



COMILLAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA



Facultad de Ciencias Económicas y
Empresariales
(ICADE)

MODELOS DE VALORACIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS

Autor: Carmela Esteban Ahijado

Director: Pedro Manuel Mirete Ferrer

MADRID | Marzo 2024

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	5
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	6
1. Introducción.....	6
2. Objetivos.....	6
3. Metodología.....	7
CAPÍTULO II: PARTE TEÓRICA	8
4. Introducción a los activos financieros	8
5. Factor Investing	9
6. Teoría Moderna de Carteras: El Modelo de Markowitz.....	11
6.1. Introducción e hipótesis	11
6.2. Proceso de selección de carteras	11
6.2.1. Frontera Eficiente.....	13
6.3. Conclusiones: E-V Rule.....	14
7. El Modelo de Tobin.....	14
8. El Modelo CAPM.....	17
9. Modelo APT	19
10. Modelos de Fama y French	20
10.1. Modelo de Tres Factores (1992)	20
10.1.1 Variables: Mercado, Tamaño y Valor.....	21
10.1.2 Formulación Matemática	22
10.2 Modelo de Cinco Factores (2014).....	22
10.3 Conclusiones	23
CAPÍTULO III: APLICACIÓN PRÁCTICA	24
11. Objetivo e introducción a las compañías escogidas	24
12. Metodología y datos utilizados.....	25
13. Variables objeto de estudio.....	26
13.1. Estadísticos descriptivos de las variables.....	26
14. Rentabilidades históricas versus el S&P500	28
14.1. Apple Inc.....	28
14.2. Tesla Inc.	28
14.3. Boston Properties, Inc.	29
14.4. Whirpool Corporation	30
15. Modelo CAPM	30

15.1.	Apple Inc.	32
15.2.	Tesla Inc.	33
15.3.	Boston Properties, Inc.	34
15.4.	Whirpool Corporation	35
16.	Modelo de Tres Factores	36
16.1.	Apple Inc.	37
16.2.	Tesla Inc.	38
16.3.	Boston Properties, Inc.	40
16.4.	Whirpool Corporation	41
17.	Modelo de Cinco Factores	42
17.1.	Apple Inc.	43
17.2.	Tesla Inc.	44
17.3.	Boston Properties, Inc.	45
17.4.	Whirpool Corporation	46
18.	Capacidad de predicción de los modelos	47
18.1.	Apple Inc.	47
18.2.	Tesla Inc.	48
18.3.	Boston Properties, Inc.	49
18.4.	Whirpool Corporation	50
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES		52
BIBLIOGRAFÍA		55

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Frontera Eficiente

Gráfico 2: Línea de Transformación

Gráfico 3: Línea del Mercado de capitales

Gráfico 4: Representación del Mercado de Capitales

Gráfico 5: Comparación entre las rentabilidades de Apple Inc. y el S&P500

Gráfico 6: Comparación entre las rentabilidades de Tesla Inc. y el S&P500

Gráfico 7: Comparación entre las rentabilidades de Boston Properties, Inc. y el S&P500

Gráfico 8: Comparación entre las rentabilidades de Whirpool Corporation y el S&P500

Gráfico 9: Capacidad de predicción del Modelo CAMP para Apple Inc.

Gráfico 10: Capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores para Apple Inc.

Gráfico 11: Capacidad de predicción del Modelo de Cinco Factores para Apple Inc.

Gráfico 12: Capacidad de predicción del Modelo CAPM Tesla Inc.

Gráfico 13: Capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores para Tesla Inc.

Gráfico 14: Capacidad de predicción del Modelo de Cinco Factores para Tesla Inc.

Gráfico 15: Capacidad de predicción del Modelo CAMP para Boston Properties, Inc.

Gráfico 16: Capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores para Boston Properties, Inc.

Gráfico 17: Capacidad de predicción del Modelo de Cinco Factores para Boston Properties, Inc.

Gráfico 18: Capacidad de predicción del Modelo CAMP para Whirpool Corporation

Gráfico 19: Capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores para Whirpool Corporation

Gráfico 20: Capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores para Whirpool Corporation

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estadísticos descriptivos de las variables

Tabla 2: Resultado CAPM para Apple Inc.

Tabla 3: Resultado CAPM para Tesla Inc.

Tabla 4: Resultado CAPM para Boston Properties, Inc.

Tabla 5: Resultado CAPM para Whirpool Corporation

Tabla 6: Resultado Modelo de Tres Factores para Apple Inc.

Tabla 7: Resultado Modelo de Tres Factores para Tesla Inc.

Tabla 8: Resultado Modelo de Tres Factores para Boston Properties, Inc.

Tabla 9: Resultado Modelo de Tres Factores para Whirpool Corporation

Tabla 10: Resultado Modelo de Cinco Factores para Apple Inc.

Tabla 11: Resultado Modelo de Cinco Factores para Tesla Inc.

Tabla 12: Resultado Modelo de Cinco Factores para Boston Properties, Inc.

Tabla 13: Resultado Modelo de Cinco Factores para Whirpool Corporation

RESUMEN

En este trabajo se llevará a cabo un análisis teórico-práctico de los distintos modelos de valoración de activos financieros. Con carácter previo a la aplicación empírica, se explicarán los siguientes modelos: Modelo de Markowitz, Modelo de Tobin, Modelo CAPM, Modelo APT y Modelos de Fama y French de Tres y Cinco Factores. Y, a continuación, se analizarán las rentabilidades obtenidas de varios activos aplicando, mediante una regresión lineal, tres modelos factoriales, el CAPM y los dos Modelos de Fama y French. En concreto, se compararán los resultados obtenidos para Apple, Tesla, Boston Properties y Whirlpool, cuatro empresas estadounidenses cotizadas en el índice S&P500.

El fin último será conocer qué modelo explicar mejor las rentabilidades de cada uno de los activos y encontrar una explicación lógica y coherente a los resultados obtenidos.

Palabras clave: activos, beta, CAPM, factores, Fama y French, rentabilidad, riesgo.

ABSTRACT

This paper will carry out a theoretical-practical analysis of different models for asset valuation. Prior to the empirical application, the following models will be explained: the Markowitz Model, the Tobin Model, the CAPM Model, APT Model and the Fama and French Three and Five Factor Models. Subsequently, the returns obtained from various assets will be analyzed, applying, through a linear regression, three factor models, the CAPM and the two Fama and French Models. In particular, we will compare the results obtained for Apple, Tesla, Boston Properties, and Whirlpool, four US companies listed on the S&P500 index.

The ultimate goal will be to determine which model best explains the returns of each asset and to find a logical and coherent explanation for the results obtained.

Keywords: assets, beta, CAPM, factors, Fama and French, return, risk.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1. Introducción

La regla número 1 es no perder dinero. La regla número 2 es no olvidar la regla número 1 (Warren Buffet). El fin último de cualquier inversión reside en maximizar la rentabilidad del dinero invertido, y por supuesto, como menciona Warren Buffet en su reconocida cita, ello implica no perder dinero.

Los inversores, ya sean personas físicas o jurídicas, particulares o Instituciones de Inversión Colectiva¹ acuden a los mercados financieros para invertir su dinero en aquellos activos financieros que consideran que van a tener un buen rendimiento en el mercado, y que por tanto le van a permitir incrementar la rentabilidad de su inversión.

El conjunto de activos financieros que posee un inversor, cualquiera que sea su clase, se denomina Cartera de Inversión o Valores. Y, si bien existen casos particulares de pequeños ahorradores que confían su dinero en un sólo tipo de activo, lo habitual es que cada inversor disponga de una cartera de inversión lo más amplia y diversificada posible, la cual, como estudiaremos a continuación, se denominará cartera eficiente.

En este sentido, para poder dar con la cartera eficiente, resulta esencial conocer cuáles son las metodologías y las hipótesis de los distintos modelos de valoración de activos financieros que han ido surgiendo a lo largo del siglo XX y XXI.

2. Objetivos

Los objetivos principales de este Trabajo de Fin de Grado son los siguientes:

Por un lado, se analizarán de manera teórica, uno a uno, los siguientes modelos de valoración de un activo financiero: el Modelo de Markowitz, el Modelo de Tobin, el Modelo CAPM, el Modelo APT y el Modelo de Fama y French de Tres y Cinco Factores.

¹ Las Instituciones de Inversión Colectiva son, según el artículo 1 de la Ley 35/2003, de 4 de noviembre, de Instituciones de Inversión Colectiva, aquellas instituciones que tienen por objeto la captación de fondos, bienes o derechos del público para gestionarlos e invertirlos en bienes, derechos, valores u otros instrumentos, financieros o no, siempre que el rendimiento del inversor se establezca en función de los resultados colectivos.

Para ello, se profundizará sobre las suposiciones iniciales y la ecuación matemática de cada modelo y se llegará a una hipótesis explicativa del mismo.

Por otro lado, se realizará un análisis práctico, que consistirá en aplicar mediante una regresión lineal, los modelos CAPM y el Fama y French de Tres y Cinco Factores a las rentabilidades de cuatro compañías cotizadas en el S&P500. La idea es evaluar la aplicabilidad de cada uno de estos modelos en diferentes circunstancias, por lo que también será conveniente plantear distintos escenarios con cada uno de los modelos.

Finalmente, el último objetivo de este análisis será comparar y contrastar los resultados obtenidos para cada una de las empresas en cada uno de los modelos, y llegar a una conclusión fundamentada sobre qué modelo resulta el más conveniente para representar las rentabilidades de las empresas escogidas, desde el punto de vista del inversor.

3. Metodología

Para poder llevar a cabo este estudio, será conveniente contar con una bibliografía lo suficientemente amplia, que permita contrastar distintas teorías y afirmaciones acerca de los modelos, para así poder dar con la más veraz. En este sentido, se tratará de revisar distintas fuentes de información, entre las cuales destacarán libros especializados y artículos científicos.

También será necesario apoyar esta investigación teórica con la búsqueda de otros trabajos que aborden el tema objeto de estudio, o alguno similar. De este modo, existirán fuentes contra las que contrastar nuestros resultados y sacar conclusiones. Será útil encontrar tanto similitudes como diferencias con el resto de los estudios de investigación que se analicen.

CAPÍTULO II: PARTE TEÓRICA

4. Introducción a los activos financieros

Antes de abordar el análisis sobre los distintos métodos de valoración de los activos financieros, conviene hacer una breve explicación sobre qué son estos activos.

Los activos financieros pueden definirse como una serie de títulos que otorgan al inversor el derecho a percibir unos ingresos futuros, los cuáles provienen del emisor (o vendedor) del título. La finalidad de estos activos es doble: por un lado, los inversores buscan sacarle una rentabilidad a su dinero, y, por otro lado, los emisores del título lo utilizan como una forma de obtener la financiación. Aunque reciben el nombre de activo, sólo es así para el comprador, por el derecho de cobro futuro. Para el emisor son lo contrario, representan un pasivo, pues este tiene una obligación de pago futura. Mientras que el comprador puede ser tanto una persona física como jurídica, el emisor debe ser necesariamente un ente con personalidad jurídica, como pueden ser las empresas cotizadas, los bancos, el Gobierno etc.

Podemos distinguir dos tipos de activos financieros en función de la rentabilidad que estos proporcionan al inversor:

Por un lado, están los activos de renta fija. En este caso, el inversor paga una cantidad inicial de dinero al emisor y, a cambio, este se compromete a devolverle ese desembolso inicial más una cantidad extra fijada de antemano, mediante un tipo de interés aplicado sobre la cantidad inicial. Por tanto, se denominan activos de renta fija en tanto que, al estar fijado de antemano el tipo de interés, la rentabilidad que obtiene el inversor es fija. Algunos de los activos de renta fija más comunes son las Letras del Tesoro y los Bonos y Obligaciones del Estado.

Por otro lado, están los activos de renta variable. En este caso, el comprador desconoce la rentabilidad que obtendrá por su dinero invertido, y ni siquiera tiene la certeza de sí va a recibir de vuelta la cantidad inicial desembolsada. Los valores de renta variable por excelencia son las acciones. Según la Ley de Sociedades de Capital las acciones son partes alícuotas, indivisibles y acumulables del capital social de una sociedad anónima, y confieren a su titular la condición de accionista y entre otros, derechos económicos como participar en el reparto de los beneficios de la sociedad. Así, en el caso de las acciones, el

titular tiene derecho a percibir unos dividendos, pero el emisor no tiene la obligación de hacerlo, por lo que el accionista corre el riesgo de perder total o parcialmente su dinero. Además, con este activo existe otra vía para obtener rentabilidad que consiste en la revalorización de la acción, entendida como el aumento de precio de la acción en el mercado en el que se negocia.

Resumiendo, mientras que invertir en valores de renta fija supone poco riesgo, al saber con certeza cuánto dinero se va a recibir, la inversión en renta variable es mucho más arriesgada, por la incertidumbre de cuál va a ser su rentabilidad, pero a su vez pueden ofrecer mayores rentabilidades que otros valores de renta fija.

Estos activos pueden negociarse en dos tipos de mercado: el primario, en donde los activos son emitidos o creados por primera vez (Oferta Pública de Venta); y el secundario, en donde se compran y venden los títulos una vez ya han salido al mercado por primera vez.

5. Factor Investing

A la hora de llevar a cabo la inversión en activos financieros el inversor tiene dos opciones, puede acudir a la gestión activa o puede acudir a la gestión pasiva.

Tradicionalmente las decisiones de inversión han sido tomadas por la figura del gestor. Este, atendiendo a la aversión al riesgo y el perfil del inversor, decide en qué activos invertir para formar la cartera de inversión óptima. Este enfoque requiere una gran implicación por parte del gestor, puesto que está en todo momento observando el rendimiento de los distintos activos para saber si debe venderlos, variar su peso en la cartera, o añadir nuevos valores. En definitiva, el gestor busca obtener rendimientos por encima del mercado. No obstante, más adelante surge otro tipo de gestión de carácter pasivo, cuyo objetivo es replicar el comportamiento de un índice bursátil, obteniendo la misma rentabilidad que dicho índice. Generalmente se invierte en fondos cotizados (Exchange Traded Fund)² e indexados.

En resumen, la gestión activa busca invertir en determinados valores de un índice, con el fin de superar su rendimiento, mientras que la gestión pasiva invierte en los valores de un

² Un Exchange Traded Fund o Fondo Cotizado en Bolsa es un conjunto de activos que se negocian en una bolsa de valores y ofrecen una forma eficiente y diversificada de invertir.

índice elegido en concreto, con el fin de obtener la misma rentabilidad que ese índice bursátil.

En este sentido, en 1960, de la mano del Capital Asset Pricing Model de William Sharpe, surge una nueva metodología de inversión denominada Factor Investing, aunque no es hasta las dos últimas décadas del siglo XXI cuando ha empezado a ganar popularidad entre los inversores, gracias a la evidencia empírica acumulada y a la disponibilidad de productos financieros especializados. En 2008, con la crisis financiera, los inversores se dieron cuenta de que las carteras tradicionales estaban sometidas completamente al riesgo de mercado, por lo que empezaron a diversificar en distintos factores de riesgo.

Un factor puede definirse como cualquier característica de un grupo de valores que sea importante para explicar su relación entre rentabilidad y riesgo. A lo largo de distintos estudios académicos, algunos de estos factores han demostrado haber obtenido una prima de riesgo (mayor rentabilidad que se puede exigir a un activo por asumir el riesgo que ello conlleva) y simbolizan una exposición a diversas fuentes de riesgo sistemático. Así, el Factor Investing o Inversión por Factores puede entenderse como una metodología de inversión que busca aprovechar estas primas de riesgo mediante la exposición a estos factores.

Este método podría encuadrarse en un punto intermedio entre la gestión activa y la gestión pasiva puesto que combina elementos de ambas estrategias. Por un lado, tiene aspectos de la inversión activa, en tanto que requiere de una monitorización activa para mantener la exposición de la cartera a los factores elegidos. Por otro lado, implica cierta pasividad al ceñirse a un conjunto de reglas predefinidas basadas en los factores. En definitiva, el Factor Investing permite a los inversores encontrar un equilibrio entre los rendimientos adicionales asociados a las primas de riesgo y los beneficios de una estrategia de inversión más reglamentada.

El rendimiento a largo plazo de una cartera puede explicarse por numerosos factores, aunque la doctrina coincide en que son cinco factores los más influyentes. Estos son: la volatilidad, el valor, el tamaño, la rentabilidad operativa y la inversión. Asimismo, se utilizan factores macroeconómicos como los tipos de interés o la inflación. Cada uno de estos factores será explicado en detalle con motivo del análisis de los modelos CAPM y Fama y French.

6. Teoría Moderna de Carteras: El Modelo de Markowitz

6.1. Introducción e hipótesis

La Teoría Moderna de Carteras (comúnmente conocida como Modern Portfolio Theory o MPT) es una teoría financiera cuyo objetivo es encontrar la combinación óptima de los activos de una cartera de inversión, permitiendo así maximizar el rendimiento esperado para un nivel de riesgo dado, o visto desde la otra perspectiva, permitiendo minimizar el riesgo para un rendimiento esperado concreto.

El origen de esta teoría se encuentra en el artículo Portfolio Selection (Selección de Carteras) de Harry Markowitz, publicado en 1952 en The Journal of Finance. Tal fue la aportación de este economista, que, en 1990, junto a Merton H. Miller y William F. Sharpe, recibió un Premio Nobel por su trabajo innovador y pionero en el campo de la economía financiera.

Este modelo parte de las siguientes hipótesis. En primer lugar, la racionalidad en la toma de decisiones de los inversores. Según Markowitz, los inversores son adversos al riesgo, por lo que, para un nivel de rentabilidad dado, buscarán el menor nivel de riesgo posible. En segundo lugar, el conocimiento de la rentabilidad esperada y riesgo de todos los activos. Los inversores pueden conocer ambos indicadores de todos los valores existentes en el mercado, pudiendo así determinar la cartera óptima. En tercer lugar, la eficiencia del mercado. Obtener información del mercado no tiene coste y todos los agentes reciben simultáneamente la misma información. En cuarto lugar, la maximización de la utilidad esperada. Los inversores, al comportarse racionalmente, buscan obtener el mayor grado de satisfacción posible con el resultado de su inversión. Por último, la utilidad marginal creciente de las curvas de utilidad. A medida que aumenta el riesgo de una cartera, aumenta en mayor medida la rentabilidad esperada (la utilidad adicional).

6.2. Proceso de selección de carteras

En su artículo, Markowitz divide el proceso de selección de una cartera en dos fases: la primera fase, que comienza con la observación y experiencia y finaliza con las creencias sobre los rendimientos futuros de los valores disponibles; y la segunda fase, que comienza con las creencias de la primera fase y termina con la elección de la cartera. No obstante, para explicar este modelo de manera más sencilla, dividiremos el proceso en cinco

pequeños pasos, y asumiremos que las carteras están formadas únicamente por dos activos.

Así, el primer paso es obtener los datos de cada título, en nuestro caso, los títulos i y j. Se obtendrá, por un lado, su rentabilidad esperada ($E(R_i)$) y su riesgo (σ_i), que representan las medidas estadísticas de la media y la varianza de una distribución de probabilidades; y por otro, la covarianza ($Cov_{i,j}$) y la correlación ($\rho_{i,j}$) entre los activos que componen la cartera.

La covarianza indica el grado en que dos variables se mueven juntas en relación con su rentabilidad a lo largo del tiempo, y es sensible a la variabilidad de las rentabilidades, por lo que para quitar este efecto en una cartera de dos títulos se calcula también la correlación de sus rentabilidades.

Las expresiones matemáticas de la correlación y la covarianza son las siguientes:

$$\rho_{ij} = \frac{Cov_{ij}}{\sigma_i \sigma_j}, \quad \text{donde } \rho_{ij} \text{ puede tomar valores entre } 1 \text{ y } -1$$

$$Cov_{ij} = \frac{1}{N} \sum_{i,j=1}^N [(R_i - E(R_i))(R_j - E(R_j))]$$

A continuación, se construyen varias carteras mediante distintas combinaciones de los títulos, que implica ponderar el peso de cada título (w_i) de manera distinta en cada cartera. Por ejemplo, ponderando, una primera cartera podría ser $w_i=100\%$ y $w_j=0\%$, la segunda cartera $w_i=50\%$ y $w_j=50\%$ y la tercera cartera $w_i=0\%$ y $w_j=100\%$.

Teniendo estos datos se puede avanzar a la siguiente fase que consiste en obtener la rentabilidad esperada ($E(R_p)$) y el riesgo (σ_p) de cada una de las carteras, cuyas fórmulas matemáticas son las siguientes:

$$E(R_p) = w_i E(R_i) + w_j E(R_j), \text{ donde } w_i + w_j = 1$$

$$\sigma_p = \sqrt{w_i^2 \sigma_i^2 + w_j^2 \sigma_j^2 + (2w_i w_j \sigma_i \sigma_j \rho_{ij})}$$

6.2.1. Frontera Eficiente

El siguiente paso consiste en obtener la Cartera de Mínima Varianza y la Frontera Eficiente. Como hemos explicado al inicio de este apartado, el objetivo de la Teoría Moderna de Carteras es crear una cartera eficiente. Esto es, que ningún otro activo o conjunto de activos ofrezca una mayor rentabilidad para un riesgo dado, o un menor riesgo para una rentabilidad dada.

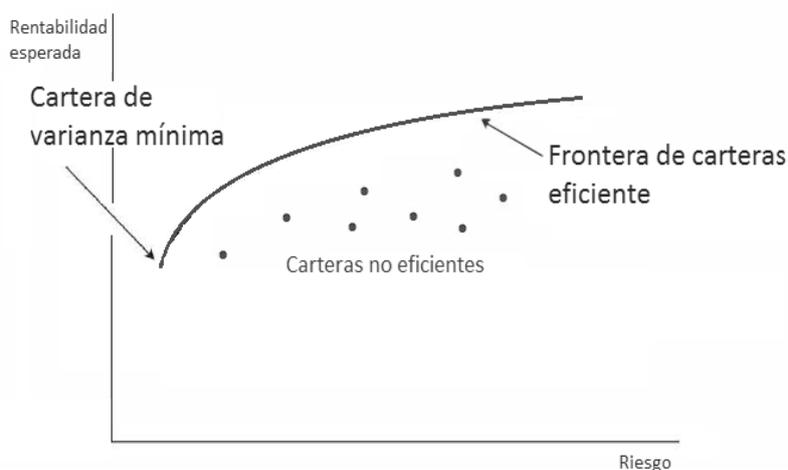
La Frontera de Inversión representa todas las combinaciones de rentabilidad y riesgo que surgen de las distintas carteras, y la Frontera Eficiente representa la porción de la Frontera de Inversión formada por todas las carteras eficientes, y esta frontera comienza con la Cartera de Mínima Varianza. Así, todas las carteras situadas por debajo de este punto de la curva se consideran ineficientes, puesto que existen carteras que ofrecen una mayor rentabilidad para un mismo riesgo.

En este sentido, la Cartera de Mínima Varianza compuesta por dos activos se puede obtener a través de la siguiente fórmula:

$$w_i = \frac{\sigma_j^2 - \rho_{ij}\sigma_i\sigma_j}{\sigma_i^2 + \sigma_j^2 - 2\rho_{ij}\sigma_i\sigma_j} \quad \text{donde } w_j = 1 - w_i$$

Conociendo los riesgos de cada uno de los activos, y la correlación entre ambos, se puede obtener el peso que debe tomar uno de los títulos, y por consiguiente el peso del restante, para formar así la Cartera de Mínima Varianza.

Gráfico 1: Frontera Eficiente



Fuente: Economipedia

6.3. Conclusiones: E-V Rule

Para resumir las aportaciones del Modelo de Markowitz, podemos aludir a la E-V rule (Expected return-Variance of returns).

Por un lado, establece que el inversor querría (o debería querer) seleccionar una de las carteras que dan lugar a las combinaciones (E, V) indicadas como eficientes (Markowitz, 1952). En este sentido, el inversor elegirá aquella combinación E-V que coincida con su curva de utilidad, la cual refleja su aversión al riesgo.

Y por otro, hace hincapié en la necesidad de diversificar. En este sentido, debemos recalcar dos afirmaciones que hace Markowitz en su análisis:

- La hipótesis E-V no sólo implica diversificación, sino que implica el "tipo correcto" de diversificación por la "razón correcta". Los inversores no creen que la diversificación dependa únicamente del número de valores diferentes (Markowitz, 1952).
- Del mismo modo, para intentar que la varianza sea pequeña no basta con invertir en muchos valores. Es necesario evitar invertir en valores con covarianzas elevadas entre ellos. Debemos diversificar entre sectores porque las empresas de distintos sectores, especialmente los sectores con características económicas diferentes tienen covarianzas más bajas que las empresas de un mismo sector (Markowitz, 1952).

7. El Modelo de Tobin

Como hemos visto en el anterior apartado, el modelo de Markowitz se centra en seleccionar la cartera óptima para el inversor, formada exclusivamente por activos arriesgados, y no se para a reflexionar sobre la posibilidad de introducir algún activo libre de riesgo.

En este contexto, James Tobin, a través de su artículo *Liquidity Preference as Behaviour Towards Risk* de 1958 (Preferencia de Liquidez como comportamiento frente al riesgo) desarrolla el Teorema de Separación e introduce la idea de combinar activos libres de riesgo con activos arriesgados.

A estos efectos, las principales implicaciones de introducir un activo sin riesgo son las siguientes:

- El activo sin riesgo tendrá varianza cero, $\sigma_{rf} = 0$
- La correlación con el resto de los activos será cero, $\rho_{i,rf} = \frac{Cov_{i,rf}}{\sigma_i \sigma_{rf}} = 0$
- La rentabilidad libre de riesgo, R_{rf}

Así, las nuevas fórmulas de rentabilidad y riesgo para una cartera combinada quedan de la siguiente forma:

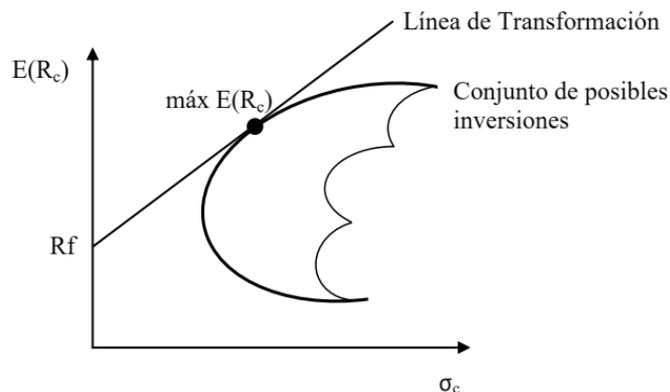
$$E(R_p) = w_i E(R_i) + (1 - w_i) E(R_{rf})$$

$$\sigma_p = \sqrt{w_i^2 \sigma_i^2 + (1 - w_i)^2 \sigma_{rf}^2 + (2w_i(1 - w_i)\sigma_i \sigma_{rf} \rho_{i,rf})}; \quad \sigma_p = \sqrt{w_i^2 \sigma_i^2}$$

La rentabilidad esperada y el riesgo de una cartera mixta son combinaciones lineales, por lo que la representación gráfica que muestra la rentabilidad esperada versus el riesgo de dichas carteras es una línea recta, denominada Línea de Transformación. Su expresión es la siguiente:

$$E(R_c) = \frac{E(R_i) - R_{rf}}{\sigma_i} * \sigma_c$$

Gráfico 2: Línea de Transformación



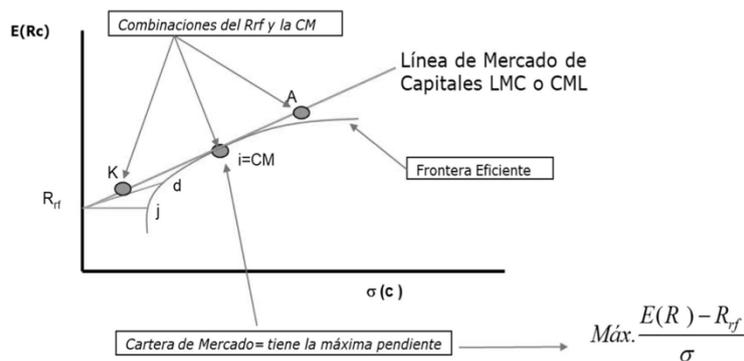
Fuente: Cervera, I., y Corzo, T. (2017). *Gestión de Carteras de Renta Variable*

Si bien el inversor puede combinar cualquiera de las carteras de la Frontera Eficiente con el activo sin riesgo, sólo una combinación consigue maximizar la rentabilidad. Esta cartera se sitúa en el punto de tangencia entre la Línea de Transformación y la Frontera Eficiente, y se obtiene calculando la pendiente de cada una de las carteras de la Frontera Eficiente con el índice de Sharpe. Este índice mide el rendimiento adicional ajustado al riesgo de la cartera.

$$\text{Máx} \frac{E(R_i) - R_{rf}}{\sigma_i}$$

Ante expectativas homogéneas de los inversores, la Línea de Transformación se convierte en la Línea de Mercado de Capitales, y la cartera con máxima pendiente se denomina Cartera de Mercado.

Gráfico 3: Línea de Mercado de Capitales



Fuente: Halpern Serra, C. (2021). Teoría de Carteras

Así, la Teoría de Separación de Tobin distingue dos decisiones dentro del proceso de selección de carteras: la decisión de inversión y la decisión de financiación. Por un lado, la decisión de inversión consiste en determinar la Cartera de Mercado, y es una decisión objetiva, que produce el mismo resultado para todos los inversores. Por otro lado, la decisión de financiación consiste en determinar cuál es la combinación óptima de la inversión en el activo libre de riesgo y la Cartera de Mercado. En este caso estamos ante una decisión subjetiva, pues depende del perfil del inversor y el riesgo que quiera soportar con la nueva cartera.

8. El Modelo CAPM

Con el modelo de Markowitz y Tobin, queda demostrada la importancia de diversificar en aras a reducir al máximo el riesgo de una cartera de inversión. Pero en ningún caso se logra eliminar ese riesgo, ni siquiera con la Cartera de Mercado. En este sentido, en 1964, William F. Sharpe publica su artículo *Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under conditions of risk* e introduce la idea del riesgo sistemático con su modelo CAPM.

Mediante la diversificación, parte del riesgo inherente a un activo puede evitarse, de modo que su riesgo total obviamente no es la influencia relevante en su precio; por desgracia, poco se ha dicho sobre el componente de riesgo que influye en el precio (Sharpe, 1964).

Así, partiendo de esta idea, Sharpe distingue entre el riesgo sistemático y el riesgo no sistemático. El primero es el riesgo del mercado, también conocido como riesgo no diversificable, y depende de variables macroeconómicas como la inflación o los tipos de interés. Por ejemplo, un incremento generalizado de los precios afecta de forma negativa y al mismo tiempo prácticamente a todas las empresas. El segundo, es un riesgo propio o que depende de las características específicas de la compañía, y se le denomina también riesgo diversificable ya que puede ser eliminado en una cartera de inversión diversificada como la Cartera de Mercado. Por ejemplo, este podría referirse al riesgo de invertir en compañías de un determinado sector como el tecnológico, conocido por ser especialmente volátil.

A partir de esta nueva idea de riesgo sistemático, según el modelo CAPM, la rentabilidad esperada de un activo se compone de los siguientes elementos:

$$E(R_i) = R_{rf} + \beta_i * (E(R_M) - R_{rf})$$

Por un lado, la tasa de retorno sin riesgo. Esta es entendida como el riesgo de invertir en un activo libre de riesgo, como por ejemplo podrían ser Las letras del Tesoro a 12 meses.

Por otro lado, el Equity Risk Premium, que a su vez se compone de la beta y del Market Risk Premium (Prima de riesgo del Mercado).

El coeficiente beta (β), indica la relación entre el riesgo sistemático de una inversión y el promedio del mercado, y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\beta = \frac{Cov(R_{rf}, R_M)}{Var(R_M)}$$

En función del coeficiente beta, la acción será más o menos sensible a los movimientos del mercado. Una beta mayor a 1 indica que el activo es más arriesgado que el mercado, por lo que cuando el mercado aumenta la prima de riesgo, el riesgo de la acción aumenta en una proporción mayor al mercado. Por el contrario, una beta entre 0 y 1 indica que el activo es menos arriesgado que el mercado. La beta igual a 1 indica que por cada punto porcentual que suba o baje la rentabilidad del mercado, la acción subirá o bajará en la misma proporción. Una beta inferior a 0 indica que el activo se mueve de manera inversa al mercado, por lo que, si aumenta la prima de riesgo del mercado, el riesgo de la acción disminuye y viceversa. Por último, una beta igual a cero indica que la acción no guarda relación con el mercado, como por ejemplo ocurre con la tasa libre de riesgo. Dicho esto, una beta baja no necesariamente indica un riesgo bajo, sino que lo que realmente indica es una baja correlación con el mercado.

El Market Risk Premium mide la rentabilidad adicional que da el mercado de capitales, es decir, la rentabilidad adicional que aporta invertir en el mercado frente a invertir en un activo libre de riesgo.

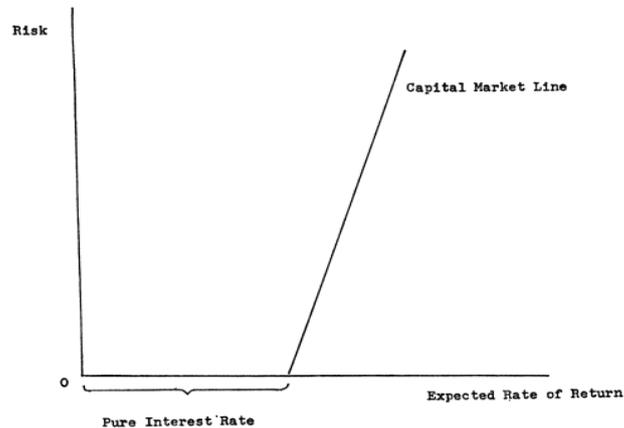
Si bien nos hemos estado refiriendo a la rentabilidad esperada de un activo concreto, cuando construimos una cartera, también podemos obtener su beta y aplicar el modelo CAPM. En este caso, la beta de la cartera sería la media ponderada de las distintas betas de los activos, y su rentabilidad se obtendría de la misma forma que si de un solo activo se tratase.

El modelo CAPM se representa gráficamente mediante la Capital Market Line (CML) o Línea de Mercado de Títulos (LMT).

En equilibrio, los precios de los activos se han ajustado de modo que el inversor, si sigue procedimientos racionales (principalmente la diversificación), es capaz de alcanzar cualquier punto deseado a lo largo de una línea del mercado de capitales. Puede obtener una mayor tasa de rendimiento esperado de sus valores sólo asumiendo un riesgo adicional. En efecto, el mercado le presenta dos precios: el precio del tiempo, o el tipo de interés puro (mostrado por la intersección de la línea con el eje horizontal) y el precio del

riesgo, es decir, la rentabilidad adicional esperada por unidad de riesgo asumido (el recíproco de la pendiente de la línea) (Sharpe, 1964).

Gráfico 4: Representación del Mercado de Capitales



Fuente: Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under conditions of risk

9. Modelo APT

Unos años más tarde, en 1976, Stephen Ross desarrolla la Teoría de Fijación de Precios por Arbitraje, comúnmente conocida como The Arbitrage Pricing Theory (en adelante APT).

Esta teoría surge como una alternativa al modelo unifactorial del CAPM y sostiene que los rendimientos esperados de los activos dependen de múltiples factores, primordialmente macroeconómicos, los cuales representan diferentes fuentes de riesgo sistemático. Estas variables macroeconómicas son, entre otras, los tipos de interés, las tasas de crecimiento económico (PIB) o la inflación.

Tanto el modelo CAPM como el APT requieren de mercados de valores perfectamente competitivos, y en este tipo de mercado no existen oportunidades para obtener beneficios mediante arbitraje. Esto significa que dos activos con idénticos beneficios deben tener el mismo precio ("Law of one price"). Se puede demostrar matemáticamente que la ausencia de oportunidades de arbitraje en el mercado implica que el rendimiento esperado de

cualquier activo es una función lineal del rendimiento esperado de los factores de riesgo evaluados. (Chan Lim, 2022).

Se trata, por tanto, de un modelo multifactorial que sugiere la existencia de una relación lineal entre la rentabilidad esperada de un activo y los factores independientes que lo influyen, cuya formulación matemática es la siguiente:

$$E(R_i) = R_{rf} + \beta_1 * RP_1 + \beta_2 * RP_2 + \dots + \beta_n * RP_n$$

Siendo $E(R_i)$ la rentabilidad esperada del activo, la R_{rf} se refiere a la tasa del activo libre de riesgo, las betas son los coeficientes que reflejan la sensibilidad del activo a cada factor independiente, y las $RP_{1, 2, 3, \dots}$ se refieren a la prima de riesgo asociada a cada factor de riesgo sistemático.

Recogiendo la aportación principal de este modelo, en su artículo *The Arbitrage Pricing Theory Approach to Strategic Portfolio Planning* publicado en 1984, Roll y Ross hacen la siguiente afirmación: APT no niega la multitud de factores que influyen en la variabilidad diaria de los precios de acciones y bonos individuales, pero se centra en las fuerzas principales que mueven conjuntos de activos en grandes carteras (Roll and Ross, 1984).

10. Modelos de Fama y French

10.1. Modelo de Tres Factores (1992)

Con la necesidad de superar algunas deficiencias que, según varios académicos de la época, parecía presentar el modelo CAPM, Eugene Fama y Kenneth French deciden realizar su propia investigación empírica sobre la relación entre la variable β y la rentabilidad esperada de un activo.

Nuestro objetivo es evaluar el papel conjunto de la β de mercado, el tamaño, E/P^3 , el apalancamiento y book-to-market equity⁴ en la sección transversal de los rendimientos medios de los valores del NYSE, AMEX y NASDAQ (Fama y French, 1992). Así, con esta idea, en 1992 escriben su artículo académico *The Cross-Section of Expected Stock*

³ La ratio E/P es la inversa a la ratio PER (Price to Earnings Ratio), Precio-Beneficio.

⁴ La ratio book-to-market equity es la inversa a la ratio PBV (Price to Book Value), Precio/Valor Contable.

Returns donde plasman todas sus conclusiones y dan forma al conocido Modelo de Tres Factores.

10.1.1 Variables: Mercado, Tamaño y Valor

Inicialmente, en el estudio que realizaron entre 1963 y 1990 se observó el comportamiento de cada una de las cinco variables mencionadas. Sin embargo, llegan a la conclusión de que las variables del tamaño y el book-to-market ratio absorben el papel que tienen el apalancamiento y el E/P a la hora de explicar las rentabilidades de las acciones.

Así, el modelo factorial de Tres Factores parte del modelo SLM⁵ y afirma que, para explicar la rentabilidad esperada de una acción, es necesario incorporar junto a la β de mercado otras dos variables: el tamaño y el valor.

Por un lado, se incorpora en el modelo el factor del tamaño. A raíz de sus estudios, observan que hay una relación directa entre la rentabilidad esperada de una acción y su capitalización bursátil (Equity Value). En concreto, y en línea con las averiguaciones de Banz (1981)⁶, se dan cuenta de que los rendimientos medios de valores *pequeños* (capitalización bursátil baja) son mucho más altos que los rendimientos que obtienen los valores *grandes*.

Por otro lado, se incorpora en el modelo el factor del valor, entendido como el valor de la compañía en el mercado. En este caso, sus observaciones concuerdan con lo identificado por Stattman (1980), Resenberg, Reid y Lanstein (1985) para los valores estadounidenses, y por Chan, Hamao y Lakonishok (1991) para los valores japoneses. Los rendimientos medios de valores con un alto ratio book-to-market son mayores que aquellos para valores con un bajo ratio book-to market.

Para medir la sensibilidad de los valores a estos nuevos factores se utiliza:

- La variable SMB (Small minus Big), que representa la rentabilidad adicional que se consigue al invertir en valores con un Equity value de poco tamaño.

⁵ El modelo SLM hace referencia al Capital Asset Pricing Model desarrollado por Sharpe, Lintner y Black.

⁶ Banz fue un académico de la época a quién se le atribuyó la observación del *size effect* a la hora de explicar los retornos de una acción.

- La variable HML (High minus Low) entendida como la diferencia entre la rentabilidad de valores con alto book-to-market ratio menos la rentabilidad de valores con bajo book-to-market ratio.

10.1.2 Formulación Matemática

Partiendo de estas averiguaciones, el modelo Fama-French puede expresarse de la siguiente manera:

$$E(R_i) = R_{rf} + \beta_i * (E(R_M) - R_{rf}) + \beta_{SMB} * E(R_{SMB}) + \beta_{HML} * E(R_{HML}).$$

La ecuación se compone de tres tipos de caracteres:

- R_{rf} : la tasa de retorno del activo libre de riesgo, utilizada también en el modelo CAPM y el APT.
- $(E(R_M) - R_{rf})$, $E(R_{SMB})$ y $E(R_{HML})$: las rentabilidades adicionales que se obtienen por invertir en el mercado, en activos pequeños, y en activos con una ratio book-to-market alta respectivamente.
- β_i , β_{SMB} , β_{HML} : la sensibilidad de la rentabilidad esperada del activo ante las variaciones en la rentabilidad de la variable de mercado, tamaño y valor respectivamente.

10.2 Modelo de Cinco Factores (2014)

La evidencia presentada por Novy-Marx (2013), Titman, Wei y Xie (2004), entre otros, sugiere que el modelo de tres factores es incompleto para explicar los rendimientos esperados, ya que sus tres factores no capturan gran parte de la variación en los rendimientos promedio relacionada con la rentabilidad y la inversión. (Fama y French, 2014).

Motivados por superar esta insuficiencia, en 2014 Fama y French escriben su artículo A five-factor asset pricing model, en el que desarrollan un nuevo modelo de cinco factores, introduciendo las variables de rentabilidad operativa e inversión. Así, la nueva ecuación queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) = R_{rf} + \beta_i * (E(R_M) - R_{rf}) + \beta_{SMB} * E(R_{SMB}) + \beta_{HML} * E(R_{HML}) + \beta_{RMW} * E(R_{RMW}) + \beta_{CMA} * E(R_{CMA})$$

Por un lado, la variable RMW (Robust minus Weak) refleja la diferencia entre el rendimiento obtenido por una cartera de valores con rentabilidad robusta y el rendimiento obtenido por una cartera de valores con una rentabilidad débil. Por otro lado, la variable CMA (Conservative minus Aggressive) mide la diferencia de rendimiento entre una cartera de valores conservadores y una cartera de valores agresivos. Esto es, empresas que invierten poco y empresas que invierten mucho, respectivamente.

El modelo de cinco factores nunca mejora la descripción de los rendimientos promedio respecto al modelo de cuatro factores que excluye HML (Tabla 5). La explicación es interesante. El rendimiento promedio de HML se captura mediante las exposiciones de HML a otros factores. Por lo tanto, en el modelo de cinco factores, HML es redundante para describir los rendimientos promedio, al menos en los datos de EE. UU. para el período 1963-2013. (Fama y French, 2014).

10.3 Conclusiones

De los modelos factoriales desarrollados por Fama y French, podemos sacar tres conclusiones. En primer lugar, que un modelo de cinco factores resulta más adecuado que un modelo de tres factores a la hora de explicar la rentabilidad media de una cartera. En segundo lugar, que el factor HML es redundante en tanto que su rentabilidad media se obtiene al ser expuesto a otros factores. Y, en tercer lugar, que el modelo de cinco factores explica entre el 71% y el 94% de la varianza en la sección transversal de los rendimientos esperados para las carteras de Tamaño, B/M (book-to-market), Rentabilidad Operativa e Inversión.

CAPÍTULO III: APLICACIÓN PRÁCTICA

11. Objetivo e introducción a las compañías escogidas

Los objetivos de este capítulo serán dos:

Por un lado, comprobar empíricamente lo expuesto de manera teórica en el capítulo anterior. Esto es, analizar si efectivamente el Modelo de Cinco factores de Fama y French resulta más conveniente que el Modelo de Tres Factores a la hora de explicar la rentabilidad media de una cartera. Y, por consiguiente, si el Modelo CAPM resulta insuficiente e incompleto.

Y, por otro lado, dar con el modelo que mejor explica las rentabilidades de cada una de las compañías analizadas. También será relevante encontrar qué variables resultan las más significativas para cada compañía, tratando de buscar una argumentación lógica dadas las circunstancias de cada una.

Para ello, se han seleccionado estratégicamente una serie de compañías cotizadas en el índice S&P500, teniendo en cuenta el sector en el que operan, su capitalización bursátil y su ratio P/BV (como inversa a la ratio book-to-market). El S&P 500 es un índice bursátil estadounidense compuesto por 503 empresas de diversos sectores como tecnología, salud, finanzas, consumo, o energía. Constituye uno de los índices más seguidos y representativos del mercado financiero y de la economía estadounidense, y a menudo, es utilizado como referencia para evaluar el rendimiento del mercado de valores y como indicador de la salud económica general. Si bien todos sus componentes tienen una capitalización bursátil considerablemente alta, hay una diferencia notable entre el mayor y menor valor de mercado, 2.954.918 y 4.892 millones de dólares respectivamente⁷.

Así, de cara a analizar los resultados obtenidos para cada uno de los modelos, clasificaremos las empresas en dos grupos atendiendo a su capitalización bursátil y su ratio P/BV y tomaremos la mediana (36.871 millones de dólares) como punto de referencia para distinguir entre valores altos y valores pequeños.

Por un lado, los valores altos se corresponden con las siguientes dos empresas:

⁷ Datos obtenidos a 31 de enero de 2024 en <https://www.spglobal.com>

- Apple Inc: empresa tecnológica multinacional estadounidense especializada en el diseño, fabricación y comercialización de hardware informático y soportes musicales. Su capitalización bursátil a finales del año fiscal 2023 era de 2.676.737 millones de dólares, y su P/BV era de 42,8x⁸.
- Tesla Inc: empresa multinacional estadounidense que diseña, construye y vende vehículos eléctricos. Es un caso concreto puesto que puede encuadrarse en el sector tecnológico, pero también puede considerarse una empresa del sector consumo. Su capitalización bursátil a finales del año fiscal 2023 era de 789.898 millones de dólares, y su P/BV era de 13,8x.

Por otro lado, los valores pequeños se corresponden con las siguientes dos empresas:

- Boston Properties, Inc: empresa estadounidense especializada en la propiedad y gestión de activos inmobiliarios de empresas. Su capitalización bursátil a finales del año fiscal 2023 era de 10.270 millones de dólares, y su P/BV era de 1,87x.
- Whirlpool Corporation: el líder mundial en fabricación y comercialización de grandes equipos domésticos. Su capitalización bursátil a finales del año fiscal 2023 era de 5.935 millones de dólares, y su P/BV era de 2,84x.

12. Metodología y datos utilizados

En primer lugar, para llevar a cabo este análisis se han recopilado los siguientes datos:

- Por un lado, a través de Bloomberg, se han obtenido los precios históricos mensuales desde enero de 2015 hasta diciembre de 2023 de las compañías mencionadas en el apartado anterior y del índice S&P500.
- Por otro lado, a través de la página web de Kenneth R. French⁹, se han recopilado para el mismo periodo temporal (exceptuando el mes de diciembre de 2023) los datos mensuales de los distintos factores (Rm-Rf, SMB, HML, RMW, CMA) y de la tasa libre de riesgo (Rf).

⁸ Datos obtenidos a 1 de marzo de 2024 en <https://es.marketscreener.com>

⁹ https://mba.tuck.dartmouth.edu/pages/faculty/ken.french/data_library.html

En segundo lugar, se realizará una comparación inicial entre las rentabilidades históricas de las compañías seleccionadas y el índice bursátil de referencia, con el objetivo de observar la volatilidad y relación rentabilidad-riesgo de cada uno.

En tercer lugar, a través de la función Análisis de datos: Regresión de Microsoft Excel, obtendremos, para cada una de las empresas y cada uno de los modelos, los resultados de los coeficientes α , β , SMB, HML, RMW y CMA. Cada coeficiente será interpretado teniendo en cuenta las características de la empresa, y se comprobará también su nivel de significatividad a través de la función de Excel DISTR.T.INV.

En cuarto lugar, se compararán las rentabilidades históricas con las rentabilidades esperadas obtenidas para cada modelo, tratando de plasmar de manera gráfica la capacidad de predicción de cada modelo.

Por último, se pondrán en común todas las observaciones con el fin de dar respuesta a la cuestión inicial sobre la mayor eficiencia del Modelo de Cinco Factores para explicar los rendimientos esperados de una cartera.

13. Variables objeto de estudio

Como ya se ha mencionado, las variables objeto de estudio serán las siguientes:

- La rentabilidad de cada una de las empresas
- La rentabilidad¹⁰ del índice S&P500: $R_{S\&P500}$
- La prima de riesgo del mercado: $R_m - R_f$
- El factor tamaño: SMB
- El factor valor: HML
- El factor rentabilidad operativa: RMW
- El factor inversión: CMA
- La rentabilidad del activo libre de riesgo: R_f

13.1. Estadísticos descriptivos de las variables

¹⁰ Tanto $R_{S\&P500}$ como la rentabilidad de cada uno de los valores cotizados se ha calculado como $R_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}$, donde R_t es la rentabilidad de la acción en el momento t , P_t el precio de la acción en el momento t , y P_{t-1} el precio en el momento $t-1$.

Tabla 1: Estadísticos descriptivos de las variables

Variable	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Desviación Típica	Curtosis
AAPL US Equity	0,022	0,026	-0,181	0,217	0,082	-0,500
TSLA US Equity	0,041	0,010	-0,367	0,741	0,182	1,805
BXP US Equity	0,001	-0,005	-0,277	0,356	0,084	3,713
WHR US Equity	0,003	0,007	-0,329	0,302	0,102	0,965
SPX Index	0,009	0,014	-0,125	0,127	0,046	0,413
Mkt-RF	0,878	1,100	-13,390	13,650	4,737	0,635
SMB	-0,157	-0,060	-8,280	7,110	2,834	0,360
HML	-0,186	-0,460	-13,870	12,750	3,855	1,976
RMW	0,426	0,440	-4,750	7,200	2,147	0,999
CMA	-0,031	-0,520	-7,220	7,720	2,477	1,184
RF	0,105	0,050	0,000	0,470	0,127	0,970

Fuente: elaboración propia

Lo primero que podemos observar de esta tabla es que las variables con mayor desviación típica son, por orden descendente, la prima del riesgo de mercado, el factor valor y el factor tamaño. Por tanto, de todas las variables estudiadas, estas son las que presentan una mayor variabilidad en sus retornos, lo que puede significar a su vez que estas variables jueguen un papel significativo en la explicación de los retornos de los activos a partir de los modelos estudiados. Por el contrario, la rentabilidad del S&P500 presenta la menor de las desviaciones típicas, por debajo incluso de la rentabilidad del activo libre de riesgo. Esta mayor volatilidad inesperada de la tasa libre de riesgo puede explicarse por la subida de los tipos de interés por la Reserva Federal (FED) de Estados Unidos que comienza en marzo de 2022, junto con el estallido de la guerra entre Rusia y Ucrania. Con respecto a la baja volatilidad de la rentabilidad del índice S&P500, esta se puede explicar por varios motivos: es un índice muy diversificado, pues está compuesto por 503 empresas pertenecientes a distintos sectores, los cuales son más o menos estables y se compensan entre sí; ha demostrado históricamente ser un activo de inversión relativamente estable y predecible a largo plazo, con un crecimiento constante en el valor a lo largo de los años; y por último, es uno de los índices más líquidos y negociados del mundo, lo que significa que los precios de sus acciones subyacentes se establecen en un mercado eficiente.

También resulta interesante analizar los diferentes coeficientes de Curtosis obtenidos para cada variable. Este estadístico proporciona información sobre la forma de distribución de los datos en comparación con la distribución normal estándar. En concreto, muestra el grado de apuntamiento respecto de la distribución normal. Las variables con Curtosis mayor a cero tienen una distribución más apuntada de lo normal, lo que implica más datos

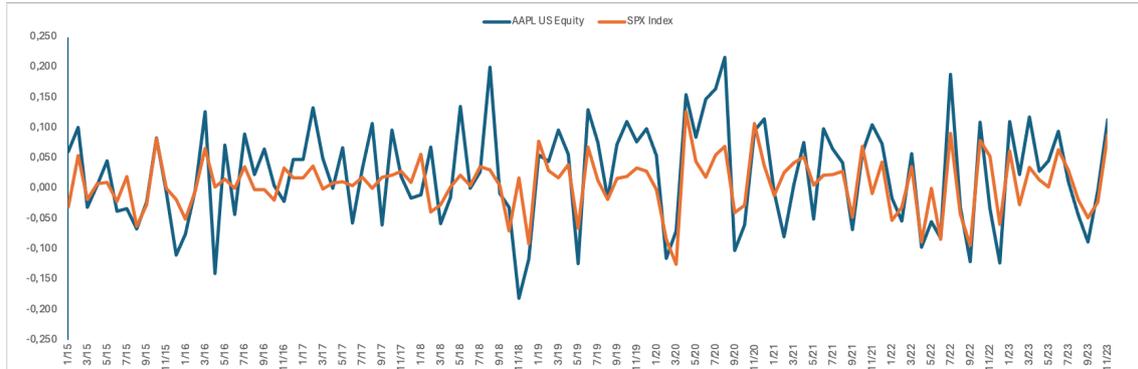
concentrados cerca de la media, pero con colas más largas. Al contrario, cuando el coeficiente es menor a cero, la distribución es menos apuntada de lo normal, con menos valores extremos y una concentración más dispersa alrededor de la media. Así, podemos observar que la rentabilidad de Boston Properties presenta la distribución más apuntada de todas, con un coeficiente de 3,71, mientras que la rentabilidad de Apple presenta la distribución más aplanada.

14. Rentabilidades históricas versus el S&P500

Antes de analizar los resultados obtenidos por el modelo CAPM y el Fama French, resulta oportuno comparar la diferencia entre las rentabilidades históricas obtenidas por los valores cotizados y por el índice S&P500. De esta forma, podremos hacernos una idea de la volatilidad de cada valor en comparación con el mercado, calificándolo de un valor agresivo, defensivo o neutro.

14.1. Apple Inc.

Gráfico 5: Comparación entre las rentabilidades de Apple Inc. y el S&P500

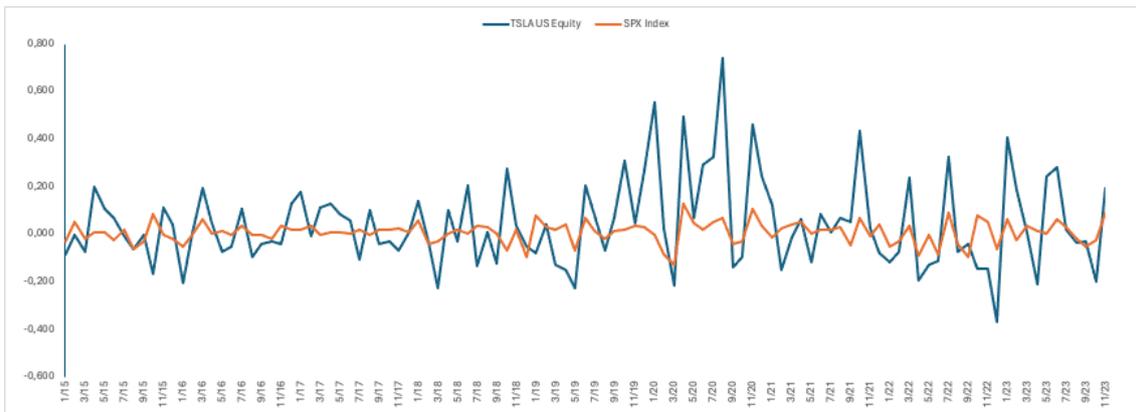


Fuente: elaboración propia

En primer lugar, a partir de este gráfico, podemos observar que Apple es un activo considerablemente más volátil que el índice S&P500. Y esta mayor volatilidad queda plasmada también en las desviaciones típicas de ambos, siendo la desviación típica de Apple 0,082 y la del índice 0,046. También, podemos apreciar que mientras que las rentabilidades del S&P500 fluctúan entre el -12,5% y el 12,7%, las rentabilidades de Apple se mueven entre un rango mucho mayor, desde el -18,1% hasta el 21,7%.

14.2. Tesla Inc.

Gráfico 6: Comparación entre las rentabilidades de Tesla Inc. y el S&P500

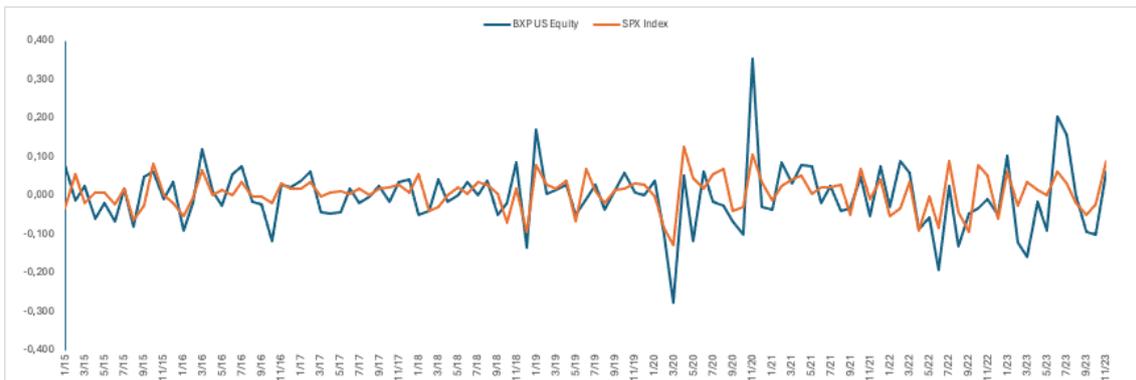


Fuente: elaboración propia

En segundo lugar, a partir de este gráfico, podemos observar que Tesla es un activo con una volatilidad mucho mayor que el índice S&P500, y así lo refleja su desviación típica de 0,182 frente a la desviación típica del índice de 0,046, la cual está 1,36 puntos porcentuales por debajo. Con respecto al rango en que se mueven las rentabilidades de ambos, mientras que las del S&P500 fluctúan entre el -12,5% y el 12,75, las de Tesla se mueven entre un rango mucho mayor, desde -36,7% hasta el 74,1%.

14.3. Boston Properties, Inc.

Gráfico 7: Comparación entre las rentabilidades de Boston Properties, Inc. y el S&P500



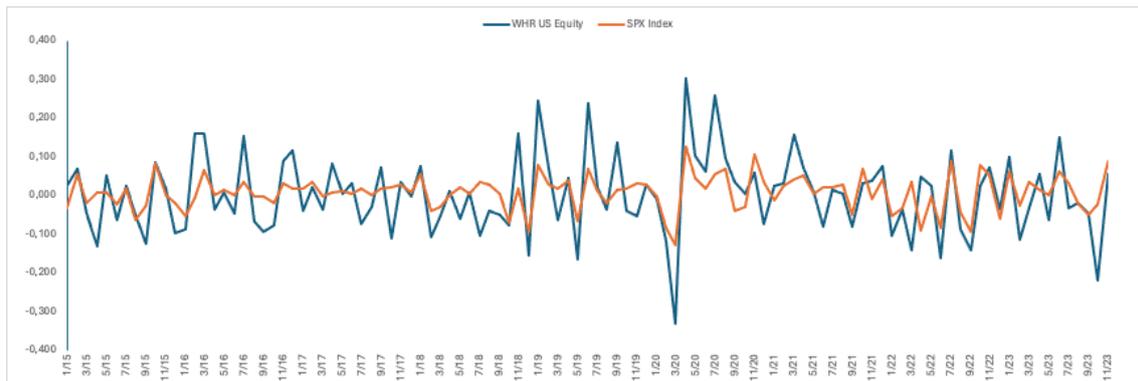
Fuente: elaboración propia

El caso de Boston Properties es algo distinto. En una primera aproximación, atendiendo a su desviación típica de 0,084 versus 0,046, parece ser un activo considerablemente más volátil que el índice S&P500. Y esto es lo que parece desprenderse también de su rango de variación entre rentabilidades, con un mínimo de -27,7% y un máximo de 35,6%. No

obstante, si omitimos el mínimo (marzo de 2020) y el máximo (noviembre 2020) que claramente representan un valor puntual, la desviación típica sería de 0,068, siendo mucho más parecida a la del índice. Por tanto, podemos concluir que, si bien no es un valor neutro, no es mucho más volátil que el índice.

14.4. Whirpool Corporation

Gráfico 8: Comparación entre las rentabilidades de Whirpool Corporation y el S&P500



Fuente: elaboración propia

Por último, a partir de este gráfico, podemos observar que Whirpool también es considerablemente más volátil que el índice S&P500, si bien no está en línea con Tesla, pues presenta una desviación típica un tanto más pequeño, de 0,102. Con respecto a la fluctuación entre el mínimo y máximo de las rentabilidades, podemos apreciar que mientras que las del S&P500 fluctúan entre el -12,5% y el 12,7%, las de Whirpool van desde el -32,9% hasta el 30,2%.

15. Modelo CAPM

A continuación, procederemos a analizar los resultados obtenidos para el modelo CAPM aplicando la siguiente regresión lineal:

$$E(R_i) - R_{rf} = \alpha + \beta_i * (E(R_M) - R_{rf})$$

En relación con los resultados obtenidos para las distintas compañías será relevante analizar tanto los distintos coeficientes (Alpha de Jensen y beta de mercado) como su nivel de significatividad. Para ello, se utilizará la función de Excel DISTR.T.INV., la cual nos calculará el t-crítico para un grado de libertad y probabilidad determinada. En nuestro

estudio, el grado de libertad es de 107 y el t-crítico obtenido para los niveles de significatividad del 1%, 5% y 10% son 2,62, 1,98 y 1,66 respectivamente.

- El coeficiente α o Alpha de Jensen muestra la capacidad de obtener unos rendimientos mejores que los exigidos por el mercado, ajustada por el riesgo sistemático.
- La beta de mercado o β_{Rm-Rrf} , como ya hemos explicado en la parte teórica de este trabajo, indica la relación entre el riesgo sistemático de una inversión y el promedio del mercado.

Asimismo, analizaremos las Estadísticas de la Regresión (Regression Statistics), en concreto, el R^2 y el R^2 Ajustado y el Análisis de Varianza (ANOVA), en concreto el Estadístico F.

- El R^2 refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretender explicar. Es decir, indica cuánto de la variación total en los rendimientos de un activo está explicada por el modelo CAPM. Su valor se mueve entre 0 y 1, por lo que cuanto más cercano a 1, las variables independientes explicarán mejor la variación de la variable dependiente. En otras palabras, cuánto más alto sea el R^2 , mejor será el modelo para predecir las rentabilidades del activo, y viceversa.
- El R^2 Ajustado es similar al R^2 , pero se ajusta por la cantidad de variables que tiene la regresión. Este parámetro penaliza la inclusión de variables adicionales al modelo.
- El Estadístico F sirve para determinar si el modelo en su conjunto es significativo. Un valor alto del Estadístico F indica que el modelo de regresión es significativo en general, por lo que al menos una de las variables independientes tiene un efecto significativo en la variable dependiente. Por otro lado, un valor bajo del estadístico F sugiere que el modelo no es significativo y que los coeficientes de regresión no son diferentes de cero.

15.1. Apple Inc.

En primer lugar, interpretaremos los resultados obtenidos con el modelo CAPM para las rentabilidades de Apple.

Tabla 2: Resultado CAPM para Apple Inc.

Regression Statistics	
Multiple R	0,41748875
R Square	0,17429686
Adjusted R Squ	0,16643302
Standard Error	0,13970119
Observations	107

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0,432568751	0,43256875	22,16434623	7,6813E-06
Residual	105	2,049224389	0,01951642		
Total	106	2,48179314			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-0,0943065	0,013737378	-6,8649588	4,81575E-10	-0,1215452	-0,0670679	-0,1215452	-0,0670679
X Variable 1	0,01348568	0,002864477	4,70790253	7,68132E-06	0,00780595	0,01916541	0,00780595	0,01916541

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 2, la regresión lineal que explica los rendimientos de Apple queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,0943 + 0,0135 * (E(R_M) - R_{rf})$$

El Alpha de Jensen es de -0,0943, lo que significa que el rendimiento real del activo ha sido inferior al rendimiento esperado, ajustado por el riesgo. Esto sugiere que el activo ha tenido un desempeño por debajo de lo que se esperaba según el modelo CAPM.

La Beta de Mercado obtenida es de 0,0135, lo que indica que los movimientos del mercado tienen un impacto mínimo en el rendimiento de este activo. Esta beta tan baja para Apple puede deberse a los siguientes motivos: diversificación de ingresos, provenientes de distintos productos; estabilidad financiera, con unos flujos de caja estables; y ciclo de vida de la empresa, encontrándose desde hace ya años en una etapa de madurez en el mercado.

En relación con la significatividad de estos dos parámetros, ambos son significativos al 1%, lo que significa que las dos variables explican correctamente el modelo CAPM para conocer los rendimientos de Apple. El Alpha de Jensen presenta un t estadístico de -6,86,

que si bien está por encima del t-crítico 2,62, es negativo, lo que sugiere que el rendimiento observado es significativamente más bajo de lo esperado según este modelo. La beta presenta un t estadístico de 4,71, también mayor que el t-crítico 2,62 y positivo.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es 0,17, lo cual indica que el modelo CAPM no resulta demasiado bueno para predecir las rentabilidades de Apple.
- El R^2 Ajustado, es 0,16, por lo que apenas varía con respecto al R^2 . Esto se debe a que este modelo únicamente tiene una variable, por lo que no se puede penalizar la introducción de muchas variables.
- El Estadístico F es 22,16 y su valor crítico es prácticamente cero, por lo que podemos decir que los coeficientes son conjuntamente significativos.

15.2. Tesla Inc.

En segundo lugar, interpretaremos los resultados obtenidos con el modelo CAPM para las rentabilidades de Tesla.

Tabla 3: Resultado CAPM para Tesla Inc.

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,42159335
R Square	0,17774096
Adjusted R Square	0,16990992
Standard Error	0,20977786
Observations	107

<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,99882051	0,99882051	22,696984	6,1131E-06
Residual	105	4,6207088	0,04400675		
Total	106	5,61952931			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-0,0819311	0,0206283	-3,9717828	0,00013097	-0,1228332	-0,041029	-0,1228332	-0,041029
X Variable 1	0,02049222	0,00430135	4,76413518	6,1131E-06	0,01196343	0,029021	0,01196343	0,029021

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 3, la regresión lineal que explica los rendimientos de Tesla queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,0819 + 0,0205 * (E(R_M) - R_{rf})$$

El coeficiente α es de -0,0819, por lo que al igual que para Apple, implica que el rendimiento observado del activo ha sido más bajo de lo que se anticipaba dadas las condiciones de riesgo en las que se encuentra. Este valor es significativo al 1% pero al ser el t estadístico negativo, sugiere que el activo ha tenido un desempeño por debajo de lo esperado.

El coeficiente beta es de 0,0205, lo que indica que el activo tiene muy poca sensibilidad o exposición a los movimientos del mercado. Esta poca correlación con el mercado podría explicarse por dos motivos: la menor volatilidad de Tesla frente a otras compañías del sector tecnológico y automotriz; y las expectativas de crecimiento a largo plazo, percibiendo a Tesla como una empresa con potencial de crecimiento significativo a largo plazo. Este parámetro también es significativo al 1%, con un t estadístico positivo de 4,76.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es del 0,18, lo cual indica que el modelo CAPM no resulta demasiado bueno para predecir las rentabilidades de Tesla.
- El R^2 Ajustado, es de 0,17, por lo que apenas varía con respecto al R^2 . Esto se debe a que este modelo únicamente tiene una variable, por lo que no se puede penalizar la introducción de muchas variables.
- El Estadístico F es 22,69 y su valor crítico es prácticamente cero, por lo que podemos decir que los coeficientes son conjuntamente significativos. Es significativo al 1%.

15.3. Boston Properties, Inc.

En cuarto lugar, interpretaremos los resultados obtenidos con el modelo CAPM para las rentabilidades de Boston Properties.

Tabla 4: Resultado CAPM para Boston Properties, Inc.

Regression Statistics							
Multiple R	0,36337866						
R Square	0,13204405						
Adjusted R Square	0,1237778						
Standard Error	0,14422558						
Observations	107						

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0,33227298	0,33227298	15,9738812	0,00011955
Residual	105	2,18410682	0,02080102		
Total	106	2,5163798			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-0,1169271	0,01418228	-8,2445913	5,077E-13	-0,1450479	-0,0888063	-0,1450479	-0,0888063
X Variable 1	0,01181933	0,00295725	3,99673381	0,00011955	0,00595565	0,017683	0,00595565	0,017683

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 4, la regresión lineal que explica los rendimientos de Boston Properties queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,1169 + 0,0118 * (E(R_M) - R_{rf})$$

El Alpha de Jensen es de -0,1169, siendo por tanto el rendimiento observado más pequeño de lo que se esperaba, dadas las condiciones de riesgo. Este valor es significativo al 1% pero al ser el t estadístico nuevamente negativo, sugiere que el activo ha tenido un desempeño por debajo de lo esperado.

La Beta de Mercado es de 0,0118, por lo que la correlación con los movimientos del mercado es muy pequeña. El coeficiente es significativo al 1%, con un t estadístico positivo de 3,99.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R² es del 0,13, por lo que una vez más, este modelo no parece ser demasiado prediciendo las rentabilidades de este activo.
- El R² Ajustado, es de 0,12, y podemos interpretando de la misma forma que el resto.
- El Estadístico F es 15,97, por lo que en este caso si es significativo al 1%.

15.4. Whirpool Corporation

Por último, interpretaremos los resultados obtenidos con el modelo CAPM para las rentabilidades de Whirpool.

Tabla 5: Resultado CAPM para Whirpool Corporation

Regression Statistics								
Multiple R	0,44445692							
R Square	0,19754195							
Adjusted R Square	0,18989949							
Standard Error	0,15393363							
Observations	107							

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0,612482	0,612482	25,8479617	1,6199E-06
Residual	105	2,4880341	0,02369556		
Total	106	3,1005161			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-0,116701	0,01513691	-7,7096996	7,5248E-12	-0,1467147	-0,0866873	-0,1467147	-0,0866873
X Variable 1	0,01604693	0,0031563	5,08408907	1,6199E-06	0,00978856	0,02230529	0,00978856	0,02230529

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 5, la regresión lineal que explica los rendimientos de Whirpool queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,1167 + 0,0160 * (E(R_M) - R_{rf})$$

El coeficiente α es una vez más negativo, con un valor de -0,1167; y de nuevo, es significativo al 1% pero con t estadístico de signo negativo.

La Beta de Mercado es de 0,0160, mostrando muy poca correlación con el comportamiento del mercado. Este parámetro también es significativo al 1%, con un t estadístico positivo de 5,08.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es del 0,20, por lo que, aun no siendo el modelo perfecto para predecir las rentabilidades de este activo, se trata del R^2 más grande hasta el momento.
- El R^2 Ajustado, es de 0,19, interpretándolo de la misma forma que el resto.
- El Estadístico F es 25,84. Es significativo al 1%, y también es el valor más grande hasta el momento.

16. Modelo de Tres Factores

A continuación, procederemos a interpretar los resultados obtenidos para el Modelo de tres factores aplicando la siguiente regresión lineal:

$$E(R_i) - R_{rf} = \alpha + \beta_i * (E(R_M) - R_{rf}) + \beta_{SMB} * E(R_{SMB}) + \beta_{HML} * E(R_{HML}).$$

Al igual que para el Modelo CAPM, analizaremos tanto los distintos coeficientes (añadiendo la Beta SMB y HML) con su nivel de significatividad, como las Estadísticas de la Regresión y el Análisis de Varianza.

16.1. Apple Inc.

Tabla 6: Resultado Modelo de Tres Factores para Apple Inc.

Regression Statistics								
Multiple R	0,42173424							
R Square	0,17785977							
Adjusted R Square	0,15391394							
Standard Error	0,14074635							
Observations	107							

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	3	0,44141116	0,14713705	7,42758785	0,00014937
Residual	103	2,04038198	0,01980953		
Total	106	2,48179314			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-0,0938577	0,01393971	-6,733113	9,6611E-10	-0,1215038	-0,0662115	-0,1215038	-0,0662115
X Variable 1	0,01301034	0,00305336	4,26098888	4,5136E-05	0,00695472	0,01906597	0,00695472	0,01906597
X Variable 2	0,00271216	0,0053427	0,50763974	0,61279133	-0,0078838	0,01330814	-0,0078838	0,01330814
X Variable 3	-0,0021185	0,00372529	-0,5686685	0,570819	-0,0095067	0,00526978	-0,0095067	0,00526978

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 6, la regresión lineal que explica los rendimientos de Apple queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,0938 + 0,0130 * (E(R_M) - R_{rf}) + 0,0027 * E(R_{SMB}) - 0,0021 * E(R_{HML}).$$

El coeficiente α es de -0,0938, por lo que, en promedio, el rendimiento del activo es menor de lo esperado según el Modelo de 3 Factores. Este valor es significativo al 1% pero al ser el t estadístico negativo, sugiere que el activo ha tenido un desempeño por debajo de lo esperado.

La Beta de mercado es de 0,0130, lo que indica una relación positiva con los movimientos del mercado muy baja, prácticamente inexistente. Este parámetro también es significativo al 1%, con un t estadístico positivo de 4,26.

La Beta SMB es de 0,0027, lo cual significa que las fluctuaciones en el rendimiento de las acciones de pequeña capitalización en relación con las acciones de gran capitalización tienen un impacto mínimo en el rendimiento esperado de las acciones de Apple. Esto parece ser coherente con el perfil de Apple como una de las empresas de mayor capitalización bursátil del S&P500. Dicho esto, este coeficiente no es significativo, ni siquiera al 10%, por lo que el efecto de la variable SMB en las rentabilidades de Apple no se considera estadísticamente significativo.

La Beta HML es de - 0,0021. Esto muestra que las acciones de Apple tienden a obtener rentabilidades más pequeñas cuando las rentabilidades de *value stocks* superan a las de *growth stocks*, lo cual es perfectamente explicable teniendo en cuenta que Apple es considerada un *growth stock* al tener una ratio book-to-market pequeña. No obstante, una vez más, este parámetro no es significativo, al ser el t estadístico más pequeño que todos los t-críticos.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es 0,18, únicamente 0,003 puntos por encima del R^2 del CAPM, pasando de 0,174 a 0,177. Por tanto, este modelo no parece mejorar prácticamente nada la capacidad de predicción de las rentabilidades de Apple.
- El R^2 Ajustado, es de 0,15, apenas disminuyendo respecto del R^2 . No obstante, respecto del R^2 Ajustado del CAPM sí se reduce en un decimal, lo que puede indicar la penalización del uso de nuevas variables.
- El Estadístico F es 7,42 y su valor crítico es casi cero, por lo que, en conjunto, los coeficientes son significativos al 1%.

16.2. Tesla Inc.

Tabla 7: Resultado Modelo de Tres Factores para Tesla Inc.

Regression Statistics								
Multiple R	0,44924205							
R Square	0,20181842							
Adjusted R Square	0,17857041							
Standard Error	0,20868066							
Observations	107							

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	3	1,13412454	0,37804151	8,68110634	3,4494E-05
Residual	103	4,48540477	0,04354762		
Total	106	5,61952931			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower95%	Upper95%	Lower95,0%	Upper95,0%
Intercept	-0,0806219	0,02066802	-3,900802	0,00017114	-0,121612	-0,0396317	-0,121612	-0,0396317
X Variable 1	0,01884434	0,00452714	4,16253106	6,545E-05	0,00986584	0,02782284	0,00986584	0,02782284
X Variable 2	0,00954976	0,00792146	1,20555516	0,23075129	-0,0061606	0,02526012	-0,0061606	0,02526012
X Variable 3	-0,0087973	0,00552338	-1,592739	0,11428311	-0,0197516	0,00215702	-0,0197516	0,00215702

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 7, la regresión lineal que explica los rendimientos de Tesla queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,0806 + 0,0188 * (E(R_M) - R_{rf}) + 0,0095 * E(R_{SMB}) - 0,0088 * E(R_{HML}).$$

El coeficiente α es de -0,0806, interpretándose de la misma forma que para Apple. Asimismo, el valor es significativo al 1% pero al ser el t estadístico negativo, sugiere que el activo ha obtenido resultados por debajo de lo esperado.

La Beta de mercado es de 0,0188, por lo que, habiendo una correlación positiva con los movimientos del mercado, esta es muy baja. Este parámetro también es significativo al 1%, con un t estadístico positivo de 4,16.

La Beta SMB es de 0,0095, y podemos interpretar es coeficiente de la misma forma que para Apple Inc., en tanto que Tesla también cuenta con un Equity Value de gran tamaño. No obstante, este coeficiente no es significativo, ni siquiera al 10%.

La Beta HML es de - 0,0088, interpretándose este valor negativo como en el caso de Apple; y de nuevo, el parámetro no es significativo ni al 10%.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R² es del 0,20, aumentando en 2 decimales con respecto al R² obtenido para el CAPM. Aunque la mejoría es pequeña y prácticamente insignificante, esto indica

una mejor capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores frente al Modelo CAPM

- El R^2 Ajustado, es de 0,18, reduciéndose levemente con respecto al R^2 .
- El Estadístico F es 8,68 y su valor crítico es casi cero, por lo que, en conjunto, los coeficientes son significativos al 1%.

16.3. Boston Properties, Inc.

Tabla 8: Resultado Modelo de Tres Factores para Boston Properties, Inc.

<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,45412457							
R Square	0,20622913							
Adjusted R Square	0,18310959							
Standard Error	0,13925701							
Observations	107							

<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	3	0,51895081	0,1729836	8,92012249	2,6188E-05
Residual	103	1,99742899	0,01939251		
Total	106	2,5163798			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-0,1123889	0,01379221	-8,1487222	9,1938E-13	-0,1397425	-0,0850353	-0,1397425	-0,0850353
X Variable 1	0,00980866	0,00302105	3,24676983	0,00157558	0,00381712	0,01580021	0,00381712	0,01580021
X Variable 2	0,0098975	0,00528616	1,87234119	0,0639959	-0,0005864	0,02038135	-0,0005864	0,02038135
X Variable 3	0,00657492	0,00368587	1,78381845	0,07739807	-0,0007351	0,01388497	-0,0007351	0,01388497

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 8, la regresión lineal que explica los rendimientos de Boston Properties queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,1124 + 0,0098 * (E(R_M) - R_{rf}) + 0,0098 * E(R_{SMB}) - 0,0066 * E(R_{HML}).$$

El coeficiente α es de -0,1124, y es significativo al 1%, con un t estadístico negativo de -8,14, sugiriendo que el activo ha obtenido resultados por debajo de lo esperado.

La Beta de mercado es de 0,0098, por lo que, la sensibilidad a los movimientos del mercado parecer ser muy pequeña. Este es la única variable significativa al 1%, con un t estadístico positivo de 3,25.

La Beta SMB es de 0,0098, coeficiente SMB más alto hasta el momento, por encima de Apple, Tesla y Eli Lilly. Esto implica que los movimientos en los retornos del factor SMB

tienen un mayor impacto en los retornos de esta compañía en comparación con el resto, lo cual parece tener sentido dado que Boston Properties es una empresa con una capitalización bursátil pequeña dentro del S&P500. Es significativa al 10%, con t estadístico de 1,87.

La Beta HML es también de - 0,0098, lo cual resulta extraño, en tanto que se esperaría tener un coeficiente positivo para una empresa con las características de Boston Properties, la cual tiene una ratio book-to-market considerablemente alto. Este parámetro es también significativo al 10%.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es del 0,21, apreciándose una notable mejoría con respecto al modelo CAPM, pues ha aumentado de 0,13 a 0,20.
- El R^2 Ajustado, es de 0,18, y podemos interpretando de la misma forma que el resto.
- El Estadístico F es 8,92, por lo que una vez más, podemos decir que es significativo al 1%.

16.4. Whirpool Corporation

Tabla 9: Resultado Modelo de Tres Factores para Whirpool Corporation

<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,50065324							
R Square	0,25065367							
Adjusted R Square	0,22882805							
Standard Error	0,15018954							
Observations	107							

<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	3	0,77715574	0,25905191	11,4843772	1,476E-06
Residual	103	2,32336037	0,0225569		
Total	106	3,1005161			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-0,1126981	0,01487498	-7,5763504	1,5974E-11	-0,1421991	-0,083197	-0,1421991	-0,083197
X Variable 1	0,01440126	0,00325822	4,41997396	2,4495E-05	0,00793935	0,02086318	0,00793935	0,02086318
X Variable 2	0,00792859	0,00570116	1,39069799	0,16731439	-0,0033783	0,01923548	-0,0033783	0,01923548
X Variable 3	0,00707993	0,00397523	1,78101214	0,0778583	-0,000804	0,01496387	-0,000804	0,01496387

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 9, la regresión lineal que explica los rendimientos de Whirpool queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,1127 + 0,0144 * (E(R_M) - R_{rf}) + 0,0079 * E(R_{SMB}) - 0,0071 * E(R_{HML}).$$

El coeficiente α es de -0,1127 y es significativo al 1%, con un t estadístico de -7,57, y cuya interpretación es la misma que para resto de α obtenidas con este modelo.

La Beta de mercado es de 0,0144, siendo la correlación positiva con el mercado un tanto mayor que para el resto de las empresas analizadas. también prácticamente irrelevante. Esta variable es significativa al 1%, con un t estadístico positivo de 4,42.

La Beta SMB es de 0,0079, y no resulta significativa ni al 10%, por lo que la variable del tamaño no es relevante a la hora de explicar las rentabilidades de Whirpool.

La Beta HML es de 0,0071, lo cual es un resultado coherente, en tanto que Whirpool, al tener una ratio book-to-market pequeña, debería tener un mejor rendimiento cuando las acciones de alto valor superan a las acciones de bajo valor en el mercado. Esta variable es significativa al 10%, con un t estadístico de 1,78.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es del 0,25, apreciándose también una mejoría considerable con respecto al modelo anterior, y demostrando, por tanto, una mejor capacidad para explicar las rentabilidades de este activo.
- El R^2 Ajustado, es de 0,23, interpretándolo de la misma forma que el resto.
- El Estadístico F es 11,48, y, por consiguiente, significativo al 1%.

17. Modelo de Cinco Factores

Por último, procederemos a interpretar los resultados obtenidos para el Modelo de Cinco Factores aplicando la siguiente regresión lineal:

$$E(R_i) - R_{rf} = \alpha + \beta_i * (E(R_M) - R_{rf}) + \beta_{SMB} * E(R_{SMB}) + \beta_{HML} * E(R_{HML}) + \beta_{RMW} * E(R_{RMW}) + \beta_{CMA} * E(R_{CMA}).$$

Y, al igual que para los dos modelos anteriores, analizaremos tanto los distintos coeficientes con su nivel de significatividad, como las Estadísticas de la Regresión y el Análisis de Varianza.

17.1. Apple Inc.

Tabla 10: Resultado Modelo de Cinco Factores para Apple Inc.

Regression Statistics	
Multiple R	0,43709896
R Square	0,1910555
Adjusted R Square	0,15100875
Standard Error	0,14098778
Observations	107

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	5	0,47416024	0,09483205	4,77081085	0,00059048
Residual	101	2,0076329	0,01987755		
Total	106	2,48179314			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-0,0966628	0,01417845	-6,8175884	6,8863E-10	-0,1247891	-0,0685366	-0,1247891	-0,0685366
X Variable 1	0,01313811	0,00322871	4,06914458	9,3772E-05	0,00673321	0,01954301	0,00673321	0,01954301
X Variable 2	0,00600957	0,00615915	0,97571493	0,33153694	-0,0062085	0,01822766	-0,0062085	0,01822766
X Variable 3	-0,0064237	0,00521172	-1,2325467	0,22060634	-0,0167624	0,00391497	-0,0167624	0,00391497
X Variable 4	0,00619541	0,00738992	0,83835938	0,4038086	-0,0084642	0,02085503	-0,0084642	0,02085503
X Variable 5	0,00725123	0,0077497	0,93567842	0,35167062	-0,0081221	0,02262456	-0,0081221	0,02262456

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 10, la regresión lineal que explica los rendimientos de Apple queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,0967 + 0,0131 * (E(R_M) - R_{rf}) + 0,0060 * E(R_{SMB}) - 0,0064 * E(R_{HML}) + 0,0062 * E(R_{RMW}) + 0,0072 * E(R_{CMA})$$

El coeficiente α es de -0,0967, por lo que, al igual que ocurre con el resto de los modelos, las rentabilidades de Apple parecen ser inferiores a las esperadas por el Modelo de Cinco Factores. Este valor es significativo al 1% pero con un t estadístico negativo.

La Beta de Mercado es de 0,0131, prácticamente igual que el valor obtenido para el modelo de Tres Factores, y es significativa al 1%, con un t estadístico de 4,07.

El resto de las variables tienen coeficientes muy parecidos, siendo β_{SMB} , β_{HML} , β_{RMW} y β_{CMA} de 0,0060, 0,0064, 0,0062 y 0,0072 respectivamente; y no son significativos ni al 10%.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es 0,19, siendo muy parecido al del Modelo de Tres factores.

- El R^2 Ajustado, es de 0,15. La disminución con respecto al R^2 es mayor que en el modelo anterior, lo cual puede tener sentido en tanto que este modelo introduce dos nuevas variables, y este parámetro penaliza el exceso de variables.
- El Estadístico F es 4,77, siendo significativo al 1%, si bien es un poco más bajo que para el Modelo de Tres Factores.

17.2. Tesla Inc.

Tabla 11: Resultado Modelo de Cinco Factores para Tesla Inc.

Regression Statistics								
Multiple R	0,45191572							
R Square	0,20422782							
Adjusted R Square	0,16483315							
Standard Error	0,21041837							
Observations	107							

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	5	1,14766419	0,22953284	5,18414936	0,00028216
Residual	101	4,47186512	0,04427589		
Total	106	5,61952931			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-0,0789656	0,02116075	-3,7317035	0,00031452	-0,1209429	-0,0369884	-0,1209429	-0,0369884
X Variable 1	0,01956056	0,00481872	4,05928401	9,7239E-05	0,01000151	0,02911961	0,01000151	0,02911961
X Variable 2	0,00737089	0,00919227	0,80185789	0,42451776	-0,0108641	0,02560588	-0,0108641	0,02560588
X Variable 3	-0,0085545	0,00777828	-1,0997956	0,27403568	-0,0239845	0,0068755	-0,0239845	0,0068755
X Variable 4	-0,0059343	0,01102915	-0,5380523	0,59172466	-0,0278131	0,01594461	-0,0278131	0,01594461
X Variable 5	0,00173826	0,01156611	0,15028883	0,88083647	-0,0212058	0,02468231	-0,0212058	0,02468231

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 11, la regresión lineal que explica los rendimientos de Tesla queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,079 + 0,0195 * (E(R_M) - R_{rf}) + 0,0074 * E(R_{SMB}) - 0,0085 * E(R_{HML}) - 0,0059 * E(R_{RMW}) + 0,0017 * E(R_{CMA})$$

El Alpha de Jensen es una vez más negativo, arrojando un coeficiente de -0,079, y también vuelve a ser significativo al 1 % pero con t estadístico con signo negativo.

La Beta de Mercado es de 0,0195, sucediendo lo mismo que para Apple; es prácticamente igual que la prima de riesgo de mercado para el Modelo de tres Factores. También es significativa al 1%, con un t estadístico de 4,06.

De nuevo, sucede algo similar a los resultados de Apple. El resto de las variables tienen coeficientes muy parecidos, siendo β_{SMB} , β_{HML} , β_{RMW} y β_{CMA} de 0,0074, - 0,0085, -0,0059 y 0,0017 respectivamente; y ninguno logra ser significativo, ni siquiera al 10%.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es 0,20, por lo que es prácticamente igual que el R^2 del Modelo de Tres factores.
- El R^2 Ajustado, es de 0,16, y podemos interpretar este menor valor de la misma forma que para Apple.
- El Estadístico F es 5,18. Sigue siendo significativo al 1%, pero con un valor un poco más pequeño que para el Modelo de Tres Factores, donde obtuvo un coeficiente de 8,68.

17.3. Boston Properties, Inc.

Tabla 12: Resultado Modelo de Cinco Factores para Boston Properties, Inc.

Regression Statistics	
Multiple R	0,46629351
R Square	0,21742964
Adjusted R Square	0,17868853
Standard Error	0,13963333
Observations	107

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	5	0,54713554	0,10942711	5,61237537	0,00013207
Residual	101	1,96924426	0,01949747		
Total	106	2,5163798			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Intercept	-0,1137786	0,01404224	-8,1025951	1,2927E-12	-0,1416346	-0,0859226	-0,1416346	-0,0859226
X Variable 1	0,01059881	0,0031977	3,31451454	0,00127558	0,00425544	0,01694218	0,00425544	0,01694218
X Variable 2	0,01131806	0,00609998	1,85542725	0,06645145	-0,0007826	0,02341878	-0,0007826	0,02341878
X Variable 3	0,0023311	0,00516166	0,4516193	0,65251157	-0,0079082	0,01257044	-0,0079082	0,01257044
X Variable 4	0,00097927	0,00731893	0,13379996	0,893827	-0,0135395	0,01549806	-0,0135395	0,01549806
X Variable 5	0,00911919	0,00767525	1,1881284	0,23756921	-0,0061065	0,02434483	-0,0061065	0,02434483

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 12, la regresión lineal que explica los rendimientos de Boston Properties queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,1138 + 0,0106 * (E(R_M) - R_{rf}) + 0,0113 * E(R_{SMB}) + 0,0023 * E(R_{HML}) + 0,0010 * E(R_{RMW}) + 0,0091 * E(R_{CMA})$$

El coeficiente de Alpha es de -0,1138 y significativo al 1% con un t estadístico de -8,10. No sorprende ni su valor negativo ni su t estadístico con signo negativo puesto que llevan adoptando estas características desde los resultados analizados para el CAPM.

En este caso, únicamente son significativas la Beta de Mercado y el la Beta SMB. La primera es significativa al 1% con un t estadístico de 3,31, mientras que la segunda es significativa al 10%, con un t estadístico de 1,85.

El resto de las variables (β_{HML} , β_{RMW} y β_{CMA}) no son significativas ni al 10%.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es 0,22, siendo muy parecido al R^2 del Modelo de Tres factores.
- El R^2 Ajustado, es de 0,18, interpretándose igual que el resto de R^2 Ajustado de este modelo en concreto.
- El Estadístico F es 5,61. Como ocurre para el resto de las empresas, sigue siendo significativo al 1%, pero con un valor un poco más pequeño.

17.4. Whirpool Corporation

Tabla 13: Resultado Modelo de Cinco Factores para Whirpool Corporation

<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,53715959							
R Square	0,28854043							
Adjusted R Squ	0,25331966							
Standard Error	0,14778536							
Observations	107							

<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	5	0,89462424	0,17892485	8,19233703	1,5918E-06
Residual	101	2,20589187	0,02184051		
Total	106	3,1005161			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-0,1185794	0,01486205	-7,978673	2,3947E-12	-0,1480617	-0,0890971	-0,1480617	-0,0890971
X Variable 1	0,0139011	0,00338438	4,10742527	8,1404E-05	0,0071874	0,02061481	0,0071874	0,02061481
X Variable 2	0,01506707	0,0064561	2,3337715	0,02158872	0,0022599	0,02787425	0,0022599	0,02787425
X Variable 3	0,00028401	0,005463	0,05198778	0,95864111	-0,0105531	0,01112114	-0,0105531	0,01112114
X Variable 4	0,01519783	0,00774622	1,96196747	0,05251837	-0,0001686	0,03056425	-0,0001686	0,03056425
X Variable 5	0,00936315	0,00812335	1,15262135	0,25178657	-0,0067514	0,02547769	-0,0067514	0,02547769

Fuente: elaboración propia

A partir de los resultados que muestra la tabla 13, la regresión lineal que explica los rendimientos de Whirpool queda de la siguiente forma:

$$E(R_i) - R_{rf} = -0,1185 + 0,0139 * (E(R_M) - R_{rf}) + 0,0150 * E(R_{SMB}) + 0,0003 * E(R_{HML}) + 0,0152 * E(R_{RMW}) + 0,0094 * E(R_{CMA})$$

El coeficiente α es de -0,1185 y vuelve a ser significativo al 1%, con un t estadístico negativo.

En este caso, las variables significativas son tres: la Beta de mercado al 1%, la Beta SMB al 5% y la Beta RMW al 10%. Por el contrario, la Beta HML y CMA no son significativas ni al 10% por lo que no parecen relevantes a la hora de explicar los retornos obtenidos por Whirpool.

Con respecto a las estadísticas de la regresión y el estadístico F, se observa lo siguiente:

- El R^2 es del 0,29, un poco mayor al obtenido en el modelo anterior, indicando, por tanto, una mejor capacidad para explicar las rentabilidades de este activo.
- El R^2 Ajustado, es de 0,25, lo cual indica que se está penalizando el uso de las dos nuevas variables.
- El Estadístico F es 8,19 siendo significativo al 1%.

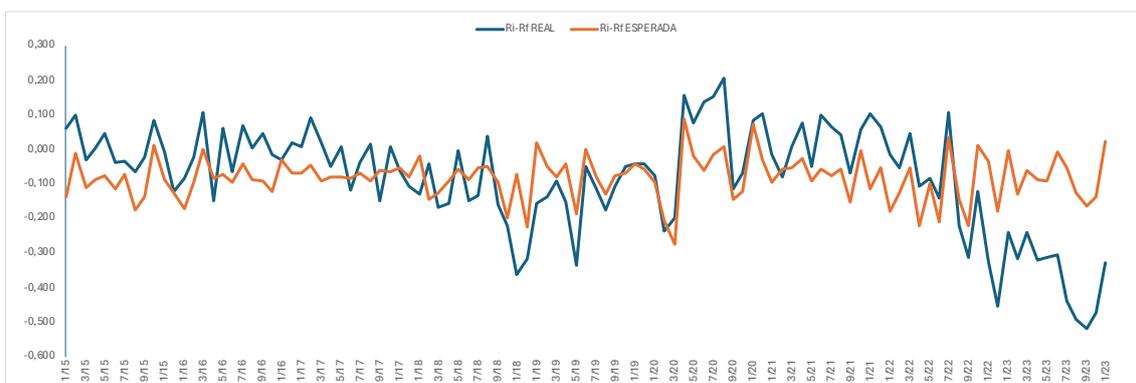
18. Capacidad de predicción de los modelos

Como último paso en nuestro análisis, se comparará de manera visual las rentabilidades históricas reales con las rentabilidades esperadas obtenidas para cada modelo, tratando de plasmar de manera gráfica la capacidad de predicción de cada modelo.

18.1. Apple Inc.

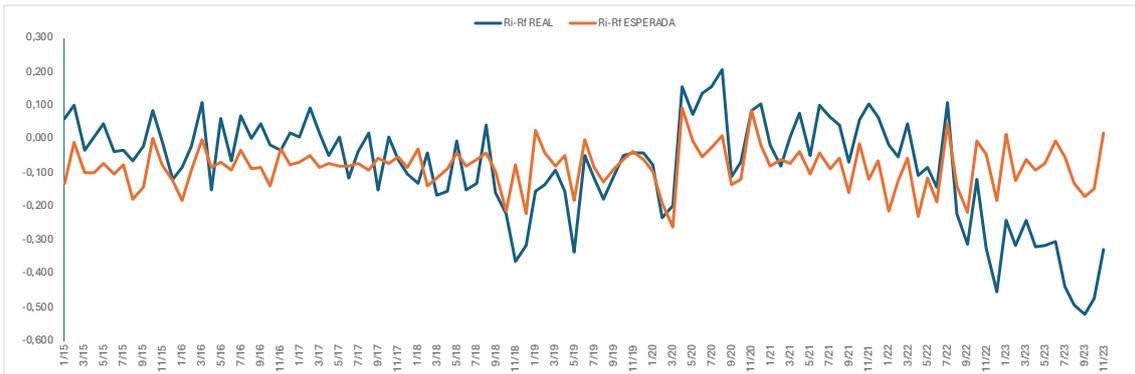
Para Apple, los resultados obtenidos a partir de cada uno de los modelos se plasman en las gráficas 9, 10 y 11.

Gráfico 9: Capacidad de predicción del Modelo CAMP para Apple Inc.



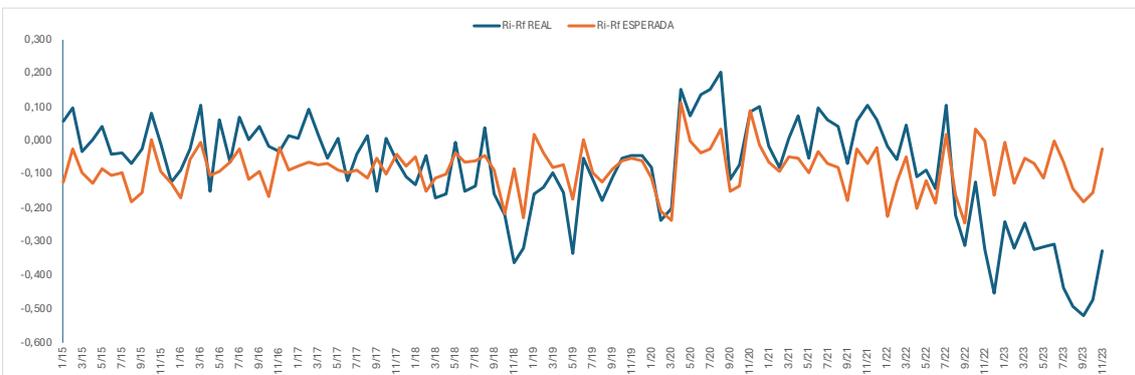
Fuente: elaboración propia

Gráfico 10: Capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores para Apple Inc.



Fuente: elaboración propia

Gráfico 11: Capacidad de predicción del Modelo de Cinco Factores para Apple Inc.

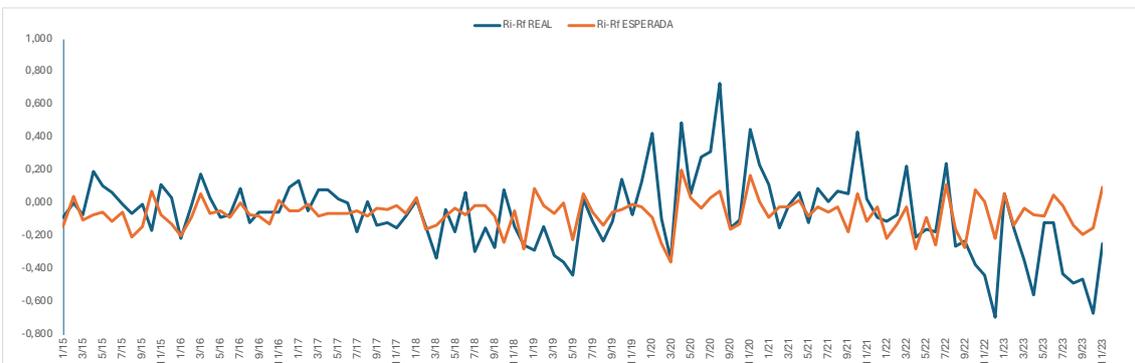


Fuente: elaboración propia

18.2. Tesla Inc.

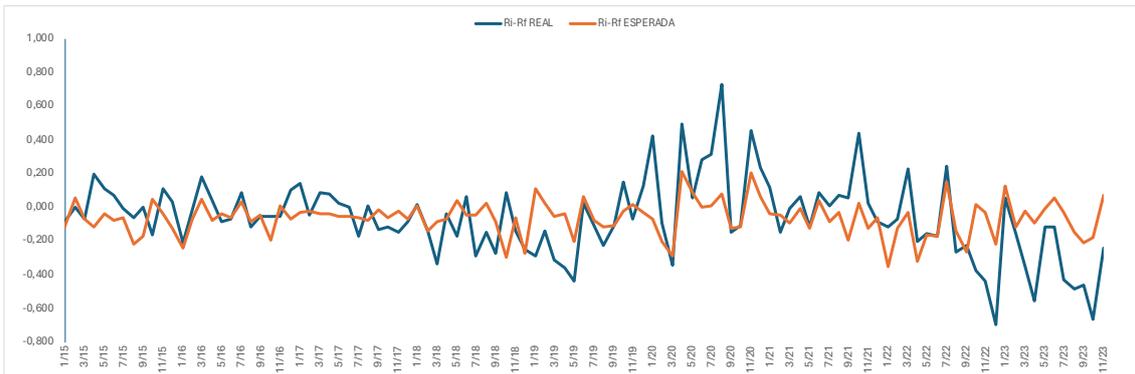
Para Tesla, los resultados obtenidos a partir de cada uno de los modelos se plasman en las gráficas 12, 13 y 14.

Gráfico 12: Capacidad de predicción del Modelo CAPM Tesla Inc.



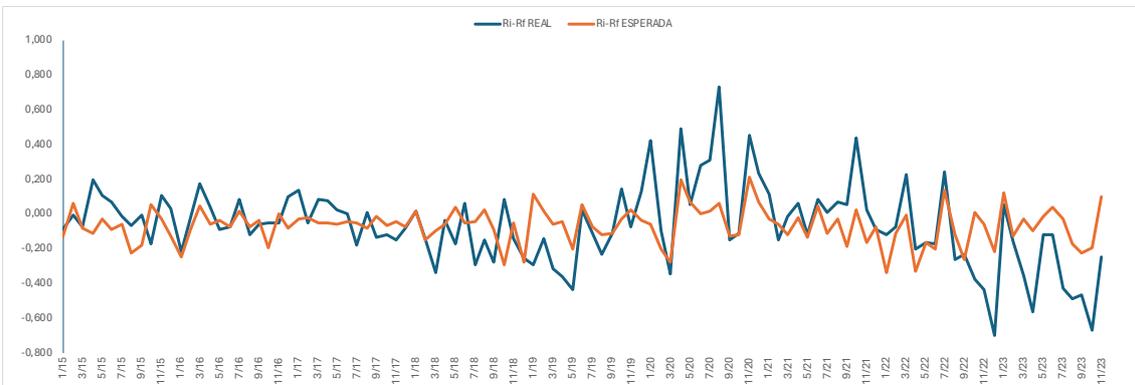
Fuente: elaboración propia

Gráfico 13: Capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores para Tesla Inc.



Fuente: elaboración propia

Gráfico 14: Capacidad de predicción del Modelo de Cinco Factores para Tesla Inc.

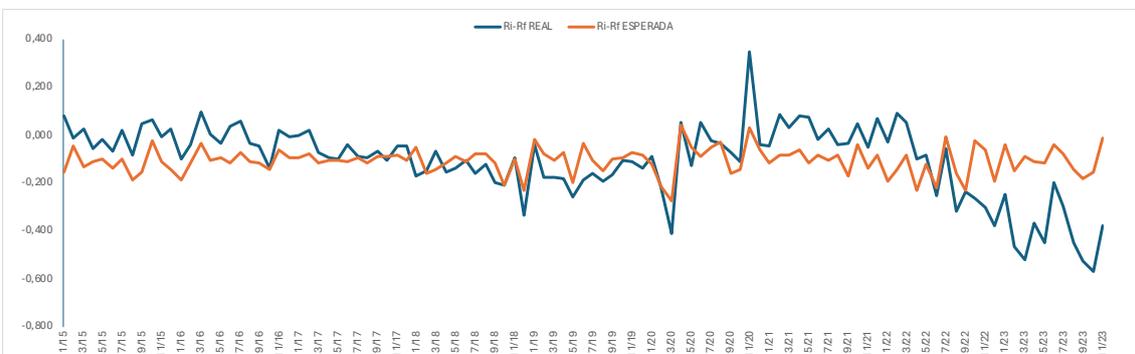


Fuente: elaboración propia

18.3. Boston Properties, Inc.

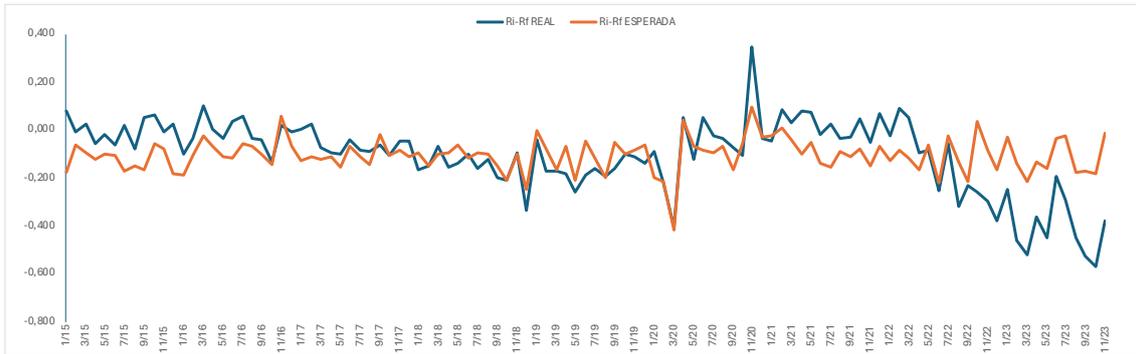
Para Boston Properties, los resultados obtenidos a partir de cada uno de los modelos se plasman en las gráficas 15, 16 y 17.

Gráfico 15: Capacidad de predicción del Modelo CAMP para Boston Properties, Inc.



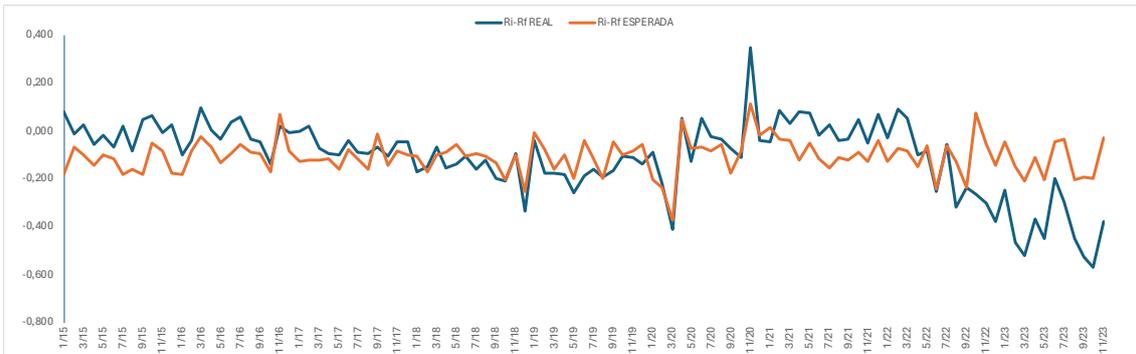
Fuente: elaboración propia

Gráfico 16: Capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores para Boston Properties, Inc.



Fuente: elaboración propia

Gráfico 17: Capacidad de predicción del Modelo de Cinco Factores para Boston Properties, Inc.

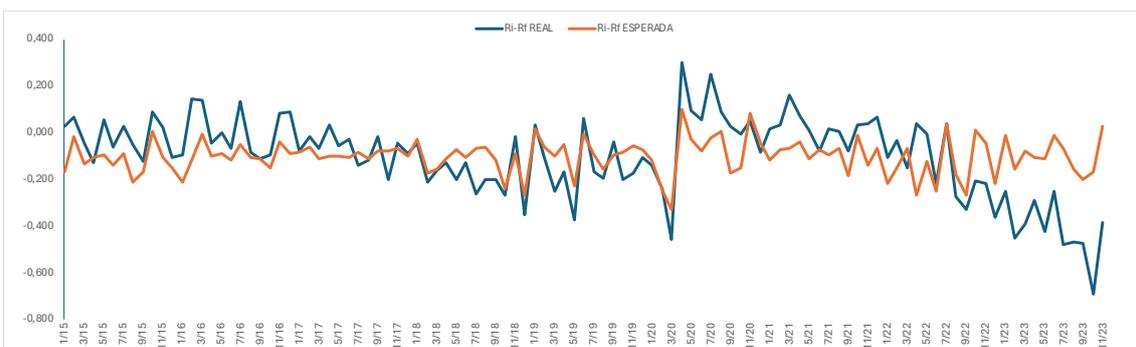


Fuente: elaboración propia

18.4. Whirlpool Corporation

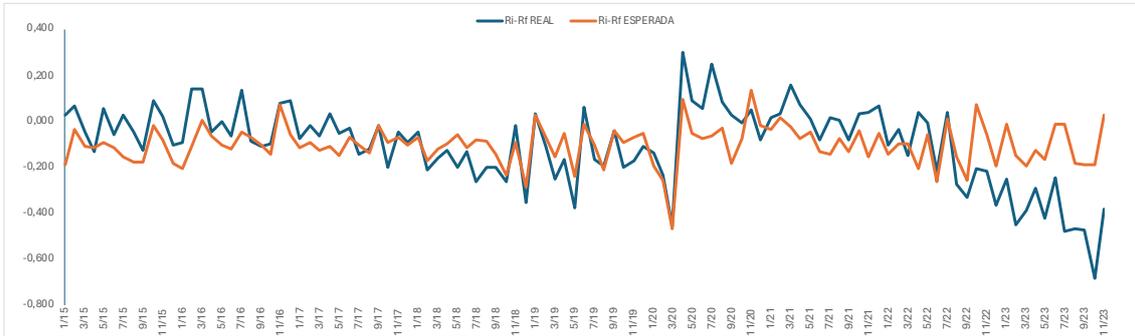
Por último, para Whirlpool, los resultados obtenidos a partir de cada uno de los modelos se plasman en las gráficas 18, 19 y 20.

Gráfico 18: Capacidad de predicción del Modelo CAMP para Whirlpool Corporation



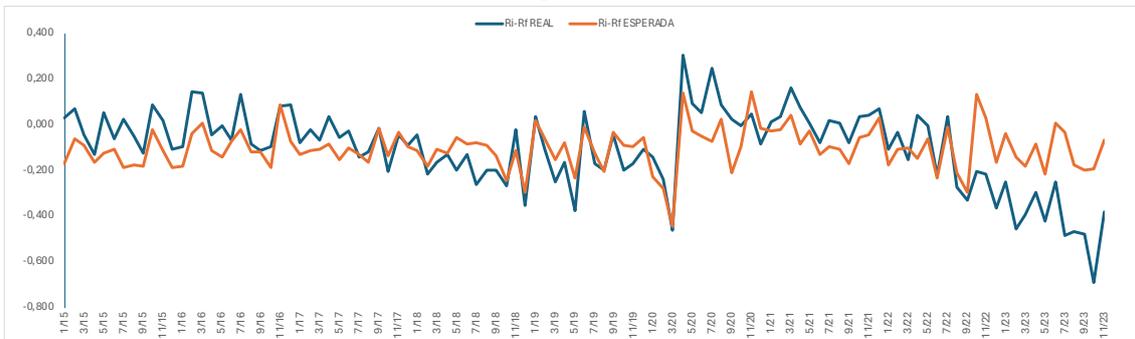
Fuente: elaboración propia

Gráfico 19: Capacidad de predicción del Modelo de Tres Factores para Whirpool Corporation



Fuente: elaboración propia

Gráfico 20: Capacidad de predicción del Modelo de Cinco Factores para Whirpool Corporation



Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES

A partir de este análisis empírico, podemos sacar distintas conclusiones en función de la compañía analizada. En concreto, encontramos tres casos diferenciados.

En primer lugar, encontramos el caso de Apple y Tesla, cuyos resultados son los siguientes:

- La variación del R^2 de un modelo a otro es prácticamente inapreciable, pues en ambos casos, la R^2 del modelo CAPM al Modelo de Cinco Factores aumenta únicamente en dos decimales.
- El Estadístico F si tiene una variación considerable entre los modelos. El CAPM presenta el estadístico F más alto, pasando de un 22,16 y 22,69 para Apple y Tesla respectivamente a un 4,77 y 5,18 en el Modelo de Cinco Factores.
- En los tres modelos, de todas las variables, sólo es significativa la beta de mercado al 1%.

A pesar de que el modelo CAPM tiene el R^2 más bajo, su estadístico F es el más alto, indicando que tiene una mejor capacidad para explicar la variabilidad en las rentabilidades de Apple y Tesla en comparación con los otros modelos. Y, además, ninguna de las variables que se introducen en los modelos de Fama y French son significativas. Por tanto, para estas dos compañías, el modelo CAPM parece ser el más adecuado para explicar las rentabilidades. Esta conclusión parece lógica por lo siguiente: en industrias muy volátiles y sensibles a los movimientos del mercado como la tecnológica, el factor de mercado puede ser un predictor sólido de las variaciones en los precios de las acciones. Por lo que, teniendo en cuenta que el riesgo de mercado es un factor dominante que afecta a las rentabilidades de Apple y Tesla, el CAPM debería ser suficientemente capaz de explicar correctamente la variabilidad de sus rentabilidades.

En segundo lugar, encontramos el caso de Boston Properties, cuyos resultados son los siguientes:

- La variación del R^2 es más notoria que en el caso anterior. Este coeficiente crece de 0,13 en el CAPM a 0,22 en el Modelo de Cinco Factores.

- El Estadístico F vuelve a disminuir considerablemente de un modelo a otro. El valor más alto es de 15,97 en el CAPM, y el más pequeño es de 5,61 en el Fama de Cinco Factores.
- Con respecto a la significancia de los coeficientes se observa lo siguiente: la beta de mercado vuelve a ser significativa al 1% en todos los modelos; las betas SMB y HML son significativas al 10% en el Modelo de Tres Factores; y la beta SMB también es significativa al 10% en el Modelo de Cinco factores.

En este caso, parece que es el modelo de Tres Factores el que mejor explica las rentabilidades de este activo. A pesar de que el Fama de Cinco Factores tiene el R^2 más alto, en el Fama de Tres Factores sólo es un decimal menor y su Estadístico F es más alto y por tanto más significativo. Y, además, es el modelo que mayor número de variables significativas presenta. Esta elección parece tener sentido por lo siguiente: Boston Properties es una empresa con una capitalización pequeña dentro del índice S&P500 y una ratio P/BV también pequeña, por lo que un modelo como el Fama de Tres Factores que tiene en cuenta el factor tamaño de mercado y factor valor, parece el más adecuado.

Por último, encontramos el caso de Whirpool, cuyos resultados son los siguientes:

- El R^2 varía de forma parecida al caso anterior, pues su valor también aumenta casi en 10 decimales, pasando de un 0,20 en el CAPM a un 0,29, en el Modelo de Cinco Factores.
- El estadístico F se comporta de manera parecida a los casos anteriores. El valor más alto se obtiene con el CAPM y el más pequeño el Fama de Cinco Factores, y son 28,84 y 8,19 respectivamente.
- Por último, la significancia de los coeficientes es la siguiente: la beta de mercado es significativa al 1% en todos los modelos; el factor HML es significativo al 10% en el Fama de tres Factores; y los factores SMB y RMW son significativos al 5 y 100% respectivamente en el modelo de Cinco Factores.

Basándonos en estos resultados, parece que el Modelo de Cinco Factores podría explicar mejor las rentabilidades de Whirpool, ya que tiene el valor más alto de R^2 y un Estadístico F que sigue siendo relativamente alto y significativo al 1%. Además, aunque solo la beta de mercado es significativa al 1%, los factores adicionales SMB y RMW también son

significativos, lo que indica que capturan parte de la variabilidad de las rentabilidades de Whirpool que no está explicada por los otros modelos. En este caso, que el Modelo de Cinco Factores sea el más conveniente para Whirpool tiene sentido por dos motivos: por un lado, este modelo sigue teniendo en cuenta las variables SMB y HML, las cuáles son relevantes para esta compañía dada su baja capitalización bursátil y ratio P/BV; y por otro lado, este modelo también incorpora la variable RMW, que captura la diferencia de rendimiento entre empresas con márgenes de rentabilidad altos y bajos, y Whirpool ha demostrado tener consistentemente márgenes de rentabilidad sólidos en la industria de los electrodomésticos.

Así, a partir de estas reflexiones, podemos concluir que, en la práctica, no hay un modelo de valoración de activos financieros que sea el más eficaz con carácter universal, sino que para cada caso concreto habrá un modelo que mejor se adecue a sus características y que por tanto mejor explique sus rentabilidades.

Declaración de Uso de Herramientas de Inteligencia Artificial Generativa en Trabajos Fin de Grado

ADVERTENCIA: Desde la Universidad consideramos que ChatGPT u otras herramientas similares son herramientas muy útiles en la vida académica, aunque su uso queda siempre bajo la responsabilidad del alumno, puesto que las respuestas que proporciona pueden no ser veraces. En este sentido, NO está permitido su uso en la elaboración del Trabajo fin de Grado para generar código porque estas herramientas no son fiables en esa tarea. Aunque el código funcione, no hay garantías de que metodológicamente sea correcto, y es altamente probable que no lo sea.

Por la presente, yo, Carmela Esteban Ahijado, estudiante de E-3 de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "Modelos de valoración de activos financieros", declaro que he utilizado la herramienta de Inteligencia Artificial Generativa ChatGPT u otras similares de IAG de código sólo en el contexto de las actividades descritas a continuación:

1. **Brainstorming de ideas de investigación:** Utilizado para idear y esbozar posibles áreas de investigación.
2. **Crítico:** Para encontrar contra-argumentos a una tesis específica que pretendo defender.
3. **Referencias:** Usado conjuntamente con otras herramientas, como Science, para identificar referencias preliminares que luego he contrastado y validado.
4. **Metodólogo:** Para descubrir métodos aplicables a problemas específicos de investigación.
5. **Interpretador de código:** Para realizar análisis de datos preliminares.
6. **Constructor de plantillas:** Para diseñar formatos específicos para secciones del trabajo.
7. **Sintetizador y divulgador de libros complicados:** Para resumir y comprender literatura compleja.
8. **Traductor:** Para traducir textos de un lenguaje a otro.

Afirmo que toda la información y contenido presentados en este trabajo son producto de mi investigación y esfuerzo individual, excepto donde se ha indicado lo contrario y se han dado los créditos correspondientes (he incluido las referencias adecuadas en el TFG y he

explicitado para que se ha usado ChatGPT u otras herramientas similares). Soy consciente de las implicaciones académicas y éticas de presentar un trabajo no original y acepto las consecuencias de cualquier violación a esta declaración.

Fecha: 19/03/2024

Firma: Carmela Esteban Ahijado



BIBLIOGRAFÍA

- Activos financieros: características y ejemplos. *Raisin*. <https://www.raisin.es/inversion/activos-financieros-que-son-como-se-clasifican-ejemplos/>
- Bender, J., Briand, R., Melas, D., y Subramanian, R. A. (2013). Foundations of Factor Investing. *MSCI*. https://www.msci.com/documents/1296102/1336482/Foundations_of_Factor_Investing.pdf/004e02ad-6f98-4730-90e0-ea14515ff3dc
- Brealey, R. (2016). *Principles of Corporate Finance*. McGraw Hill, 12th edition.
- Cervera, I., y Corzo, T. (2017). *Gestión de Carteras de Renta Variable*. [Universidad Pontificia de Comillas].
- Chan, L. (2022). *CAPM & APT*. [Tulane University, Freeman School of Business]
- Edwards, S. The middle ground between active and passive investing. *Morgan Stanley*. <https://www.morganstanley.com/articles/factor-investing-explained>
- Fama, E. F., & French, K. R. (1992). The Cross-Section of Expected Stock Returns. *The Journal of Finance*, 47(2), 427–465. <https://doi.org/10.2307/2329112>
- Fama, E. F., & French, K. R. (1993). Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of Financial Economics*, 33(1), 3–56. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(93\)90023-5](https://doi.org/10.1016/0304-405X(93)90023-5)
- Fama, E. F., & French, K. R. (2014). A five-factor asset pricing model. *Journal of Financial Economics*, 116(1), 1–22. <https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2014.10.010>
- Gimeno Torres, M. (2014). *Evolución del modelo CAPM a lo largo de la historia de la economía financiera*. [Universidad Pontificia Comillas].
- Halpern Serra, C. (2021). *Teoría de Carteras*. [Presentación de PowerPoint]. Universidad Pontificia de Comillas.
- Inés Martínez, L. (2021). Modelos de valoración de activos financieros aplicados a Icahn Enterprises. [Universidad Pontificia Comillas].

- Ley 35/2003, de 4 de noviembre, de Instituciones de Inversión Colectiva (BOE 5 de noviembre de 2003).
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. <https://doi.org/10.2307/2975974>
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment*. Blackwell Publishing.
- Medarde Muguerza, N. (2014). El modelo de tres factores de Fama y French. [Universidad Pontificia Comillas].
- Munk, C (2013). *Financial Asset Pricing Theory*. Oxford University Press.
- Roll, R., Ross, S. (1984). The Arbitrage Pricing Theory Approach to Strategic Portfolio Planning. *Financial Analysts Journal*, 51(1), 122-131. <https://doi.org/10.2469/faj.v51.n1.1868>
- Ross, S (1976). The Arbitrage Theory of Capital Asset Pricing. *Journal of Economic theory*, 13, 341-360. [https://doi.org/10.1016/0022-0531\(76\)90046-6](https://doi.org/10.1016/0022-0531(76)90046-6)
- Tobin, J. (1958). Liquidity Preference as Behavior Towards Risk. *The Review of Economic Studies*, 25 (2), 65-86. <https://doi.org/10.2307/2296205>
- Sharpe, W. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425-442. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1964.tb02865.x>
- Sharpe, W. (1963). A Simplified Model for Portfolio Analysis. *Management Science*, 9(2). 277-293. <https://doi.org/10.1287/mnsc.9.2.277>