a estas dos validaciones, tenemos también representaciones gráficas que nos aportan una valiosa información. La primera es el gráfico de los residuos y nos muestra cómo se distribuyen gráficamente los errores plasmados en la Figura 13, es interesante ya que permite explorarlos visualmente y ver que no siguen ningún tipo de tendencia oculta que pudiera suponer un problema de sesgo, es decir que son aleatorios. La segunda es la curva de regresión que permite ver la comparación entre las estimaciones del modelo con el valor real del valor. Por último, se ve el gráfico de probabilidad normal, que sirve para confirmar lo que se planteó en el capítulo tres de que las acciones siguen correctamente la distribución normal.

Con toda esta información se puede concluir que el modelo de regresión de Inditex en base al Ibex35 es adecuado, los parámetros Alfa y Beta son realmente significativos, los residuos son aleatorios y se sigue una distribución normal. Estos resultados relacionados con la Figura 15 son solamente para una de las acciones y se ha realizado el análisis de regresión para los 25 restantes. Los resultados finales son que todas las acciones cumplen lo expuesto con anterioridad a excepción de 3: Grifols, Cellnex y Endesa. Pese a que en estos tres casos se ha determinado un modelo poco adecuado, en pos de aumentar la diversificación de la cartera y ya que suponen menos de un 12% de los activos, se han mantenido en el modelo final.

Una vez realizadas estas pruebas sobre las regresiones y con todos los datos disponibles, los parámetros y coeficientes calculados y de acuerdo con las fórmulas del modelo de Sharpe se puede formular el modelo, que aparece en Figura 16 y se explicará a continuación.

	Sostenibilidad	Parámetro	Ecuación de Sharpe			Variables de Decisión
	CSA(2021)	Rentabilidad Media	Alfa	Beta	VAR(Residuos)	Composición
Red Eléctrica	86	0,1757048514	0,00267	0,34661	0,002133139	0,00
Siemens	83	-0,8497070655	-0,00692	0,59655	0,013661483	0,00
AENA	60	-8,1161229517	-0,07857	0,98004	0,00744614	0,00
Telefónica	86	-17,7218916607	-0,17517	0,77290	0,013723555	0,00
ACS	68	-14,3685419909	-0,14081	1,08704	0,010149321	0,00
Grifols	60	-3,1334394672	-0,03074	0,22391	0,004578776	0,00
Repsol	50	-14,6418585474	-0,14327	1,19042	0,015299647	0,00
Inditex	75	-5,0287079980	-0,04750	1,05253	0,003657097	0,00
Mapfre	77	-15,6588100384	-0,15448	0,79624	0,009792817	0,00
Ferrovial	79	-5,5025945481	-0,05286	0,81681	0,003947621	0,00
Enagás	85	-14,5371295769	-0,14413	0,46869	0,009248759	0,00
Acciona	90	-5,0682730279	-0,04887	0,68511	0,006871657	0,00
IAG	35	-11,0242050771	-0,10463	2,12277	0,015970009	0,00
Merlin Properties	58	-7,9027644504	-0,07626	1,04463	0,006103819	0,00
Cellnex	73	1,3068733418	0,01372	0,24606	0,004928112	0,00
Iberdrola	89	-8,8436611300	-0,08714	0,48965	0,006090527	0,00
BBVA	88	-8,8593097254	-0,08430	1,62384	0,00809193	0,00
Naturgy	77	-13,1741986475	-0,13009	0,62261	0,011706235	0,00
Santander	85	-8,7907686128	-0,08414	1,42536	0,006970127	0,00
Amadeus	79	-1,2565010553	-0,00956	1,13646	0,003188306	0,00
Endesa	87	-15,7939532921	-0,15684	0,41730	0,010200091	0,00
Fluidra	60	1,0021214338	0,01130	0,48219	0,009468052	0,00
Banco Sabadell	66	-5,8686230653	-0,05544	1,22774	0,011684673	0,00
CaixaBank	85	-5,5932045518	-0,05263	1,24754	0,006225043	0,00
Arcelor Mittal	42	-1,5265674340	-0,01177	1,32294	0,009644023	0,00
Bankinter	83	-9,0093776972	-0,08718	1,09988	0,008613181	0,00
IBEX35						
Rentabilidad Media	-0,002645656					
Varianza	0,003307452					
Factores Fundamentales de la Cartera						
Rentabilidad de la Cartera	0,0000	SUMA(Composicion*(Alfa + Beta * Rentabilidad_referencia + VAR_Residuos))				
Riesgo de la cartera	0,000000	SUMA(Composicion * Beta)^2 * Varianza_referencia + SUMA(Composicion^2 * VAR_Residuos)				
Restricciones del Modelo						
Rentabilidad	0,0000	VALOR	RHS			Rentabilidad
Composición	0	=	1			SUMA(Composicion)
Sostenibilidad	0,00	>=	80,00			SUMA(Composicion*CSA_2021)

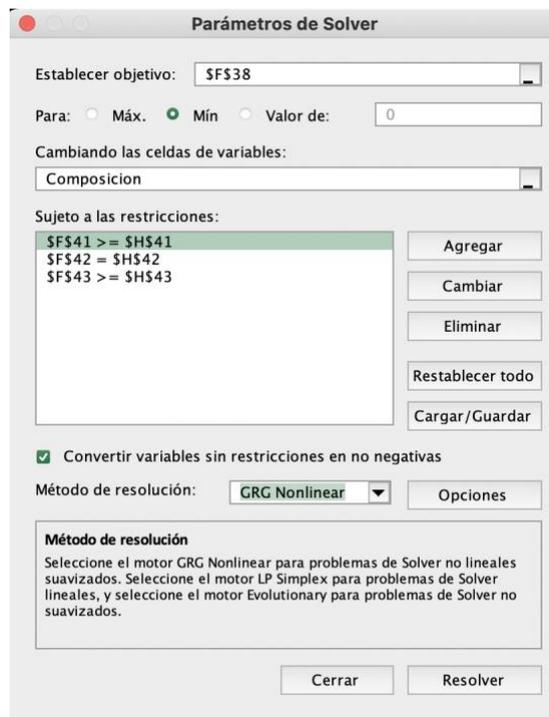
Figura 16: Modelo, coeficientes y parámetros de la aplicación - Fuente: Elaboración propia

Los objetivos principales que aparecen a la derecha en amarillo son claramente la rentabilidad y el riesgo de la cartera, cuyas fórmulas aparecen concretadas en el capítulo tres en la Figura 4. Las restricciones aparecen debajo de los objetivos. La primera es la rentabilidad, ya que en este caso se considera el riesgo como función a minimizar, después la restricción de composición para que todos los valores sumen uno reflejando un porcentaje en formato decimal de la cartera, y por último la restricción que representa lo explicado al inicio de este capítulo sobre el caso y sus características de sostenibilidad.

En la tabla principal (Figura 16) aparecen la puntuación CSA para la sostenibilidad, la media que sirve para visualizar directamente las rentabilidades, los tres componentes de la ecuación de Sharpe que se usan para calcular las funciones objetivo, y por último la composición, que representa las variables de decisión del peso de cada acción en la cartera en formato decimal. Como se ha comentado, el modelo permite minimizar el riesgo en la toma de decisiones sobre cuáles serán los activos y en qué proporción compondrán la cartera con unas restricciones de rentabilidad y sostenibilidad de la cartera. En el siguiente apartado se explicará cómo resolver el modelo de optimización y cómo interpretar las distintas soluciones eficientes que se pueden obtener.

#### **4.4 Resolución del modelo y análisis de resultados**

Una vez planteado este modelo, el siguiente paso es resolverlo para obtener finalmente la composición de las carteras eficientes deseadas que se ajusten a las necesidades. Para conseguir esto, es necesario emplear una herramienta que resuelva los modelos de optimización y permita obtener soluciones eficientes. En este trabajo se ha utilizado el *Solver* de Excel. A nivel teórico un *Solver* es un programa informático que permite resolver un problema matemático, que en este caso consiste en obtener soluciones óptimas para un modelo de programación no lineal, en el que se minimiza una función objetivo no lineal (cuadrática) con restricciones lineales. Excel cuenta con un *Solver* propio muy integrado en la propia herramienta que se ajusta perfectamente a las necesidades de este caso. La interfaz de esta herramienta puede apreciarse en la Figura 17 aplicada al caso, y se explica a continuación.



**Figura 17: Interfaz Solver**

Primero se aprecia en la imagen el apartado de “Establecer objetivo”, donde se señala cual es la casilla en la que se encuentra el objetivo del sistema y después si se desea maximizar, minimizar o igualar a un valor concreto, en este caso la casilla objetivo es la del riesgo y se desea minimizar. Lo adecuado es resolver el modelo minimizando el riesgo, que es una función cuadrática, que maximizar la rentabilidad e incluir el riesgo como restricción no lineal, que en el mejor de los casos sólo garantizaría óptimos locales y no globales. Después encontramos el campo de las celdas a modificar, estás son aquellas que representan las variables de decisión y que *Solver* buscará su valor óptimo para minimizar el riesgo de la cartera. En este caso son las 26 casillas que representan la composición de la cartera. A continuación, se encuentran las restricciones, las mismas tres como se aprecian en la Figura 16, que se marcan de nuevo con las casillas de los valores y por seguir con los paralelismos con la Figura 16 del modelo, las primeras casillas con columna F del término izquierdo se corresponden con la columna “VALOR”, los signos son los mismos y las casillas con columna H del término derecho son las del RHS. Por último, el método de resolución corresponde al recomendado para un sistema no lineal, GRG Nonlinear. *Solver* aplica este método de resolución y calculará los valores de las variables decisión para obtener el óptimo, que corresponde al mínimo riesgo de la cartera.

Antes de empezar con los distintos planteamientos y resoluciones de los modelos es interesante obtener lo que se llama la matriz de pagos del modelo multiobjetivo. Esto es una matriz en la que se refleja cuáles son los distintos valores que toman los conceptos relevantes, rentabilidad, riesgo y sostenibilidad, cuando se optimiza uno de ellos de forma independiente. Es decir, qué valor toman esos tres objetivos cuando se minimiza el riesgo, maximiza la rentabilidad y maximiza la sostenibilidad sin considerar las restricciones paramétricas, sólo la restricción de la composición de la cartera. Esta matriz puede verse en la Figura 18.

	Max Rentabilidad	Min Riesgo	Max Sostenibilidad
Rentabilidad	0,01949	-0,02982	-0,04381
Riesgo	0,01024	0,00109	0,00842
Sostenibilidad	60,00000	77,88042	90,00000

**Figura 18: Matriz de pagos - Fuente: Elaboración propia**

Esto es de especial interés para obtener dos datos importantes, el punto ideal y el punto anti ideal. El punto ideal está compuesto por los mejores valores de los objetivos y representan la cota superior para los tres campos, es la diagonal de la matriz de pagos y refleja el valor que alcanzan cuando se los optimiza individualmente sin limitaciones, y por tanto nunca se podrá exigir mejores valores al modelo. El punto ideal aparece en amarillo en la Figura 18. En esta figura y color naranja se recoge la solución anti ideal, que representa los peores valores para rentabilidad, riesgo y sostenibilidad que resultan de los tres modelos de optimización. Estos valores son relevantes como cota inferior para obtener soluciones eficientes a partir del modelo. Además, son importantes ya que a la hora de decidir los RHS para las restricciones paramétricas se dispone de un marco de referencia con el que comparar resultados. Una vez se tiene toda esta información se proponen unos valores concretos a los RHS de las restricciones paramétricas y resolver el modelo para obtener carteras de inversión eficientes. De acuerdo con los valores del punto ideal las exigencias de rentabilidad han de estar por debajo del 0,019 (aproximadamente un 2% mensual) y las de sostenibilidad de la clasificación CSA por debajo de 90. Inicialmente se propone una rentabilidad del 1% (0,001) y un índice de sostenibilidad de 80 puntos y se resuelve el modelo como se ha explicado en el apartado anterior, el resultado se puede observar en la Figura 19.

	Sostenibilidad	Parámetro	Ecuación de Sharpe			Variables de Decisión
	CSA(2021)	Rentabilidad Media	Alfa	Beta	VAR(Residuos)	Composición
Red Eléctrica	86	0,1757048514	0,00267	0,34661	0,002133139	0,52
Siemens	83	-0,8497070655	-0,00692	0,59655	0,013661483	0,05
AENA	60	-8,1161229517	-0,07857	0,98004	0,00744614	0,00
Telefónica	86	-17,7218916607	-0,17517	0,77290	0,013723555	0,00
ACS	68	-14,3685419909	-0,14081	1,08704	0,010149321	0,00
Grifols	60	-3,1334394672	-0,03074	0,22391	0,004578776	0,00
Repsol	50	-14,6418585474	-0,14327	1,19042	0,015299647	0,00
Inditex	75	-5,0287079980	-0,04750	1,05253	0,003657097	0,00
Mapfre	77	-15,6588100384	-0,15448	0,79624	0,009792817	0,00
Ferrovial	79	-5,5025945481	-0,05286	0,81681	0,003947621	0,00
Enagás	85	-14,5371295769	-0,14413	0,46869	0,009248759	0,00
Acciona	90	-5,0682730279	-0,04887	0,68511	0,006871657	0,00
IAG	35	-11,0242050771	-0,10463	2,12277	0,015970009	0,00
Merlin Properties	58	-7,9027644504	-0,07626	1,04463	0,006103819	0,00
Cellnex	73	1,3068733418	0,01372	0,24606	0,004928112	0,40
Iberdrola	89	-8,8436611300	-0,08714	0,48965	0,006090527	0,00
BBVA	88	-8,8593097254	-0,08430	1,62384	0,00809193	0,00
Naturgy	77	-13,1741986475	-0,13009	0,62261	0,011706235	0,00
Santander	85	-8,7907686128	-0,08414	1,42536	0,006970127	0,00
Amadeus	79	-1,2565010553	-0,00956	1,13646	0,003188306	0,00
Endesa	87	-15,7939532921	-0,15684	0,41730	0,010200091	0,00
Fluidra	60	1,0021214338	0,01130	0,48219	0,009468052	0,02
Banco Sabadell	66	-5,8686230653	-0,05544	1,22774	0,011684673	0,00
CaixaBank	85	-5,5932045518	-0,05263	1,24754	0,006225043	0,00
Arcelor Mittal	42	-1,5265674340	-0,01177	1,32294	0,009644023	0,00
Bankinter	83	-9,0093776972	-0,08718	1,09988	0,008613181	0,00
IBEX35						
Rentabilidad Media	-0,002645656					
Varianza	0,003307452					
<b>Factores Fundamentales de la Cartera</b>						
Rentabilidad de la Cartera		0,0100	SUMA(Composicion*(Alfa + Beta * Rentabilidad_referencia + VAR_Residuos))			
Riesgo de la cartera		0,001765	SUMA(Composicion * Beta)^2 * Varianza_referencia + SUMA(Composicion^2 * VAR_Residuos)			
<b>Restricciones del Modelo</b>						
Rentabilidad		0,0100	>=	0,0100	Rentabilidad	
Composición		1	=	1	SUMA(Composicion)	
Sostenibilidad		80,00	>=	80,00	SUMA(Composicion*CSA_2021)	

Figura 19: Primera solución eficiente – Fuente: Elaboración Propia

Con esto, se obtiene una cartera compuesta por un 0,52 de Red Eléctrica, 0,40 de Cellnex, 0,05 Siemens y 0,02 Fluidra. Esta cartera diversificada de cuatro valores cumple las restricciones y proporciona una rentabilidad del 1% mensual, un coeficiente de sostenibilidad promedio de 80 puntos de acuerdo con los baremos de Standard & Poor's, y una estimación del riesgo minimizado de acuerdo con el modelo de Sharpe de 0,001765. Esta cartera se ha obtenido resolviendo los modelos planteados y por tanto se la considera una cartera diversificada, con el riesgo no sistemático muy diluido, y por tanto una cartera eficiente de acuerdo con estándares científicos.

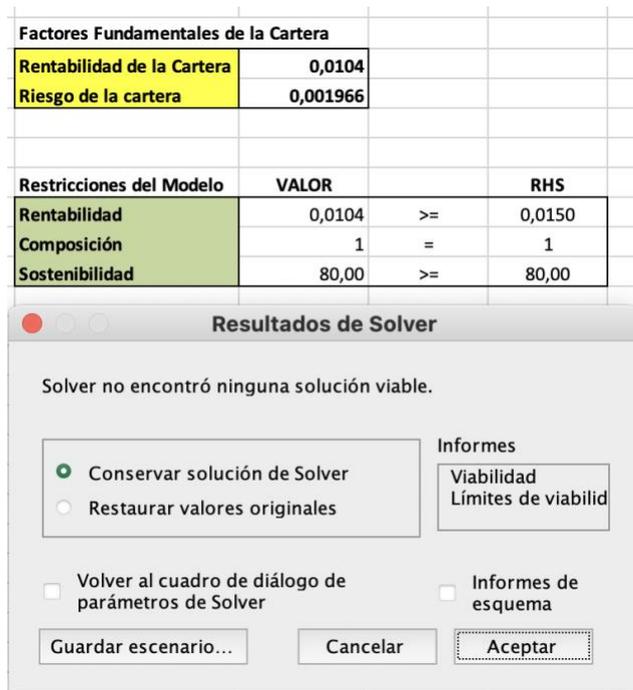
El modelo entero ha sido diseñado para que esta misma ejecución puede realizarse todas las veces que se desee cambiando solamente los valores RHS para ajustar los cambios en el perfil del inversor. Si se desea exigir más rentabilidad a cambio de asumir más riesgo tan solo hace falta modificar la restricción de rentabilidad al alza, lo mismo para los inversores que desea ser más demandantes con los coeficientes de sostenibilidad. También es posible aumentar la rentabilidad exigida a la vez que se reduce la demanda del CSA y ver cómo afecta eso al riesgo o viceversa. En definitiva, se trata de un modelo concebido y planteado para facilitar su uso de forma práctica y habitual para que sea sencillo adaptarlo a las necesidades de los inversores.

Otra resolución que ejemplifica esto es qué sucede con la cartera si se aumentan las exigencias de rentabilidad a 0,015 a cambio de reducir las de sostenibilidad a 75 puntos. El resultado apreciable en la Figura 20 muestra como la composición cambia, reduciendo la participación de empresas con un muy buen coeficiente CSA como Red Eléctrica en beneficio de otras con peor sostenibilidad, pero más rentables, como Cellnex y Fluidra, además de un aumento significativo del riesgo. Estos cambios son los que se han explicado como variaciones en el perfil del inversor, y será cada uno de éstos quien decida lo que se ajusta más a sus expectativas personales y qué desea exigir a su cartera de inversión.

	Sostenibilidad	Parámetro	Ecuación de Sharpe			Variables de Decisión
	CSA(2021)	Rentabilidad Media	Alfa	Beta	VAR(Residuos)	Composición
Red Eléctrica	86	0,1757048514	0,00267	0,34661	0,002133139	0,22
Siemens	83	-0,8497070655	-0,00692	0,59655	0,013661483	0,00
AENA	60	-8,1161229517	-0,07857	0,98004	0,00744614	0,00
Telefónica	86	-17,7218916607	-0,17517	0,77290	0,013723555	0,00
ACS	68	-14,3685419909	-0,14081	1,08704	0,010149321	0,00
Grífols	60	-3,1334394672	-0,03074	0,22391	0,004578776	0,00
Repsol	50	-14,6418585474	-0,14327	1,19042	0,015299647	0,00
Inditex	75	-5,0287079980	-0,04750	1,05253	0,003657097	0,00
Mapfre	77	-15,6588100384	-0,15448	0,79624	0,009792817	0,00
Ferrovial	79	-5,5025945481	-0,05286	0,81681	0,003947621	0,00
Enagás	85	-14,5371295769	-0,14413	0,46869	0,009248759	0,00
Acciona	90	-5,0682730279	-0,04887	0,68511	0,006871657	0,00
IAG	35	-11,0242050771	-0,10463	2,12277	0,015970009	0,00
Merlin Properties	58	-7,9027644504	-0,07626	1,04463	0,006103819	0,00
Cellnex	73	1,3068733418	0,01372	0,24606	0,004928112	0,72
Iberdrola	89	-8,8436611300	-0,08714	0,48965	0,006090527	0,00
BBVA	88	-8,8593097254	-0,08430	1,62384	0,00809193	0,00
Naturgy	77	-13,1741986475	-0,13009	0,62261	0,011706235	0,00
Santander	85	-8,7907686128	-0,08414	1,42536	0,006970127	0,00
Amadeus	79	-1,2565010553	-0,00956	1,13646	0,003188306	0,00
Endesa	87	-15,7939532921	-0,15684	0,41730	0,010200091	0,00
Fluidra	60	1,0021214338	0,01130	0,48219	0,009468052	0,07
Banco Sabadell	66	-5,8686230653	-0,05544	1,22774	0,011684673	0,00
CaixaBank	85	-5,5932045518	-0,05263	1,24754	0,006225043	0,00
Arcelor Mittal	42	-1,5265674340	-0,01177	1,32294	0,009644023	0,00
Bankinter	83	-9,0093776972	-0,08718	1,09988	0,008613181	0,00
IBEX35						
Rentabilidad Media	-0,002645656					
Varianza	0,003307452					
<b>Factores Fundamentales de la Cartera</b>						
Rentabilidad de la Cartera	0,0150				SUMA(Composicion*(Alfa + Beta * Rentabilidad_referencia + VAR_Residuos))	
Riesgo de la cartera	0,002929				SUMA(Composicion * Beta)^2 * Varianza_referencia + SUMA(Composicion^2 * VAR_Residuos)	
<b>Restricciones del Modelo</b>						
	VALOR			RHS		
Rentabilidad	0,0150	>=		0,0150	Rentabilidad	
Composición	1	=		1	SUMA(Composicion)	
Sostenibilidad	75,00	>=		75,00	SUMA(Composicion*CSA_2021)	

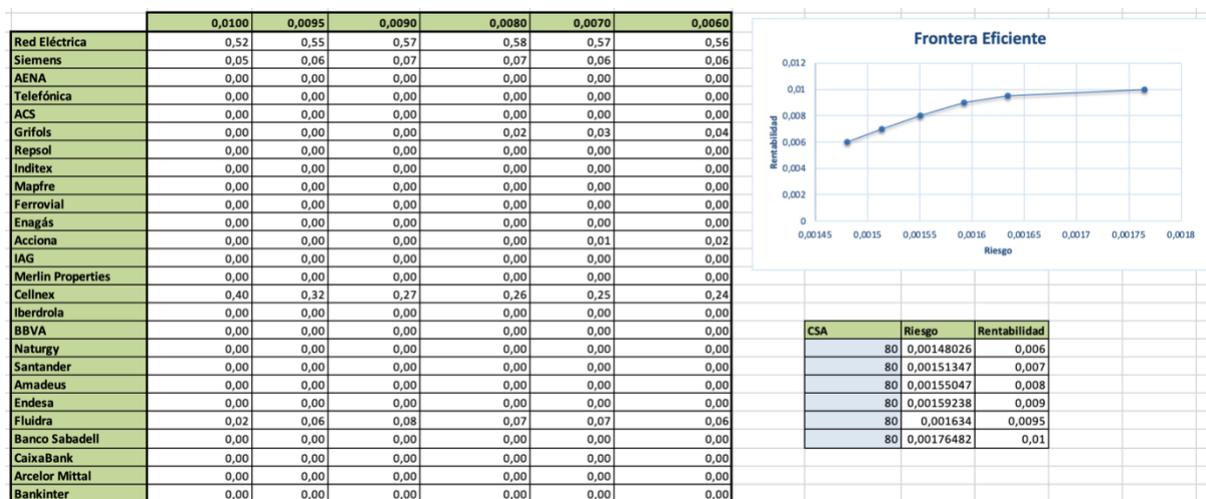
**Figura 20: Segunda solución eficiente – Fuente: Elaboración Propia**

Esto que se aprecia en las Figuras 19 y 20 es lo que se obtiene de resolver un modelo con unas restricciones compatibles entre sí. Por ejemplo, en relación con los cambios sugeridos en el párrafo anterior, si se ajusta la exigencia de rentabilidad a 0,015 sin modificar también la restricción de sostenibilidad, el mensaje que ofrece el *Solver* es el que aparece en la Figura 21. En esta figura se aprecia cómo no hay solución viable, ya que no hay solución que cumpla las dos restricciones paramétricas simultáneamente. Esto significa que no existe una cartera que tenga esa rentabilidad a la vez que ese coeficiente CSA, indistintamente de la función objetivo que es el riesgo exigible en este caso.



**Figura 21: Ejemplo de solución no factible – Fuente: Elaboración Propia**

Con todos estos resultados ya planteados, existe una herramienta que ya se introdujo en el capítulo tres que resulta muy útil a la hora de visualizar las distintas soluciones proporcionadas por el método de optimización y poder sacar conclusiones, que es la frontera eficiente. Para elaborar la frontera eficiente recogemos los pares de valores de cada rentabilidad exigida con su riesgo conseguido al optimizar y componemos un gráfico con ellos que se puede apreciar en la Figura 22. Todas las soluciones que podemos calcular con *Solver* se encontrarán en un punto sobre esta recta, y aquellas que se sitúen por debajo serán consideradas como subóptimas. Se debe especificar que tanto la rentabilidad como el riesgo son los valores exactos y en las dimensiones exactas que proporciona el modelo, ya que se extraen directas de ahí, y se pueden ver estas fórmulas en las Figuras 16, 19 y 20.



**Figura 22: Frontera Eficiente y valores para CSA 80 – Fuente: Elaboración Propia**

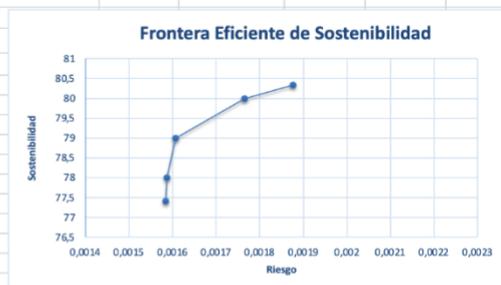
Cabe destacar que la utilidad de la frontera eficiente no es solamente para comparar si un resultado está sobre ella o por debajo, también pueden apreciarse en ella tendencias sobre los datos que resulten útiles para la toma de decisiones. Por ejemplo, puede apreciarse visualmente como para conseguir un aumento de rentabilidad del 0,0005 al pasar de 0,009 a 0,0095 requiere asumir un aumento del riesgo de 0,00004, pero para realizar el mismo incremento de rentabilidad en el siguiente tramo el aumento del riesgo sube hasta 0,0001, más del doble. Además, si se presta atención a la composición de la cartera puede verse como cuanto más aumentan las exigencias de rentabilidad más se concentra la cartera en el valor más rentable, Cellnex, mientras que otras como Acciona o Fluidra desaparecen a costa de reducir la diversificación y al mencionado aumento del riesgo total. En la gráfica se aprecia como la sensibilidad va disminuyendo, aumentando cada vez más el riesgo a asumir necesario para aumentar la rentabilidad, y conocer esta tendencia puede ser clave para realizar las inversiones más adecuadas para los inversores.

Como último gran punto del capítulo del modelo queda un factor muy importante a explicar sobre esta frontera, más aun centrándose en el concepto de sostenibilidad que aborda este trabajo. El concepto en sí mismo de la frontera eficiente proviene de los modelos teóricos de Markowitz y Sharpe y está pensada para reflejar la relación entre los dos objetivos de rentabilidad y riesgo, por lo que es interesante explicar cómo se adapta a esta frontera el hecho de que en este modelo se cuente con un tercer objetivo que represente la sostenibilidad de la cartera. Como bien aparece en el título de la Figura 22, esta frontera de rentabilidades y riesgo está calculada manteniendo la restricción del CSA constante en 80 puntos al realizar las seis resoluciones. Esto nos da a entender que para cada coeficiente CSA que se desee fijar, dentro de unos valores acordes a los datos, se podrá extraer una frontera eficiente distinta que tal vez arroje conclusiones diferentes para cada exigencia medioambiental.

Además de esto, queda otra idea clave muy interesante para los objetivos del trabajo, ya que, si se puede mantener un nivel de sostenibilidad fijo y ver como las variaciones de rentabilidad afectan al riesgo, también puede hacerse lo contrario. En la Figura 23 puede observarse una frontera eficiente donde los ejes pasan a ser la sostenibilidad y el riesgo para una rentabilidad fijado para ser siempre mayor a 0,01, que por el funcionamiento de la optimización es el valor exacto. Esta frontera sigue representando perfectamente las soluciones eficientes del modelo, pero esta vez lo que se puede apreciar es la variación del riesgo en relación con el factor característico de este TFG. En concreto, puede apreciarse como a partir de los 79 puntos, la exigencia de sostenibilidad resulta cada vez más costosa en términos de riesgo asumido igual que pasaba al aumentar la rentabilidad. Toda esta información, tanto de rentabilidades como de coeficientes CSA, complementa a la resolución sin más del modelo, ya que ahora ya no solo es resolver el modelo y obtener una cartera eficiente, sino que puede apreciarse visualmente las diferencias entre las distintas alternativas eficientes, y elegir la estrategia de inversión de forma más adecuada, todo esto incluyendo el factor diferenciador de este trabajo que es la sostenibilidad en dicha estrategia.

	80,33	80	79	78	77,40
Red Eléctrica	0,55	0,52	0,52	0,49	0,46
Siemens	0,02	0,05	0,06	0,06	0,05
AENA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Telefónica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ACS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grifols	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02
Repsol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inditex	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mapfre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferrovial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Enagás	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acciona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IAG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Merlin Properties	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cellnex	0,43	0,40	0,31	0,31	0,32
Iberdrola	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BBVA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Naturgy	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Santander	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amadeus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Endesa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fluidra	0,00	0,02	0,11	0,13	0,14
Banco Sabadell	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaixaBank	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arcelor Mittal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bankinter	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Rentabilidad	Riesgo	CSA
0,01	0,001876395	80,33
0,01	0,001764816	80
0,01	0,001607094	79
0,01	0,001587541	78
0,01	0,001584459	77,40



**Figura 23: Frontera eficiente de sostenibilidad para Rentabilidad 0,01 – Fuente: Elaboración Propia**

Un cosa muy interesante y útil para comparar con esta frontera y poder extraer más conclusiones es emplear otras fronteras de sostenibilidad con otra rentabilidad de restricción, tanto por arriba como por debajo, éstas pueden verse a continuación en las Figuras 24 y 25, y comparadas las curvas en la Figura 26.

	79	78,5	78	77,5	77
Red Eléctrica	0,46	0,43	0,43	0,43	0,43
Siemens	0,00	0,04	0,04	0,05	0,05
AENA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Telefónica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ACS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grifols	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Repsol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inditex	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mapfre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferrovial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Enagás	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acciona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IAG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Merlin Properties	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cellnex	0,54	0,50	0,45	0,40	0,35
Iberdrola	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BBVA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Naturgy	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Santander	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amadeus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Endesa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fluidra	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16
Banco Sabadell	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaixaBank	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arcelor Mittal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bankinter	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Rentabilidad	Riesgo	CSA
0,0115	0,002169291	79,0
0,0115	0,001959835	78,5
0,0115	0,001815611	78
0,0115	0,001728783	77,5
0,0115	0,001699245	77,0



**Figura 24: Frontera eficiente de sostenibilidad para Rentabilidad 0,0115 – Fuente: Elaboración Propia**

	80,50	80,00	79	78	77,00
Red Eléctrica	0,59	0,58	0,54	0,50	0,46
Siemens	0,07	0,07	0,06	0,06	0,05
AENA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Telefónica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ACS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grifols	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06
Repsol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Inditex	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mapfre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ferrovial	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Enagás	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Acciona	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
IAG	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Merlin Properties	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cellnex	0,26	0,26	0,28	0,29	0,30
Iberdrola	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BBVA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Naturgy	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Santander	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Amadeus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Endesa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Fluidra	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13
Banco Sabadell	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CaixaBank	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Arcelor Mittal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bankinter	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Rentabilidad	Riesgo	CSA
0,0085	0,001598309	80,50
0,0085	0,001570	80,00
0,0085	0,001527264	79
0,0085	0,001501368	78
0,0085	0,001492773	77,00

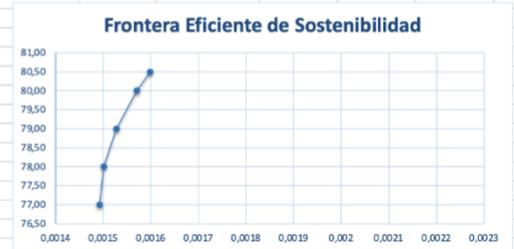


Figura 25: Frontera eficiente de sostenibilidad para Rentabilidad 0,0085 – Fuente: Elaboración Propia

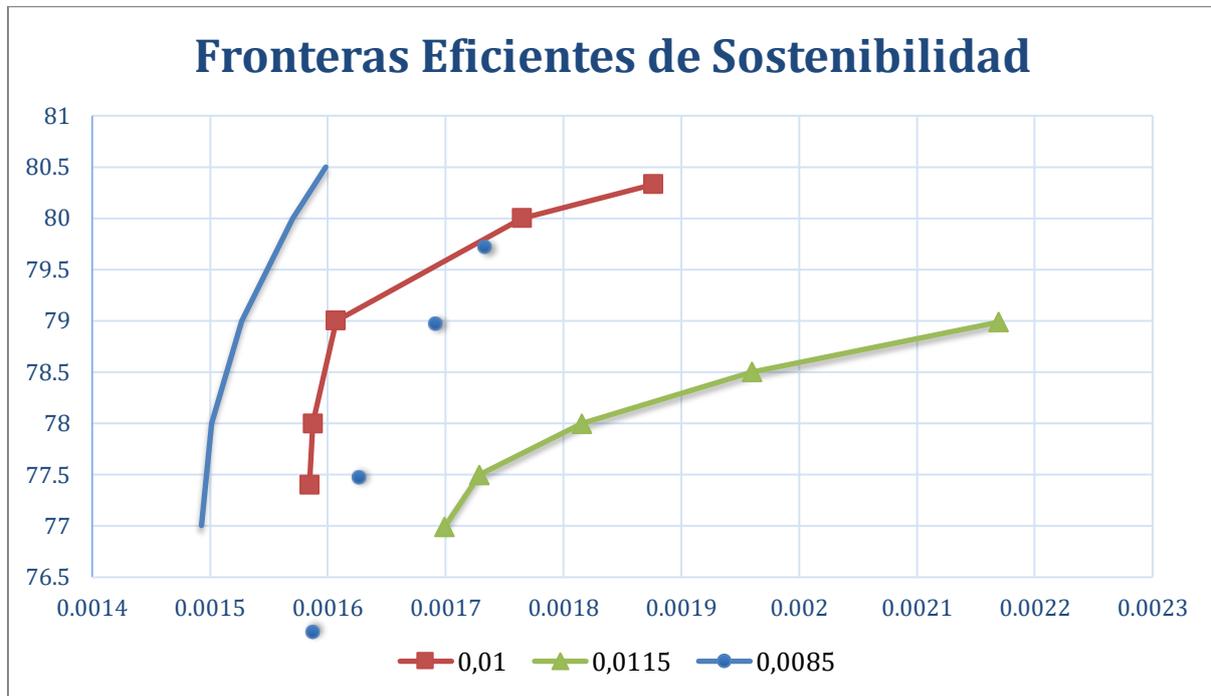


Figura 26: Comparación visual de las fronteras – Fuente: Elaboración Propia

De aquí se puede extraer mucha información útil y reafirmar las observaciones ya realizadas. Se aprecia cómo con el aumento de la exigencia de rentabilidad, los valores de **Cellnex** se suben mucho, y viceversa en la Figura 25, confirmándola claramente como el recurso empleado en busca de rentabilidad. Todo esto en oposición a otras como **Red Electrica**, que siendo rentable a la vez que muy sostenible tiene mucho peso de base, aumentando con la exigencia de CSA pero disminuyendo con la de rentabilidad en pos de la mencionada Cellnex. Esto ratifica a estos dos valores como los principales de la cartera dependiendo de lo fuertes que sean las restricciones.

Como última apreciación del análisis realizado con el modelo, es interesante ver cómo se modifican las curvas, cuyos valores máximos y mínimos se han fijado en función de los límites que aporta el modelo de programación multiobjetivo. Al disminuir la exigencia de rentabilidad se produce una gran bajada de riesgo, acompañada por una gran pendiente que refleja que aunque se reduzca o aumente mucho la exigencia medioambiental, el riesgo no variará en gran medida. Por el contrario y mostrando coherencia, el aumento a 0,00115 en la Figura 24 muestra como ésta se vuelve mucho más horizontal, haciendo que pequeñas modificaciones produzcan una gran variación. Este estudio de las fronteras nos aporta una valiosa información que permite confirmar los planteamientos anteriores: **aumentar las exigencias de rentabilidad aumenta enormemente la sensibilidad del riesgo en relación con la sostenibilidad**. Todos estos datos extraídos del análisis pueden aportar mucho al inversor a la hora de la toma de decisiones, para así no solamente fiarse de la eficiencia de las soluciones, que siempre será correcta y optimizada, pero también elegir la mejor opción para él de entre todas ellas. Todo esto se debe a que hay que recordar que invertir en soluciones eficientes de la frontera no es el objetivo final, sino el mínimo exigible para cumplir con el criterio de Markowitz de la conducta racional del inversor, y que el verdadero interés del análisis es entender cómo se comporta la cartera y elegir la mejor para el inversor de entre todas las eficientes teniendo en cuenta objetivos tan relevantes en la actualidad como el nivel de sostenibilidad de las inversiones.

# Capítulo 5 Conclusiones

A través de este trabajo final de grado se han ido planteando una serie de conceptos muy importantes para presentar, poner en contexto y comprender el campo de la gestión eficiente de carteras de inversión y su relación con el concepto fundamental y en constante desarrollo que es la sostenibilidad. A continuación, se presenta una síntesis de las distintas tareas realizadas y de las conclusiones extraídas del análisis realizado en el presente trabajo fin de grado.

Empezando por el marco en el que tiene lugar, se ha expuesto el mercado financiero como el lugar donde oferentes y demandantes de fondos se encuentran para realizar una asignación eficaz de los recursos de la sociedad. Con la intermediación de los agentes financieros y bajo el amparo y protección de los diferentes organismos reguladores, se propicia un intercambio de múltiples activos financieros que permite a los oferentes sacar un beneficio de aquel capital que han ahorrado con sus excedentes y ayudar con ello a los demandantes para que lleven adelante sus proyectos, con la intención de mejorar tanto su posición como la general de la economía.

Este marco se ha visto agitado los últimos años por la entrada con fuerza de la sostenibilidad, como factor que cada vez más gente valora enormemente y que este sólido sector ha tenido que incorporar para satisfacer a sus participantes. Mediante los nuevos productos de inversión e índices de validación expresamente contruidos para aquellos que valoran la lucha por el medio ambiente, la responsabilidad social de las empresas y el buen gobierno, este concepto nacido en el siglo pasado pero que no ha dejado de ganar peso está cada vez más presente en uno de los pilares de la economía.

Con el objetivo de incluir esta valoración de la sostenibilidad en la toma de decisiones financieras, se ha pasado después a introducir una de las metodologías más importantes de este ámbito que aún no se ha desarrollado profundamente en relación con el núcleo de este trabajo: la gestión eficiente de carteras. Con la explicación de la forma de valoración de los activos y sus riesgos, y habiendo definido lo que era una cartera como tal, se ha procedido a introducir la parte más importante a nivel teórico de todo el trabajo: los modelos de Markowitz y Sharpe.

Primero, se ha abordado cómo Markowitz planteó muchos de los conceptos fundacionales de la inversión como una disciplina más basada en la precisión y el análisis que en la intuición, entre los que se han destacado: los riesgos sistemáticos y no sistemáticos, la diversificación científica, la optimización de carteras, las carteras eficientes y la conducta racional del inversor. Segundo, se ha continuado con cómo, bajo directriz del propio Markowitz, Sharpe desarrolló una forma de simplificar y hacer más eficiente y útil su modelo, dando entre los dos inicio a la teoría moderna de carteras y ganando un premio Nobel.

Una vez expuesta toda esta información necesaria como marco de referencia, se han planteado y resuelto modelos de programación multiobjetivo para obtener carteras eficientes que tuvieran en cuenta el nivel de sostenibilidad de las inversiones. Como aportación relevante y característica del modelo desarrollado en el TFG destaca la utilización del coeficiente subyacente al conocido Dow Jones Sustainability Index como forma de analizar cuantitativamente la sostenibilidad. Por tanto, se han obtenido datos históricos suficientes de una selección de 26 valores del IBEX 35 necesarios para la aplicación del modelo.

Con los datos descargados y depurados se han calculado los coeficientes importantes, realizado los análisis de regresión para todas y cada una de las acciones de acuerdo con el modelo de Sharpe y aplicado los correspondientes análisis estadísticos. Con todo esto se ha planteado finalmente un modelo multiobjetivo que permitiera analizar el papel de la sostenibilidad en las carteras eficientes de inversión en valores.

Por último, utilizando la herramienta *Solver* de Excel se ha resuelto el modelo multiobjetivo para obtener distintas composiciones de carteras eficientes con las que satisfacer a distintos perfiles de inversores y así ejemplificar su uso. Finalmente, con el cálculo de la frontera eficiente rentabilidad-riesgo y las planteadas como fronteras eficientes de sostenibilidad-riesgo, se ha hecho un análisis en profundidad que ha permitido entender mejor cómo se comportaban las carteras ante las distintas exigencias, resultado clave del trabajo.

Concretamente, se ha comprobado como en este caso práctico se acaban formando carteras con 6 activos distintos de entre las 26 opciones, destacando sectores de la energía, telecomunicaciones, fármacos y electrodomésticos y, concretamente, los dos activos más importantes: Red Eléctrica y Cellnex. Y se ha aprendido como el aumento en las restricciones de la rentabilidad no solo aumentan el riesgo y restringe las posibilidades de sostenibilidad, también produce un impacto clave en la sensibilidad del riesgo frente a este factor clave.

Se ha conseguido no sólo un modelo funcional, sino un conocimiento relevante de su comportamiento con el análisis de las fronteras eficientes, así como de los mecanismos para obtenerlas. Con la aplicación de este modelo es posible extraer valiosa información sobre los activos que ayude en la toma de decisiones siguiendo la conducta racional, y poder favorecer a los inversores en su búsqueda de rentabilidad, seguridad, y, de forma fundamental para este trabajo de fin de grado, sostenibilidad con la que contribuir a un mejor estado de la sociedad.

En síntesis, se han alcanzado los objetivos del TFG planteando el marco de referencia, se han introducido las metodologías relevantes y, sobre todo, se ha desarrollado un modelo de programación multiobjetivo para obtener carteras eficientes que incorporen además de la rentabilidad y el riesgo, el criterio de sostenibilidad.

El modelo multiobjetivo planteado podría ampliarse mediante la consideración de invertir un mínimo y/o máximo en los valores. Esto implicaría la introducción de variables binarias en el modelo que sería de programación entera mixta, presentaría mayor complejidad para resolver en Excel y reduciría la rentabilidad de las carteras eficientes.

# Bibliografía

Bolsas y Mercados Españoles. (2022). FTSE4Good IBEX.

<https://www.bolsamadrid.es/esp/Indices/Ibex/FTSE4Good.aspx> [Consulta 10 de Junio de 2022]

CNMV. (2020). El mercado de valores y los productos de

inversión.<<https://www.cnmv.es/DocPortal/Publicaciones/Guias/ManualUniversitarios.pdf>>[

Consulta: 22 de abril de 2022]

CNMV. (2022\*). Las finanzas sostenibles.

<[https://www.cnmv.es/DocPortal/Publicaciones/Infografias/Infografia\\_Finanzas\\_sostenibles.pdf](https://www.cnmv.es/DocPortal/Publicaciones/Infografias/Infografia_Finanzas_sostenibles.pdf)> [Consulta: 22 de abril de 2022]

Domínguez, M. (10 de Diciembre de 2021). Acciona, Iberdrola y BBVA, las mejores del Ibex

35 en ESG para S&P. *elEconomista*. <https://www.eleconomista.es/inversion-sostenible->

[asg/noticias/11514474/12/21/Acciona-Iberdrola-y-BBVA-las-mejores-en-ESG-para-SP.html](https://www.eleconomista.es/inversion-sostenible-asg/noticias/11514474/12/21/Acciona-Iberdrola-y-BBVA-las-mejores-en-ESG-para-SP.html)

Hillier, F.S. y Lieberman, G.J. (2015): Investigación de Operaciones. McGraw-Hill. Décima edición.

Kalayci, C. B., Ertenlice, O., & Akbay, M. A. (2019). A comprehensive review of

deterministic models and applications for mean-variance portfolio optimization. *Expert*

*Systems With Applications*. 125, 345–368.

Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7 , 77–91 .

Maroto, C., Alcaraz, J., Ginestar, C. y Segura, M. (2012) Investigación Operativa en

Administración y Dirección de Empresas. Valencia. Editorial de la UPV.

Mascareñas, J.(2012). Gestión de Carteras I: Selección de Carteras. Universidad Complutense de Madrid <http://gacetafinanciera.com/TEORIARIESGO/CMark.pdf>

Pik, J., Ghosh, S. (2021). Hands-On Financial Trading with Python, A practical guide to using Zipline and other Python libraries for backtesting trading strategies. Editorial Packt.

Powell, S. G.y Baker, K.R. (2016). Business Analytics: The Art of Modeling with Spreadsheets. Fifth Edition, Wiley

Standard & Poor's . (2022). The Corporate Sustainability Assessment at a glance.

[https://www.spglobal.com/esg/csa/?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=CSA\\_Search&utm\\_term=corporate%20sustainability%20assessment&utm\\_content=581597573650&gclid=EAIaIQobChMI-de2rZio9wIVGuR3Ch3LqwSuEAAYASAAEgLS-fD\\_BwE](https://www.spglobal.com/esg/csa/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=CSA_Search&utm_term=corporate%20sustainability%20assessment&utm_content=581597573650&gclid=EAIaIQobChMI-de2rZio9wIVGuR3Ch3LqwSuEAAYASAAEgLS-fD_BwE)

[Consulta 10 de Junio de 2022]

Suárez Suárez, A.S (2008) Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa. Ediciones Pirámide. 21ª edición. Madrid, 2008.

Yahoo! Finance. (2022). Inicio de Finanzas. <https://es.finance.yahoo.com> [Consulta 12 de Junio de 2022]

# Anexo 1: Datos del Modelo

Tabla 1: Datos de rentabilidades históricas (I)

Date	RED.MC	SGRE.MC	AENA.MC	TEF.MC	ACS.MC	GRF.MC	REP.MC
2016-12-31 00:00:00	-0,07782419	-0,1663	-0,16435	-0,28758	-0,29564	-0,01623	-0,2646
2017-01-31 00:00:00	0,01821985	-0,11084	-0,19786	-0,25276	-0,22502	-0,02899	-0,26575
2017-02-28 00:00:00	0,05386417	-0,124	-0,12013	-0,24864	-0,20167	0,034859	-0,25783
2017-03-31 00:00:00	-0,00610775	-0,26604	-0,11764	-0,32427	-0,19668	0,002724	-0,2786
2017-04-30 00:00:00	0,11592183	0,007383	-0,10824	-0,31789	-0,21262	-0,04179	-0,25974
2017-05-31 00:00:00	-0,08387578	-0,08407	-0,21847	-0,36529	-0,28124	-0,08365	-0,35555
2017-06-30 00:00:00	-0,01815221	-0,27725	-0,20592	-0,25246	-0,26722	-0,0834	-0,22211
2017-07-31 00:00:00	0,03996695	-0,09498	-0,19043	-0,33789	-0,25113	-0,05776	-0,24788
2017-08-31 00:00:00	-0,05576204	-0,12696	-0,23496	-0,27663	-0,24483	-0,02615	-0,19811
2017-09-30 00:00:00	0,08319094	0,131937	-0,14541	-0,29485	-0,16139	0,042321	-0,22898
2017-10-31 00:00:00	0,03373236	-0,16381	-0,13631	-0,32439	-0,26768	-0,14393	-0,29303
2017-11-30 00:00:00	-0,01552224	0,081676	-0,17146	-0,33021	-0,23085	-0,06367	-0,28978
2017-12-31 00:00:00	-0,08765363	0,094853	-0,14518	-0,24052	-0,23899	0,00777	-0,21655
2018-01-31 00:00:00	-0,06868453	0,030608	-0,21322	-0,28082	-0,31704	-0,17209	-0,26643
2018-02-28 00:00:00	0,05021966	-0,00482	-0,19936	-0,24429	-0,14026	-0,03147	-0,24998
2018-03-31 00:00:00	0,03287514	0,090337	-0,13913	-0,21457	-0,13684	-0,03595	-0,16187
2018-04-30 00:00:00	-0,03645839	-0,08191	-0,17862	-0,33085	-0,20944	0,025279	-0,21587
2018-05-31 00:00:00	0,04431136	-0,13359	-0,19192	-0,28463	-0,24514	-0,02928	-0,21528
2018-06-30 00:00:00	0,04643786	0,05677	-0,13741	-0,18358	-0,12795	-0,06884	-0,19949
2018-07-31 00:00:00	0,00835652	0,062949	-0,15978	-0,30067	-0,23389	-0,02098	-0,2338
2018-08-31 00:00:00	0,00083225	-0,15354	-0,15648	-0,25173	-0,17893	-0,07979	-0,18662
2018-09-30 00:00:00	0,01272825	-0,09652	-0,18915	-0,18621	-0,27978	-0,00511	-0,27929
2018-10-31 00:00:00	0,04191777	0,26839	-0,14706	-0,16121	-0,17944	-0,05332	-0,23606
2018-11-30 00:00:00	0,01430809	-0,17179	-0,18543	-0,29968	-0,21937	-0,12642	-0,29264
2018-12-31 00:00:00	0,03103357	0,158366	-0,0498	-0,19543	-0,14557	-0,04119	-0,12073
2019-01-31 00:00:00	-0,05753968	0,06735	-0,11091	-0,2041	-0,12933	-0,03698	-0,20062
2019-02-28 00:00:00	0,00343282	0,046037	-0,13109	-0,22596	-0,19186	0,038796	-0,19031
2019-03-31 00:00:00	-0,02965872	0,114385	-0,11988	-0,21702	-0,15576	-0,04871	-0,20192
2019-04-30 00:00:00	0,02948337	-0,1299	-0,06857	-0,2391	-0,26882	-0,10353	-0,22819
2019-05-31 00:00:00	-0,0347826	0,052787	-0,00858	-0,20246	-0,22453	0,085355	-0,22368
2019-06-30 00:00:00	-0,07766993	-0,14586	-0,13164	-0,23017	-0,13021	0,083409	-0,13428
2019-07-31 00:00:00	0,06118267	-0,02355	-0,06489	-0,25514	-0,20669	-0,04655	-0,23226

**Tabla 1: Datos de rentabilidades históricas (I)**

Date	RED.MC	SGRE.MC	AENA.MC	TEF.MC	ACS.MC	GRF.MC	REP.MC
2019-08-31 00:00:00	0,03126732	0,005415	-0,04296	-0,10028	-0,10039	-0,08865	-0,09297
2019-09-30 00:00:00	-0,03139259	-0,01465	-0,08955	-0,20584	-0,15868	0,033254	-0,14245
2019-10-31 00:00:00	-0,01852359	0,158961	-0,05583	-0,18426	-0,18475	0,041174	-0,20672
2019-11-30 00:00:00	0,01185431	0,075036	-0,04588	-0,27966	-0,15351	-0,01617	-0,1851
2019-12-31 00:00:00	0,00613671	-0,08112	-0,08438	-0,1817	-0,28975	-0,05783	-0,22818
2020-01-31 00:00:00	-0,03959026	-0,00094	-0,18931	-0,27304	-0,24612	-0,06832	-0,29904
2020-02-29 00:00:00	-0,06619115	-0,08098	-0,36898	-0,36475	-0,44133	0,012581	-0,31621
2020-03-31 00:00:00	-0,00031128	0,021811	0,073371	-0,14335	0,1364	0,005801	-0,12739
2020-04-30 00:00:00	-0,01339148	0,11236	0,109957	-0,15372	-0,13807	-0,1152	-0,13166
2020-05-31 00:00:00	0,03911139	0,020623	-0,08411	-0,18527	-0,18166	-0,07148	-0,21911
2020-06-30 00:00:00	-0,00331827	0,252187	-0,07311	-0,26772	-0,20565	-0,10595	-0,23141
2020-07-31 00:00:00	-0,02996373	0,147826	0,130081	-0,189	-0,03854	-0,10686	-0,0798
2020-08-31 00:00:00	-0,0089728	0,030344	-0,05841	-0,23766	-0,15499	0,050346	-0,22236
2020-09-30 00:00:00	-0,06172461	0,043758	-0,03827	-0,18124	-0,03998	-0,09309	-0,15349
2020-10-31 00:00:00	0,13027707	0,221633	0,181661	0,130427	0,186484	-0,00165	0,379758
2020-11-30 00:00:00	-0,02158068	0,102265	0,018625	-0,2419	-0,06963	-0,02534	-0,06455
2020-12-31 00:00:00	-0,06646795	0,024176	-0,10478	0,002718	-0,13356	0,00094	-0,06906
2021-01-31 00:00:00	-0,11800257	-0,09915	0,100781	-0,09777	-0,09378	-0,15792	0,205453
2021-02-28 00:00:00	0,08243732	0,05364	-0,02192	-0,02084	0,026835	0,049936	-0,05079
2021-03-31 00:00:00	0,01125456	-0,09146	0,050073	-0,07522	-0,11207	-0,0133	-0,11595
2021-04-30 00:00:00	0,07390452	-0,08605	-0,00795	-0,04478	-0,12184	-0,00238	0,034953
2021-05-31 00:00:00	-0,04803892	0,047229	-0,04224	-0,0772	-0,17919	-0,01979	-0,09273
2021-06-30 00:00:00	0,06630538	-0,16041	-0,0307	-0,05368	-0,04444	-0,05965	-0,18204
2021-07-31 00:00:00	0,00896055	0,063082	0,001853	0,037796	-0,0033	-0,03812	0,015456
2021-08-31 00:00:00	0,01405974	-0,13307	0,086609	-0,07377	0,001071	0,010062	0,13926
2021-09-30 00:00:00	0,04436065	0,089767	-0,0506	-0,10214	-0,03895	-0,05513	-0,03512
2021-10-31 00:00:00	0,04373258	0,000425	-0,08221	0,023265	-0,0894	-0,20372	-0,14012
2021-11-30 00:00:00	0,01466665	-0,10682	0,074303	-0,03653	0,08352	0,040382	0,017541
2021-12-31 00:00:00	-0,05984249	-0,09071	0,029856	0,07541	-0,07345	-0,08176	0,046228
2022-01-31 00:00:00	-0,00806892	0,079969	0,015972	0,028503	-0,02806	0,076899	0,030126
2022-02-28 00:00:00	0,04491865	-0,23234	0,031058	0,027752	0,127474	-0,03059	0,019145
2022-03-31 00:00:00	0,02380951	-0,04159	-0,08707	0,057763	0,003673	-0,03672	0,210593
2022-04-30 00:00:00	0,01074152	0,195739	0,048304	0,1	0,079755	0,239873	0,064986
2022-05-31 00:00:00	-0,01877571	0,004178	-0,0116	-0,04777	-0,01155	-0,05443	0,006974

**Tabla 1: Datos de rentabilidades históricas (II)**

Date	ITX.MC	MAP.MC	FER.MC	ENG.MC	ANA.MC	IAG.MC	MRL.MC
2016-12-31 00:00:00	-0,1505256	-0,29489	-0,15421	-0,30865	-0,13192	-0,13444	-0,15965
2017-01-31 00:00:00	-0,11358723	-0,25015	-0,09188	-0,24923	-0,16898	-0,10398	-0,13295
2017-02-28 00:00:00	-0,02474292	-0,19898	-0,10834	-0,23247	-0,10724	-0,21421	-0,18305
2017-03-31 00:00:00	-0,03870128	-0,27359	-0,10926	-0,27233	-0,14983	-0,14154	-0,13251
2017-04-30 00:00:00	-0,05843031	-0,28086	-0,11925	-0,19482	-0,04514	-0,16309	-0,11895
2017-05-31 00:00:00	-0,16178582	-0,29861	-0,15795	-0,32035	-0,23325	-0,19291	-0,17195
2017-06-30 00:00:00	-0,09219536	-0,23186	-0,18375	-0,26877	-0,17998	-0,25569	-0,12955
2017-07-31 00:00:00	-0,14570143	-0,29901	-0,08902	-0,21336	-0,12734	-0,17178	-0,14136
2017-08-31 00:00:00	-0,09278621	-0,30463	-0,15262	-0,26799	-0,16924	-0,18031	-0,14555
2017-09-30 00:00:00	-0,07889909	-0,2302	-0,11978	-0,203	-0,07601	-0,11829	-0,1754
2017-10-31 00:00:00	-0,15669703	-0,25185	-0,12272	-0,24386	-0,16378	-0,22806	-0,15913
2017-11-30 00:00:00	-0,10537133	-0,29701	-0,09095	-0,26184	-0,1224	-0,14518	-0,12034
2017-12-31 00:00:00	-0,08948351	-0,18243	-0,12968	-0,28392	-0,0585	-0,16824	-0,11453
2018-01-31 00:00:00	-0,20912313	-0,26293	-0,14391	-0,25201	-0,16395	-0,2204	-0,12478
2018-02-28 00:00:00	-0,06296099	-0,25108	-0,13525	-0,18804	-0,22007	-0,16807	-0,08832
2018-03-31 00:00:00	-0,07135651	-0,18288	-0,06802	-0,15437	-0,01218	-0,15999	-0,1117
2018-04-30 00:00:00	-0,02596288	-0,31221	-0,12382	-0,26418	-0,18223	-0,10946	-0,20514
2018-05-31 00:00:00	0,00156324	-0,24495	-0,08865	-0,14776	-0,04176	-0,20465	-0,07539
2018-06-30 00:00:00	-0,09953232	-0,16828	-0,08032	-0,25402	-0,04285	-0,11129	-0,09994
2018-07-31 00:00:00	-0,13660669	-0,25239	-0,04132	-0,18749	-0,05176	-0,19286	-0,16233
2018-08-31 00:00:00	-0,06710363	-0,15867	-0,1272	-0,21322	-0,05798	-0,20296	-0,13979
2018-09-30 00:00:00	-0,1123348	-0,22809	-0,10467	-0,18807	-0,12691	-0,22515	-0,16444
2018-10-31 00:00:00	0,02327621	-0,24442	-0,06421	-0,16004	-0,00449	-0,13435	-0,09489
2018-11-30 00:00:00	-0,23410261	-0,28298	-0,10421	-0,22382	-0,17518	-0,18684	-0,14349
2018-12-31 00:00:00	0,0300686	-0,15082	0,027946	-0,10951	0,029171	-0,09921	-0,02563
2019-01-31 00:00:00	0,02838526	-0,17362	-0,04291	-0,18559	-0,0635	-0,20172	-0,12259
2019-02-28 00:00:00	-0,07084985	-0,20064	-0,04633	-0,14862	0,056773	-0,28461	-0,09051
2019-03-31 00:00:00	-0,03302433	-0,12125	-0,02759	-0,19045	-0,05457	-0,10314	-0,06568
2019-04-30 00:00:00	-0,14290709	-0,20285	-0,09467	-0,20253	-0,15077	-0,31634	-0,09822
2019-05-31 00:00:00	0,0619286	-0,19857	0,0008	-0,20508	-0,09246	-0,11381	-0,05527
2019-06-30 00:00:00	-0,02769303	-0,19653	-0,02463	-0,29245	-0,04086	-0,27683	-0,07405
2019-07-31 00:00:00	0,00325538	-0,20118	0,042188	-0,13017	-0,03651	-0,12919	-0,09566

**Tabla 1: Datos de rentabilidades históricas (II)**

Date	ITX.MC	MAP.MC	FER.MC	ENG.MC	ANA.MC	IAG.MC	MRL.MC
2019-08-31 00:00:00	-0,02685119	-0,1256	-0,03313	-0,07754	-0,05763	0,015622	-0,03007
2019-09-30 00:00:00	-0,05739286	-0,15461	-0,05966	-0,10363	-0,08557	0,007475	-0,05719
2019-10-31 00:00:00	-0,02341902	-0,14739	-0,03827	-0,12645	-0,04215	-0,07251	-0,08645
2019-11-30 00:00:00	0,07455049	-0,23201	-0,03798	-0,13464	-0,05735	-0,00313	-0,0804
2019-12-31 00:00:00	-0,06463013	-0,15841	0,018508	-0,05281	0,035663	-0,1628	-0,06529
2020-01-31 00:00:00	-0,10516776	-0,25017	-0,13663	-0,1489	0,058823	-0,51889	-0,14994
2020-02-29 00:00:00	-0,19529998	-0,35404	-0,20871	-0,32123	-0,20384	-0,62262	-0,45853
2020-03-31 00:00:00	-0,03798736	-0,06786	0,02691	0,058406	-0,07982	-0,03286	0,161977
2020-04-30 00:00:00	0,04362381	-0,18618	0,02655	-0,15928	-0,05761	-0,10881	-0,16649
2020-05-31 00:00:00	-0,1064314	-0,15533	-0,06813	-0,06942	-0,08136	-0,18555	-0,10192
2020-06-30 00:00:00	-0,07998251	-0,13337	-0,14505	-0,13261	0,042992	-0,32063	-0,11457
2020-07-31 00:00:00	0,01609369	-0,06282	0,051029	-0,14972	0,036866	0,207426	0,025523
2020-08-31 00:00:00	-0,01480926	-0,25978	-0,10831	-0,15298	-0,10646	-0,31589	-0,09325
2020-09-30 00:00:00	-0,14832643	-0,13265	-0,13767	-0,17321	-0,10187	0,012322	-0,22792
2020-10-31 00:00:00	0,28774015	0,109236	0,214706	-0,0209	0,189158	0,679612	0,27091
2020-11-30 00:00:00	-0,0818698	-0,10766	-0,05201	-0,22058	0,05063	0,020804	-0,04682
2020-12-31 00:00:00	-0,07418018	-0,11587	-0,14021	-0,07007	0,027764	-0,09883	-0,03152
2021-01-31 00:00:00	0,08887812	-0,04169	0,012524	-0,13063	0,033934	0,349288	0,026712
2021-02-28 00:00:00	-0,00674715	0,040395	0,04858	-0,02668	0,029394	0,009503	-0,04415
2021-03-31 00:00:00	0,03142571	-0,0632	0,042889	-0,10333	-0,01474	-0,00941	0,0009
2021-04-30 00:00:00	0,05675504	-0,03852	-0,00521	-0,02931	-0,08034	0,01193	-0,02017
2021-05-31 00:00:00	-0,07509116	-0,07446	0,011454	-0,07128	-0,11073	-0,14671	-0,09321
2021-06-30 00:00:00	-0,05300736	-0,06005	-0,00705	-0,08858	-0,02054	-0,0288	0,062796
2021-07-31 00:00:00	-0,00784026	0,018264	-0,03503	-0,04067	0,064192	-0,07681	0,013109
2021-08-31 00:00:00	0,07413178	-0,00334	-0,00032	-0,03697	0,025054	0,102863	-0,12167
2021-09-30 00:00:00	-0,02098706	-0,0475	0,089714	-0,01983	0,167606	-0,04751	0,042237
2021-10-31 00:00:00	-0,11217332	-0,06045	-0,10339	0,005843	-0,05178	-0,21907	0,025488
2021-11-30 00:00:00	-0,01620687	-0,00249	0,12215	-0,02433	0,070019	0,117377	-0,01563
2021-12-31 00:00:00	-0,06666666	0,059553	-0,10849	-0,06158	-0,08209	0,075645	0,033381
2022-01-31 00:00:00	-0,12592591	-0,09131	-0,01254	-0,02171	-0,0013	-0,065	-0,00792
2022-02-28 00:00:00	-0,14814809	0,07832	-0,01025	0,06642	0,144459	-0,07044	0,080102
2022-03-31 00:00:00	0,01259446	-0,0883	0,020332	0,018317	0,08885	0,01	-0,02345
2022-04-30 00:00:00	0,12399595	-0,00461	-0,01112	0,035975	-0,03908	-0,11718	0,013474
2022-05-31 00:00:00	-0,02560706	0,007514	0,018288	0,00747	0,029492	-0,01376	-0,01311

**Tabla 1: Datos de rentabilidades históricas (III)**

Date	CLNX.MC	IBE.MC	BBVA.MC	NTGY.MC	SAN.MC	AMS.MC	ELE.MC
2016-12-31 00:00:00	-0,05365247	-0,25666	-0,21926	-0,27213	-0,1503	-0,0672	-0,33286
2017-01-31 00:00:00	0,03659463	-0,13773	-0,21708	-0,24925	-0,18832	-0,02842	-0,25935
2017-02-28 00:00:00	0,06611314	-0,13885	-0,04907	-0,18424	-0,09001	0,024841	-0,22695
2017-03-31 00:00:00	0,02165601	-0,20622	-0,1633	-0,26	-0,14509	-0,01317	-0,30535
2017-04-30 00:00:00	0,13201159	-0,13146	-0,18242	-0,2093	-0,20046	-0,00652	-0,27469
2017-05-31 00:00:00	-0,04756209	-0,21403	-0,17205	-0,33057	-0,17083	-0,03851	-0,35488
2017-06-30 00:00:00	0,03910224	-0,22606	-0,13649	-0,26733	-0,16907	-0,05212	-0,28286
2017-07-31 00:00:00	-0,02748024	-0,15731	-0,21163	-0,22599	-0,2289	-0,0485	-0,26613
2017-08-31 00:00:00	0,02099675	-0,20864	-0,15891	-0,30742	-0,09915	0,010253	-0,31553
2017-09-30 00:00:00	0,09209764	-0,11372	-0,16738	-0,23949	-0,15728	0,017105	-0,24421
2017-10-31 00:00:00	-0,04787188	-0,20764	-0,20277	-0,21915	-0,18968	-0,01607	-0,31299
2017-11-30 00:00:00	0,01825897	-0,19753	-0,1715	-0,21239	-0,18186	-0,05246	-0,30832
2017-12-31 00:00:00	0,01021574	-0,15837	-0,10747	-0,25717	-0,07986	-0,00396	-0,23406
2018-01-31 00:00:00	-0,03659159	-0,21697	-0,24753	-0,23162	-0,20412	-0,06577	-0,28081
2018-02-28 00:00:00	0,02519569	-0,16399	-0,21291	-0,2056	-0,20098	-0,02977	-0,21775
2018-03-31 00:00:00	0,01678206	-0,0898	-0,12198	-0,17116	-0,13639	-0,02271	-0,1817
2018-04-30 00:00:00	-0,03199476	-0,19821	-0,25513	-0,22847	-0,26311	0,080244	-0,26491
2018-05-31 00:00:00	-0,01384163	-0,08122	-0,12666	-0,16315	-0,15619	-0,04167	-0,24323
2018-06-30 00:00:00	0,05381732	-0,14143	-0,09754	-0,21378	-0,08468	0,061159	-0,1753
2018-07-31 00:00:00	-0,03349755	-0,15813	-0,26751	-0,20026	-0,22477	0,067538	-0,23544
2018-08-31 00:00:00	0,0160414	-0,13771	-0,12228	-0,18431	-0,11774	-0,02294	-0,24362
2018-09-30 00:00:00	-0,0361848	-0,14351	-0,23427	-0,26113	-0,1504	-0,13607	-0,2262
2018-10-31 00:00:00	0,10660311	-0,08278	-0,10285	-0,19485	-0,12342	-0,13339	-0,16659
2018-11-30 00:00:00	-0,10764223	-0,08769	-0,20455	-0,17838	-0,18185	-0,08449	-0,21232
2018-12-31 00:00:00	0,09340686	-0,10697	-0,02393	-0,10528	-0,08508	0,017416	-0,12159
2019-01-31 00:00:00	-0,08456351	-0,09585	-0,07961	-0,19655	-0,06819	0,012488	-0,1785
2019-02-28 00:00:00	0,20137505	-0,05429	-0,18901	-0,15038	-0,1384	0,058439	-0,16954
2019-03-31 00:00:00	0,03679742	-0,08251	-0,08762	-0,15369	-0,03735	-0,02727	-0,21473
2019-04-30 00:00:00	0,14190651	-0,08688	-0,19018	-0,15577	-0,20617	-0,05207	-0,18598
2019-05-31 00:00:00	0,03767644	-0,05863	-0,07998	-0,19781	-0,05668	0,011005	-0,17392
2019-06-30 00:00:00	0,03212892	-0,13738	-0,16763	-0,2129	-0,14721	-0,01047	-0,17439
2019-07-31 00:00:00	0,07042699	-0,00181	-0,1558	-0,1178	-0,19437	-0,04653	-0,11801

**Tabla 1: Datos de rentabilidades históricas (III)**

Date	CLNX.MC	IBE.MC	BBVA.MC	NTGY.MC	SAN.MC	AMS.MC	ELE.MC
2019-08-31 00:00:00	0,0368293	-0,0723	0,003068	-0,13989	-0,01824	-0,03416	-0,13723
2019-09-30 00:00:00	0,08050893	-0,12131	-0,11673	-0,14981	-0,13148	-0,00771	-0,15677
2019-10-31 00:00:00	0,0048594	-0,12301	-0,06668	-0,18239	-0,08661	0,077538	-0,15443
2019-11-30 00:00:00	-0,02036123	-0,06367	-0,04116	-0,18047	-0,02169	0,000558	-0,19709
2019-12-31 00:00:00	0,1677922	-0,02203	-0,13683	-0,08105	-0,11421	-0,03441	-0,10464
2020-01-31 00:00:00	-0,09533462	-0,03354	-0,15033	-0,23512	-0,13532	-0,1079	-0,19418
2020-02-29 00:00:00	-0,07913541	-0,20765	-0,39229	-0,34687	-0,39531	-0,33722	-0,29025
2020-03-31 00:00:00	0,16153518	-0,03219	-0,01008	-0,10362	-0,11321	0,036582	-0,09303
2020-04-30 00:00:00	-0,0157523	-0,01749	-0,08949	-0,07164	-0,02326	0,068761	-0,09335
2020-05-31 00:00:00	0,0404806	-0,01887	0,039215	-0,12375	0,015263	-0,03375	-0,12286
2020-06-30 00:00:00	0,04728857	-0,02154	-0,16222	-0,1457	-0,18836	-0,09603	-0,0244
2020-07-31 00:00:00	0,00823217	-0,08067	-0,08727	-0,06226	-0,00029	0,108983	-0,13891
2020-08-31 00:00:00	-0,04277628	-0,06567	-0,07499	-0,0401	-0,17768	-0,00272	-0,13353
2020-09-30 00:00:00	0,05029982	-0,09693	-0,00151	-0,15571	0,024282	-0,14835	-0,1104
2020-10-31 00:00:00	-0,04489714	0,06702	0,530744	0,103399	0,420794	0,399075	-0,07609
2020-11-30 00:00:00	-0,07259045	-0,03125	0,016585	-0,0834	0,015974	0,020562	-0,16911
2020-12-31 00:00:00	-0,01769215	-0,09447	-0,09092	0,057106	-0,07059	-0,11786	-0,13344
2021-01-31 00:00:00	-0,07284268	-0,09858	0,165418	-0,08766	0,151624	0,06324	-0,10857
2021-02-28 00:00:00	0,08447577	0,00505	-0,07692	-0,0554	-0,03754	0,039959	0,002792
2021-03-31 00:00:00	0,03303681	-0,01927	0,0204	-0,00908	0,080045	-0,06219	-0,11019
2021-04-30 00:00:00	0,03746073	-0,06155	0,089301	-0,02591	0,050897	0,087738	-0,06491
2021-05-31 00:00:00	0,08920723	-0,10222	0,001117	-0,02098	-0,07927	-0,04199	-0,1616
2021-06-30 00:00:00	0,01876671	-0,05421	0,009325	-0,03002	-0,06087	-0,07502	-0,02485
2021-07-31 00:00:00	0,05203656	0,014351	0,009876	-0,02149	-0,00908	-0,07345	-0,03574
2021-08-31 00:00:00	-0,09064751	-0,18782	0,003072	-0,02322	-0,01963	0,090073	-0,17096
2021-09-30 00:00:00	0,00169497	0,164579	0,066258	0,034022	0,048071	0,037303	0,118642
2021-10-31 00:00:00	-0,0227249	-0,04183	-0,22298	0,050025	-0,16159	-0,02989	-0,02976
2021-11-30 00:00:00	-0,01652576	0,034502	0,103869	0,17916	0,061552	0,043387	-0,00668
2021-12-31 00:00:00	-0,21503703	-0,03742	0,06907	-0,01298	0,048983	0,016113	-0,01757
2022-01-31 00:00:00	-0,00098331	-0,00391	-0,06948	-0,14787	-0,0385	-0,02915	-0,01675
2022-02-28 00:00:00	0,06948863	-0,02362	-0,0112	0,12557	0,043947	-0,01268	0,009444
2022-03-31 00:00:00	0,02108162	0,106088	-0,03876	0,064863	-0,11025	0,021997	0,009068
2022-04-30 00:00:00	-0,05910006	0,004552	0,02152	-0,0154	0,081241	-0,02823	0,0315
2022-05-31 00:00:00	-0,02445972	-0,01995	-0,02984	0	-0,02372	-0,02885	-0,01542

**Tabla 1: Datos de rentabilidades históricas (IV)**

Date	FDR.MC	SAB.MC	CABK.MC	MTS.MC	BKT.MC	^IBEX
2016-12-31 00:00:00	-0,04835367	-0,09844	-0,07599	-0,00976	-0,16252	-0,01409
2017-01-31 00:00:00	0,14723771	-0,15516	-0,1822	0,109058	-0,19904	0,014815
2017-02-28 00:00:00	-0,09760784	0,026051	0,032663	-0,09366	-0,11378	0,087846
2017-03-31 00:00:00	0,11627011	-0,11728	-0,11508	-0,11927	-0,14632	0,02468
2017-04-30 00:00:00	0,01584719	-0,09216	-0,12599	-0,14498	-0,1572	0,013252
2017-05-31 00:00:00	-0,00543463	-0,1525	-0,13739	-0,00439	-0,18211	-0,04105
2017-06-30 00:00:00	0,12220443	-0,07552	-0,09042	0,061166	-0,14603	-0,00051
2017-07-31 00:00:00	0,04212498	-0,14841	-0,14934	-0,03007	-0,18668	-0,02958
2017-08-31 00:00:00	0,05440418	-0,16955	-0,15905	-0,07453	-0,16532	0,005102
2017-09-30 00:00:00	-0,03962298	-0,12886	-0,1588	0,08824	-0,13083	0,025452
2017-10-31 00:00:00	0,2782196	-0,14603	-0,12894	-0,02319	-0,16049	-0,03592
2017-11-30 00:00:00	0,00400668	-0,14492	-0,14251	0,025225	-0,17798	-0,01776
2017-12-31 00:00:00	-0,10498678	0,022483	-0,01392	0,0394	-0,00336	0,035869
2018-01-31 00:00:00	0,07045339	-0,20496	-0,1886	-0,08595	-0,17053	-0,06446
2018-02-28 00:00:00	0,13624894	-0,14395	-0,14283	-0,11721	-0,21471	-0,0199
2018-03-31 00:00:00	-0,15331219	-0,13372	-0,07977	0,055599	-0,10638	0,047052
2018-04-30 00:00:00	0,0189817	-0,19447	-0,18955	-0,05248	-0,18295	-0,0518
2018-05-31 00:00:00	0,08767485	-0,10875	-0,09558	-0,12009	-0,13994	0,008172
2018-06-30 00:00:00	-0,14053955	-0,0831	-0,02427	0,093211	-0,13295	0,036153
2018-07-31 00:00:00	0,06418957	-0,1571	-0,12555	-0,11029	-0,19667	-0,04782
2018-08-31 00:00:00	-0,04419213	-0,07717	-0,08153	-0,00017	-0,10261	0,00016
2018-09-30 00:00:00	-0,19891607	-0,20639	-0,17758	-0,20562	-0,20107	-0,0523
2018-10-31 00:00:00	0,01005856	-0,11746	-0,06899	-0,11647	-0,11283	0,02192
2018-11-30 00:00:00	-0,11772175	-0,20664	-0,21458	-0,17814	-0,18114	-0,07575
2018-12-31 00:00:00	-0,01394167	-0,07127	-0,04289	0,073349	-0,14448	0,072015
2019-01-31 00:00:00	-0,03663429	-0,06885	-0,08002	-0,04273	-0,06391	0,024187
2019-02-28 00:00:00	0,00859039	-0,18274	-0,19078	-0,13729	-0,17404	-0,00786
2019-03-31 00:00:00	-0,07696642	0,074789	-0,08628	0,011847	-0,06624	0,028566
2019-04-30 00:00:00	0,10611588	-0,09883	-0,07582	-0,33623	-0,18578	-0,05671
2019-05-31 00:00:00	0,03951257	-0,13061	-0,12671	0,177006	-0,15788	0,028293
2019-06-30 00:00:00	-0,058349	-0,20501	-0,1675	-0,1298	-0,13131	-0,03437
2019-07-31 00:00:00	-0,01420199	-0,07636	-0,12352	-0,10806	-0,18503	-0,01505

**Tabla 1: Datos de rentabilidades históricas (IV)**

Date	FDR.MC	SAB.MC	CABK.MC	MTS.MC	BKT.MC	^IBEX
2019-08-31 00:00:00	-0,05275795	0,078342	0,116208	-0,04103	-0,00711	0,049235
2019-09-30 00:00:00	0,00010471	0,02936	0,005003	-0,0114	-0,02717	-0,0021
2019-10-31 00:00:00	-0,01084233	-0,03822	-0,00833	0,137162	-0,06339	0,006338
2019-11-30 00:00:00	0,06980622	-0,01648	-0,00975	-0,0246	-0,06402	0,019429
2019-12-31 00:00:00	-0,11281686	-0,25068	-0,1024	-0,16325	-0,17226	-0,02814
2020-01-31 00:00:00	0,11440232	-0,07986	-0,17147	-0,05845	-0,1632	-0,07243
2020-02-29 00:00:00	-0,33430519	-0,44279	-0,31588	-0,37241	-0,43454	-0,23847
2020-03-31 00:00:00	0,14060101	-0,19561	-0,05386	0,196604	0,114534	0,044513
2020-04-30 00:00:00	0,06114062	-0,28432	0,013676	-0,15982	-0,30677	0,048584
2020-05-31 00:00:00	0,03494597	0,077003	0,091838	0,025781	0,034367	0,000373
2020-06-30 00:00:00	0,1681257	-0,07074	-0,05151	-0,02782	-0,01737	-0,05082
2020-07-31 00:00:00	-0,0248978	0,169433	0,002687	0,111171	-0,0158	0,014867
2020-08-31 00:00:00	0,01578983	-0,11018	-0,04587	0,039302	-0,23164	-0,04573
2020-09-30 00:00:00	0,03939461	-0,12228	-0,15783	-0,00125	-0,17843	-0,04962
2020-10-31 00:00:00	0,15559118	0,234826	0,349713	0,291877	0,21942	0,246166
2020-11-30 00:00:00	0,13128479	0,069486	-0,03078	0,204943	-0,01028	-0,00481
2020-12-31 00:00:00	-0,06605763	0,022034	-0,01616	-0,07053	-0,0015	-0,05302
2021-01-31 00:00:00	0,10403613	0,138251	0,119768	0,033711	0,106299	0,051387
2021-02-28 00:00:00	0,06943749	0,064674	0,07474	0,227815	0,025246	0,03068
2021-03-31 00:00:00	0,17283743	0,148769	0,015962	-0,04179	0,032778	0,025525
2021-04-30 00:00:00	0,11656632	0,182642	0,04245	0,078385	-0,01203	0,037102
2021-05-31 00:00:00	-0,01033417	-0,09289	-0,08209	-0,06362	-0,13504	-0,03775
2021-06-30 00:00:00	0,00736032	0,018056	-0,0406	0,121444	0,039869	-0,02106
2021-07-31 00:00:00	-0,00172365	0,039808	0,040728	-0,04449	0,02993	0,014135
2021-08-31 00:00:00	-0,02445786	0,185621	0,009023	-0,07605	-0,01215	-0,01428
2021-09-30 00:00:00	-0,03097354	-0,01749	-0,06085	0,144306	-0,05839	0,041905
2021-10-31 00:00:00	0,01193856	-0,15452	-0,08675	-0,19249	-0,11228	-0,08379
2021-11-30 00:00:00	0,06024096	-0,00738	0,058772	0,171794	0,023629	0,042682
2021-12-31 00:00:00	-0,20170455	0,149114	0,176033	-0,07294	0,144937	-0,01339
2022-01-31 00:00:00	-0,03030298	0,114179	0,020833	0,037273	-0,02933	-0,02312
2022-02-28 00:00:00	-0,02952034	-0,04361	0,047668	0,053388	0,045972	-0,00201
2022-03-31 00:00:00	0	-0,008	-0,01152	-0,03516	0,032258	0,012085
2022-04-30 00:00:00	-0,05448964	0,136116	0,104262	0,07359	0,059814	0,039323
2022-05-31 00:00:00	0,00162071	-0,02305	-0,00588	0,007309	-0,02042	-0,06703

**Tabla 2: Parámetros calculados a partir del histórico**

Acciones	CSA(2021)	Media	Varianza	Beta	Alfa
Red Eléctrica	86	0,001757	0,00253	0,346613	0,002674
Siemens	83	-0,0085	0,014839	0,596554	-0,00692
AENA	60	-0,08116	0,010623	0,980038	-0,07857
Telefónica	86	-0,17722	0,015699	0,772903	-0,17517
ACS	68	-0,14369	0,014058	1,087045	-0,14081
Grifols	60	-0,03133	0,004745	0,223911	-0,03074
Repsol	50	-0,14642	0,019987	1,190416	-0,14327
Inditex	75	-0,05029	0,007321	1,052533	-0,0475
Mapfre	77	-0,15659	0,01189	0,796244	-0,15448
Ferrovial	79	-0,05503	0,006154	0,816811	-0,05286
Enagás	85	-0,14537	0,009975	0,468694	-0,14413
Acciona	90	-0,05068	0,008424	0,68511	-0,04887
IAG	35	-0,11024	0,030874	2,122768	-0,10463
Merlin Properties	58	-0,07903	0,009713	1,044634	-0,07626
Cellnex	73	0,013069	0,005128	0,246057	0,01372
Iberdrola	89	-0,08844	0,006884	0,489653	-0,08714
BBVA	88	-0,08859	0,016813	1,623841	-0,0843
Naturgy	77	-0,13174	0,012988	0,622606	-0,13009
Santander	85	-0,08791	0,01369	1,425358	-0,08414
Amadeus	79	-0,01257	0,00746	1,136465	-0,00956
Endesa	87	-0,15794	0,010776	0,417301	-0,15684
Fluidra	60	0,010021	0,010237	0,482191	0,011297
Banco Sabadell	66	-0,05869	0,01667	1,22774	-0,05544
CaixaBank	85	-0,05593	0,011373	1,24754	-0,05263
Arcelor Mittal	42	-0,01527	0,015433	1,322936	-0,01177
Bankinter	83	-0,09009	0,012614	1,099884	-0,08718

**Tabla 3: Parámetros calculados a partir del error de regresión**

<b>Residuos</b>	<b>Media del residuo</b>	<b>Varianza del residuo</b>	<b>R2</b>
Red Eléctrica	2,1027E-19	0,002133139	0,157028
Siemens	3,88999E-18	0,013661483	0,079323
AENA	8,83132E-18	0,00744614	0,299046
Telefónica	-2,52323E-17	0,013723555	0,125852
ACS	-5,04647E-18	0,010149321	0,27802
Grifols	3,99512E-18	0,004578776	0,03495
Repsol	5,34085E-17	0,015299647	0,234505
Inditex	1,15648E-17	0,003657097	0,500477
Mapfre	1,03873E-16	0,009792817	0,176365
Ferrovial	-9,25186E-18	0,003947621	0,358558
Enagás	0	0,009248759	0,072836
Acciona	5,46701E-18	0,006871657	0,184285
IAG	-2,39707E-17	0,015970009	0,482734
Merlin Properties	1,13546E-17	0,006103819	0,37159
Cellnex	-6,41322E-18	0,004928112	0,039047
Iberdrola	-2,39707E-17	0,006090527	0,115202
BBVA	-1,00929E-17	0,00809193	0,518716
Naturgy	6,18192E-17	0,011706235	0,098711
Santander	1,26162E-17	0,006970127	0,490849
Amadeus	0	0,003188306	0,572616
Endesa	0	0,010200091	0,053448
Fluidra	9,46213E-19	0,009468052	0,07512
Banco Sabadell	4,64696E-17	0,011684673	0,299066
CaixaBank	-1,05135E-17	0,006225043	0,452629
Arcelor Mittal	0	0,009644023	0,375087
Bankinter	-1,47189E-17	0,008613181	0,317192

**Tabla 4: Modelo planteado**

	Sostenibilidad	Parámetro	Ecuación de Sharpe			Variables de Decisión
	CSA(2021)	Rentabilidad Media	Alfa	Beta	VAR(Residuos)	Composición
Red Eléctrica	86	0,1757048514	0,00267	0,34661	0,002133139	0,00
Siemens	83	-0,8497070655	-0,00692	0,59655	0,013661483	0,00
AENA	60	-8,1161229517	-0,07857	0,98004	0,00744614	0,00
Telefónica	86	-17,7218916607	-0,17517	0,77290	0,013723555	0,00
ACS	68	-14,3685419909	-0,14081	1,08704	0,010149321	0,00
Grifols	60	-3,1334394672	-0,03074	0,22391	0,004578776	0,00
Repsol	50	-14,6418585474	-0,14327	1,19042	0,015299647	0,00
Inditex	75	-5,0287079980	-0,04750	1,05253	0,003657097	0,00
Mapfre	77	-15,6588100384	-0,15448	0,79624	0,009792817	0,00
Ferrovial	79	-5,5025945481	-0,05286	0,81681	0,003947621	0,00
Enagás	85	-14,5371295769	-0,14413	0,46869	0,009248759	0,00
Acciona	90	-5,0682730279	-0,04887	0,68511	0,006871657	0,00
IAG	35	-11,0242050771	-0,10463	2,12277	0,015970009	0,00
Merlin Properties	58	-7,9027644504	-0,07626	1,04463	0,006103819	0,00
Cellnex	73	1,3068733418	0,01372	0,24606	0,004928112	0,00
Iberdrola	89	-8,8436611300	-0,08714	0,48965	0,006090527	0,00
BBVA	88	-8,8593097254	-0,08430	1,62384	0,00809193	0,00
Naturgy	77	-13,1741986475	-0,13009	0,62261	0,011706235	0,00
Santander	85	-8,7907686128	-0,08414	1,42536	0,006970127	0,00
Amadeus	79	-1,2565010553	-0,00956	1,13646	0,003188306	0,00
Endesa	87	-15,7939532921	-0,15684	0,41730	0,010200091	0,00
Fluidra	60	1,0021214338	0,01130	0,48219	0,009468052	0,00
Banco Sabadell	66	-5,8686230653	-0,05544	1,22774	0,011684673	0,00
CaixaBank	85	-5,5932045518	-0,05263	1,24754	0,006225043	0,00
Arcelor Mittal	42	-1,5265674340	-0,01177	1,32294	0,009644023	0,00
Bankinter	83	-9,0093776972	-0,08718	1,09988	0,008613181	0,00

**Factores Fundamentales de la Cartera**

Rentabilidad de la Cartera	0,0000
Riesgo de la cartera	0,000000

Restricciones del Modelo	VALOR		RHS
Rentabilidad	0,0000	>=	0,0100
Composición	0	=	1
Sostenibilidad	0,00	>=	80,00

# Anexo 2: Resultados del Modelo

Tabla 5: Primera resolución del modelo

	Sostenibilidad	Parámetro	Ecuación de Sharpe			Variables de Decisión
	CSA(2021)	Rentabilidad Media	Alfa	Beta	VAR(Residuos)	Composición
Red Eléctrica	86	0,1757048514	0,00267	0,34661	0,002133139	0,52
Siemens	83	-0,8497070655	-0,00692	0,59655	0,013661483	0,05
AENA	60	-8,1161229517	-0,07857	0,98004	0,00744614	0,00
Telefónica	86	-17,7218916607	-0,17517	0,77290	0,013723555	0,00
ACS	68	-14,3685419909	-0,14081	1,08704	0,010149321	0,00
Grifols	60	-3,1334394672	-0,03074	0,22391	0,004578776	0,00
Repsol	50	-14,6418585474	-0,14327	1,19042	0,015299647	0,00
Inditex	75	-5,0287079980	-0,04750	1,05253	0,003657097	0,00
Mapfre	77	-15,6588100384	-0,15448	0,79624	0,009792817	0,00
Ferrovial	79	-5,5025945481	-0,05286	0,81681	0,003947621	0,00
Enagás	85	-14,5371295769	-0,14413	0,46869	0,009248759	0,00
Acciona	90	-5,0682730279	-0,04887	0,68511	0,006871657	0,00
IAG	35	-11,0242050771	-0,10463	2,12277	0,015970009	0,00
Merlin Properties	58	-7,9027644504	-0,07626	1,04463	0,006103819	0,00
Cellnex	73	1,3068733418	0,01372	0,24606	0,004928112	0,40
Iberdrola	89	-8,8436611300	-0,08714	0,48965	0,006090527	0,00
BBVA	88	-8,8593097254	-0,08430	1,62384	0,00809193	0,00
Naturgy	77	-13,1741986475	-0,13009	0,62261	0,011706235	0,00
Santander	85	-8,7907686128	-0,08414	1,42536	0,006970127	0,00
Amadeus	79	-1,2565010553	-0,00956	1,13646	0,003188306	0,00
Endesa	87	-15,7939532921	-0,15684	0,41730	0,010200091	0,00
Fluidra	60	1,0021214338	0,01130	0,48219	0,009468052	0,02
Banco Sabadell	66	-5,8686230653	-0,05544	1,22774	0,011684673	0,00
CaixaBank	85	-5,5932045518	-0,05263	1,24754	0,006225043	0,00
Arcelor Mittal	42	-1,5265674340	-0,01177	1,32294	0,009644023	0,00
Bankinter	83	-9,0093776972	-0,08718	1,09988	0,008613181	0,00

## Factores Fundamentales de la Cartera

Rentabilidad de la Cartera	0,0100
Riesgo de la cartera	0,001765

## Restricciones del Modelo

	VALOR		RHS
Rentabilidad	0,0100	>=	0,0100
Composición	1	=	1
Sostenibilidad	80,00	>=	80,00

**Tabla 6: Segunda resolución del modelo**

	Sostenibilidad	Parámetro	Ecuación de Sharpe			Variables de Decisión
	CSA(2021)	Rentabilidad Media	Alfa	Beta	VAR(Residuos)	Composición
Red Eléctrica	86	0,1757048514	0,00267	0,34661	0,002133139	0,22
Siemens	83	-0,8497070655	-0,00692	0,59655	0,013661483	0,00
AENA	60	-8,1161229517	-0,07857	0,98004	0,00744614	0,00
Telefónica	86	-17,7218916607	-0,17517	0,77290	0,013723555	0,00
ACS	68	-14,3685419909	-0,14081	1,08704	0,010149321	0,00
Grifols	60	-3,1334394672	-0,03074	0,22391	0,004578776	0,00
Repsol	50	-14,6418585474	-0,14327	1,19042	0,015299647	0,00
Inditex	75	-5,0287079980	-0,04750	1,05253	0,003657097	0,00
Mapfre	77	-15,6588100384	-0,15448	0,79624	0,009792817	0,00
Ferrovial	79	-5,5025945481	-0,05286	0,81681	0,003947621	0,00
Enagás	85	-14,5371295769	-0,14413	0,46869	0,009248759	0,00
Acciona	90	-5,0682730279	-0,04887	0,68511	0,006871657	0,00
IAG	35	-11,0242050771	-0,10463	2,12277	0,015970009	0,00
Merlin Properties	58	-7,9027644504	-0,07626	1,04463	0,006103819	0,00
Cellnex	73	1,3068733418	0,01372	0,24606	0,004928112	0,72
Iberdrola	89	-8,8436611300	-0,08714	0,48965	0,006090527	0,00
BBVA	88	-8,8593097254	-0,08430	1,62384	0,00809193	0,00
Naturgy	77	-13,1741986475	-0,13009	0,62261	0,011706235	0,00
Santander	85	-8,7907686128	-0,08414	1,42536	0,006970127	0,00
Amadeus	79	-1,2565010553	-0,00956	1,13646	0,003188306	0,00
Endesa	87	-15,7939532921	-0,15684	0,41730	0,010200091	0,00
Fluidra	60	1,0021214338	0,01130	0,48219	0,009468052	0,07
Banco Sabadell	66	-5,8686230653	-0,05544	1,22774	0,011684673	0,00
CaixaBank	85	-5,5932045518	-0,05263	1,24754	0,006225043	0,00
Arcelor Mittal	42	-1,5265674340	-0,01177	1,32294	0,009644023	0,00
Bankinter	83	-9,0093776972	-0,08718	1,09988	0,008613181	0,00

**Factores Fundamentales de la Cartera**

<b>Rentabilidad de la Cartera</b>	<b>0,0150</b>
<b>Riesgo de la cartera</b>	<b>0,002929</b>

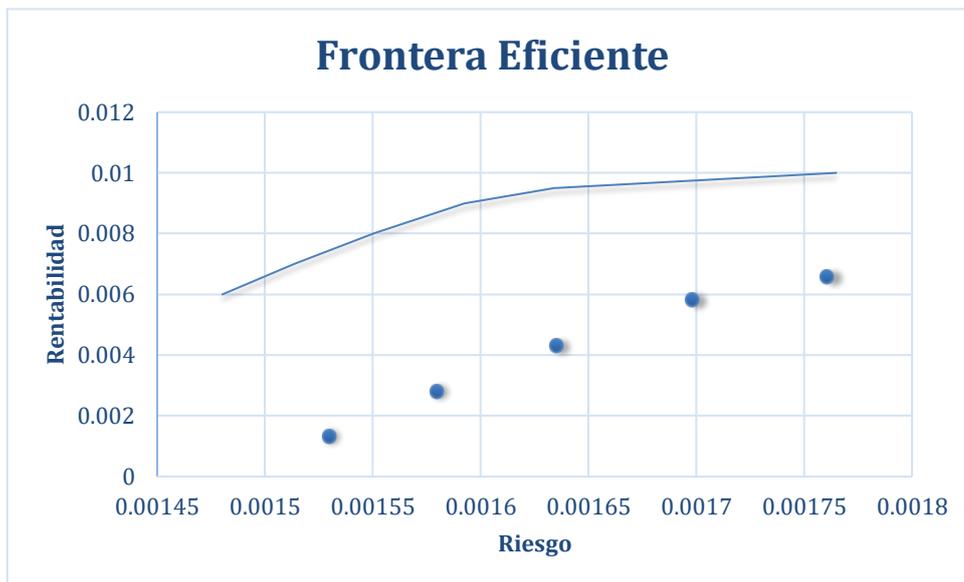
Restricciones del Modelo	VALOR		RHS
Rentabilidad	0,0150	>=	0,0150
Composición	1	=	1
Sostenibilidad	75,00	>=	75,00

**Tabla 7: Matriz de pagos**

	Max Rentabilidad	Min Riesgo	Max Sostenibilidad
Rentabilidad	0,01949	-0,02982	-0,04381
Riesgo	0,01024	0,00109	0,00842
Sostenibilidad	60,00000	77,88042	90,00000

**Tabla 8: Frontera Eficiente CSA 80**

CSA	Riesgo	Retnabilidad
80	0,001480256	0,006
80	0,001513472	0,007
80	0,001550466	0,008
80	0,001592382	0,009
80	0,001633999	0,0095
80	0,001764816	0,01

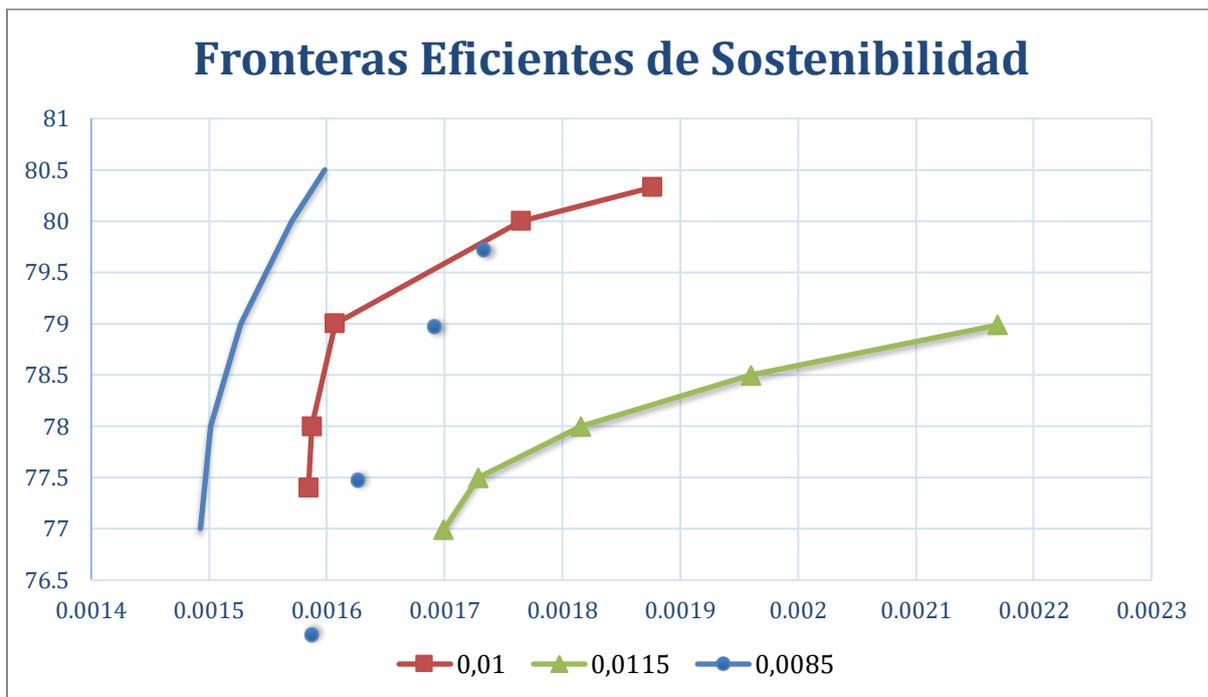


**Tabla 9: Fronteras Eficiente de sostenibilidad**

Rentabilidad	Riesgo	CSA
0,01	0,001876395	80,33
0,01	0,001764816	80
0,01	0,001607094	79
0,01	0,001587541	78
0,01	0,001584459	77,40

Rentabilidad	Riesgo	CSA
0,0115	0,002169291	79,0
0,0115	0,001959835	78,5
0,0115	0,001815611	78
0,0115	0,001728783	77,5
0,0115	0,001699245	77,0

Rentabilidad	Riesgo	CSA
0,0085	0,001598309	80,50
0,0085	0,001570	80,00
0,0085	0,001527264	79
0,0085	0,001501368	78
0,0085	0,001492773	77,00



# Anexo 3: ODS

## ANEXO

### OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



#### Reflexión sobre la relación del TFG con los ODS en general y con el/los ODS más relacionados.

La relación de este trabajo con los objetivos de desarrollo sostenible es más que palpable, ya que la propia palabra sostenibilidad aparece en el título mismo. En este trabajo se ha buscado siempre desde su inicio relacionar aspectos del mundo financiero con el desarrollo sostenible de la sociedad en su conjunto.

La inclusión de la sostenibilidad se ha basado en las consideraciones que las distintas organizaciones de la industria, a través de índices y coeficientes que las consultoras confieren, de modo que se ha conseguido una aproximación bastante general a la sostenibilidad en su conjunto, pero aun así es obvio que siempre se guarda más relación con unos ODS que con otros.

El más importante para este caso puede considerarse que es el objetivo 8 – Trabajo decente y crecimiento económico, ya que el trabajo ha consistido principalmente en el sector financiero y como optimizarlo para que el mercado funcione de la forma más eficiente, mejorando la asignación de recursos y la obtención de beneficios de la sociedad en su conjunto, con intención de producir un crecimiento general en la economía.

Aparte de este, cabe destacar los ODS medioambientales, ya que los índices más eficientes premian especialmente el buen comportamiento en este caso, y por tanto también lo hace el modelo y cartera producidos en el trabajo, premiando a las mejores empresas en este ámbito. Estos son concretamente 13 – Acción por el Clima, 14 – Vida Submarina y 15 – Vida de Ecosistemas terrestres. A través del coeficiente CSA se ha recogido, entre otros factores sostenibles, como las empresas del trabajo se relacionan con el clima que las rodea, y todo el estudio se ha basado en como incorporar exigencias sobre estas a los métodos clásicos. De este modo, puede considerarse que todo el apartado de desarrollo se centra en fomentar estos apartados para mejorar la inversión en estas empresas

En conclusión, este trabajo tiene muy puesto el foco en los ODS, por encima incluso de lo normal, ya que incorporarlos en el crecimiento económico y las inversiones es el motivo mismo que ha dado lugar a crearlo. Se considera que, centrándose en el medioambiente y el buen gobierno, se han alcanzado los objetivos al respecto y se han conseguido integrar los ODS en un sector muy afianzado y clave en la economía actual.