



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

COMPROBACIÓN DEL MODELO CAPM. Caso práctico con entidades bancarias cotizadas.

Autor: Román Martín Gallego

Director: Óscar Díez

Clave: 201900804

Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado investiga la efectividad del Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM) en el sector bancario español, centrándose en el análisis de Banco Santander, BBVA, CaixaBank y Banco Sabadell. A través de un estudio empírico que cubre un amplio periodo temporal, se examina cómo el CAPM predice los rendimientos de estas entidades financieras en un contexto de variabilidad económica y política monetaria.

Utilizando una metodología cuantitativa y herramientas estadísticas avanzadas, se evalúan los componentes clave del CAPM, incluyendo los coeficientes beta (β) y el Alfa de Jensen (α), para determinar su precisión en la estimación de rendimientos ajustados al riesgo. Los resultados del análisis sugieren que, mientras el CAPM proporciona una base sólida para la evaluación del riesgo sistemático y los rendimientos esperados, existen limitaciones en su capacidad para capturar completamente los rendimientos reales debido a factores adicionales no considerados por el modelo.

El estudio concluye destacando la importancia del CAPM en el análisis financiero, al mismo tiempo que reconoce la necesidad de incorporar modelos complementarios y consideraciones macroeconómicas para una valoración más completa de los activos bancarios. Se sugiere la exploración futura de enfoques multifactoriales para mejorar la precisión y relevancia de las predicciones de rendimiento en el sector bancario.

Abstract

This Final Degree Project investigates the effectiveness of the Capital Asset Pricing Model (CAPM) in the Spanish banking sector, focusing on the analysis of Banco Santander, BBVA, CaixaBank, and Banco Sabadell. Through an empirical study covering a broad time period, it examines how the CAPM predicts the returns of these financial entities in a context of economic and monetary policy variability.

Utilizing a quantitative methodology and advanced statistical tools, the key components of the CAPM, including beta (β) coefficients and Jensen's Alpha (α), are evaluated to determine their accuracy in estimating risk-adjusted returns. The results of the analysis suggest that, while the CAPM provides a solid basis for the assessment of systematic risk and expected returns, there are limitations in its ability to fully capture actual returns due to additional factors not considered by the model.

The study concludes by highlighting the importance of the CAPM in financial analysis, while also recognizing the need to incorporate complementary models and macroeconomic considerations for a more complete valuation of banking assets. Future exploration of multifactorial approaches is suggested to improve the accuracy and relevance of performance predictions in the banking sector.

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Justificación	1
1.2. Descripción del problema	2
1.3. Motivación.....	3
1.4. Solución	4
1.5. Organización del documento	5
2. Marco teórico	6
2.1. Teoría de Gestión de carteras de Markowitz	6
2.1.1. Fundamentos de la Gestión de Carteras de Markowitz	6
2.1.2. Impacto y aplicación en el mundo de las finanzas	7
2.1.3. Críticas a la teoría.....	8
2.2. Modelo CAPM.....	8
2.2.1. Fundamentos del CAPM:	9
2.2.2. La Línea del Mercado de Valores (SML).....	11
2.2.3. Evaluación de Activos con la SML	11
2.2.4. Limitaciones y Críticas.....	12
2.3. Fama French Modelo de 3 Factores.....	13
3. Definición del Proyecto.....	15
3.1. Hipótesis	15
3.2. Objetivos.....	15
3.3. Asunciones.....	15
3.4. Restricciones.....	16
4. Sección de experimentos.....	17
4.1. Análisis de datos	17
4.1.1. Selección de variables	17
4.1.2. Limpieza y transformación de datos.....	19
4.2. Metodología.....	20

4.2.1.	Formulación de hipótesis.....	20
4.2.2.	Desarrollo del algoritmo.....	21
4.3.	Análisis de resultados	23
4.3.1.	Análisis de resultados de β	24
4.3.2.	Análisis de resultados de α	26
5.	Discusión y conclusiones.....	29
	Declaración por el uso de la Inteligencia Artificial.....	31
	Bibliografía.....	32

Índice de tablas

Tabla 1. β estimada de cada entidad bancaria según el índice de referencia empleado	24
Tabla 2. Desviación estándar de la β por entidad bancaria según el índice de referencia empleado	25
Tabla 3. T-valor de la β por entidad bancaria según el índice de referencia empleado	25
Tabla 4. P-valor de la β por entidad bancaria según el índice de referencia empleado.....	26
Tabla 5. Alfa de Jensen (%) por entidad bancaria según el índice de referencia empleado.....	27
Tabla 6. Desviación estándar del α por entidad bancaria según el índice de referencia empleado	27
Tabla 7. Desviación estándar del α como % del valor estimado del mismo	28
Tabla 8. T-valor asociado al α por entidad bancaria según el índice de referencia empleado	28
Tabla 9. P-valor asociado al α por entidad bancaria según el índice de referencia empleado	28

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Gráfico ilustrativo de Regresión Lineal para el Cálculo de Beta con Rf de 5%. ..	10
Ilustración 2. Gráfico ilustrativo de la SML.....	12
Ilustración 3. Cotización ajustada en base 100 de las entidades bancarias estudiadas.....	18
Ilustración 4. Cotización ajustada en base 100 de los índices de referencia utilizados en la investigación	19

Capítulo 1

Introducción

1.1. Justificación

El Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM), ideado en la década de 1960, representa un hito en la teoría financiera, ofreciendo una estructura esencial para comprender y cuantificar la relación entre el riesgo y el rendimiento de los activos financieros. A lo largo de los años, el CAPM ha sido ampliamente aceptado por su sencillez y utilidad, convirtiéndose en una herramienta estándar en la toma de decisiones de inversión y en la valoración de activos financieros (Hunanyan, 2019).

El CAPM, desarrollado inicialmente por Sharpe, Lintner y Mossin, postula que el rendimiento esperado de un activo es una función del activo libre de riesgo y de la prima de riesgo del mercado, ajustada por el riesgo específico del activo, conocido como β . Esta relación lineal entre el riesgo y el rendimiento ha sido objeto de intensos debates y estudios empíricos. La pregunta central ha sido si el CAPM es capaz de capturar adecuadamente la realidad del mercado y si puede explicar de manera efectiva la variabilidad en los rendimientos de los activos (Jayaweera M. Nishantha, 2018).

En su forma original, el CAPM ha sido criticado por su dependencia en supuestos teóricos idealizados que a menudo no se cumplen en la práctica. Por ejemplo, el modelo asume la existencia de un mercado de capitales perfecto, sin costos de transacción, y que todos los inversores tienen el mismo horizonte temporal y acceso a la misma información. Estos supuestos han sido cuestionados, ya que los mercados reales suelen ser imperfectos y los inversores tienen diferentes actitudes y restricciones (Sakouvogui & Nganje, 2019). A pesar de estas críticas, el CAPM sigue siendo un modelo influyente y ampliamente utilizado en la práctica financiera. Su simplicidad y la facilidad con la que se pueden estimar sus parámetros lo hacen atractivo para los profesionales de las finanzas. Sin embargo, la validez empírica del CAPM ha sido mixta. Algunos estudios han encontrado que el modelo puede explicar la variación en los rendimientos de los activos, mientras que otros han resaltado sus limitaciones y han propuesto modelos alternativos o extensiones (Okumu & Onyuma, 2015).

El objetivo principal de este Trabajo de Fin de Grado es investigar la efectividad del Modelo de Valoración de Activos de Capital para explicar los rendimientos ajustados al riesgo en el sector bancario español, con un enfoque particular en cuatro entidades bancarias: Banco Santander, BBVA, CaixaBank, y Banco Sabadell.

1.2. Descripción del problema

El CAPM representa un pilar fundamental en la teoría financiera moderna, proporcionando un marco para comprender la relación entre el riesgo y el retorno de los activos. Este modelo, centrado en el coeficiente β , busca explicar cómo el riesgo sistemático de un activo influye en su retorno esperado. Sin embargo, la aplicación empírica del CAPM y la estimación de beta enfrentan desafíos significativos, desatando un debate continuo en la comunidad académica. Las críticas apuntan hacia problemas tanto en la metodología de cálculo como en las premisas subyacentes del modelo.

Uno de los componentes más críticos y debatidos dentro del CAPM es la estimación del coeficiente β , esencial para comprender el vínculo entre el retorno esperado de un activo y su riesgo sistemático. Las metodologías empleadas para determinar β enfrentan cuestionamientos por varias razones. Primero, la práctica de utilizar índices bursátiles como sustitutos del portfolio de mercado ha sido criticada por su potencial ineficiencia. Estos índices, que a menudo no reflejan fielmente el mercado total, pueden conducir a estimaciones inexactas de β , socavando la validez del modelo (Azimova, 2020). Además, la variabilidad en los intervalos de retorno seleccionados para el análisis influye significativamente en la estimación de β . Aquino (2016) resalta que intervalos más cortos pueden incrementar el número de observaciones, pero también introducen un sesgo en la estimación, cuestionando así la precisión del modelo. Finalmente, la volatilidad del mercado y los cambios en las condiciones económicas pueden alterar la estabilidad del coeficiente a lo largo del tiempo, lo que Alhabeeb (2020) señala como un factor crucial que afecta la fiabilidad del CAPM.

La aplicabilidad del CAPM para explicar los rendimientos de los activos en distintos mercados es otro aspecto que ha suscitado intensa investigación. Aunque el modelo ha mostrado su utilidad en algunos mercados desarrollados, su eficacia en mercados emergentes y en desarrollo presenta serias dudas. Estudios realizados en contextos como el mercado de valores de Sri Lanka y Nairobi han revelado que el CAPM no logra explicar de manera adecuada los rendimientos de las acciones en estas regiones (Rathnasekara, 2017; Bertin, 2016). Las características particulares de estos mercados, como su menor eficiencia, elevada volatilidad y diferencias en la estructura de los inversores, desafían los supuestos básicos del CAPM, limitando su precisión. Además, la suposición del modelo de que los mercados son completamente eficientes y de que todos los inversores tienen acceso uniforme a la información relevante no siempre se cumple, especialmente en mercados menos desarrollados. Chowdhury (2021) señala que estas divergencias en las condiciones del mercado pueden llevar a que el CAPM subestime o sobreestime el riesgo asociado a un activo, resultando en valoraciones imprecisas. Por esta razón, aunque el CAPM continúa siendo una herramienta valiosa en teoría financiera, su aplicación práctica en mercados variados requiere un análisis minucioso y adaptado al contexto específico.

Otro factor determinante es la relación entre riesgo y retorno esperado, un pilar fundamental de este modelo, que también ha sido objeto de amplio debate en la literatura financiera. Existen interrogantes sobre si esta relación es consistentemente lineal y positiva, tal como lo predice el modelo. Investigaciones como la de Potisawang (2019) ponen en duda su capacidad predictiva uniforme, sugiriendo variaciones en función del contexto del mercado y del activo específico. Por otro lado, Rossi (2016) critica las suposiciones del modelo, consideradas poco realistas para aplicaciones empíricas. Estudios adicionales, como los de Wan (2021) y Doppegieter (2015), han identificado anomalías en la relación riesgo-retorno predicha por el CAPM. Observaciones de rendimientos ajustados por riesgo superiores en empresas más pequeñas, por ejemplo, contradicen las predicciones del modelo. De manera similar, Raza, Hasan, y Rashid (2019) argumentan que, en mercados emergentes, donde las características del mercado

divergen significativamente de los supuestos del CAPM, la relación entre riesgo y retorno puede ser más compleja y no lineal, desafiando así la generalización del modelo, tal y como se ha mencionado anteriormente.

Otra crítica fundamental al CAPM es la posible omisión de variables relevantes que podrían influir en la valoración de activos. Esta omisión puede conducir a un sesgo en las estimaciones del modelo y, por ende, a valoraciones incorrectas. Kim & Kim (2016) sugieren que el CAPM podría no considerar aspectos esenciales como la volatilidad variable a lo largo del tiempo, un factor crítico en la dinámica del mercado. Del mismo modo, características específicas de los activos individuales, tales como su liquidez o la estructura del mercado en el que operan, pueden tener un impacto significativo en su rendimiento, como indican Jegadeesh et al. (2016). Además, Aljandali & Tatahi (2018) destacan que factores adicionales más allá del riesgo sistemático medido por la β , como el riesgo de liquidez, el tamaño de la empresa y otros factores macroeconómicos, podrían ser cruciales para explicar los rendimientos de los activos.

La prueba de la validez del modelo en diferentes configuraciones de mercado y con diversas metodologías ha generado resultados mixtos, lo que refleja la ausencia de un consenso en la literatura financiera sobre su validez universal. Chen et al. (2022) ilustran cómo los esfuerzos por validar el CAPM han enfrentado obstáculos significativos, originados tanto en la diversidad de los mercados financieros como en las variaciones metodológicas empleadas. Estos desafíos resaltan la complejidad inherente en la aplicación del modelo, sugiriendo que su eficacia puede ser contextual y dependiente de factores específicos del mercado. Esta falta de consenso cuestiona su aplicabilidad universal y también impulsa la búsqueda continua de modelos alternativos o complementarios que puedan ofrecer una mejor comprensión de la relación entre riesgo y retorno en diversos entornos financieros.

Los desafíos que enfrenta el Modelo de Valoración de Activos de Capital son multifacéticos y destacan la complejidad de aplicar teorías financieras en el mundo real. Desde las críticas a la estimación del coeficiente β hasta las cuestiones sobre la validez del modelo en diferentes mercados y la omisión de variables relevantes, estos desafíos subrayan las limitaciones del CAPM. Aunque sigue siendo un marco teórico valioso, es evidente que su aplicación práctica requiere de un estudio más matizado, considerando las especificidades de cada mercado y la posibilidad de integrar otros factores en el análisis de riesgo y retorno. El debate continuo en la literatura financiera cuestiona la aplicabilidad universal del CAPM, además de fomentar la evolución y el refinamiento de las teorías financieras.

1.3. Motivación

El interés en verificar y comprender el modelo de CAPM surge de múltiples factores clave, reflejando tanto el deseo de avanzar en el conocimiento teórico como la necesidad de aplicar este conocimiento en la práctica financiera.

La evolución continua de las técnicas estadísticas, junto con los avances significativos en la capacidad computacional, ha revolucionado la manera en que se examinan y validan modelos financieros como el CAPM. Estos desarrollos tecnológicos han permitido la aplicación de regresiones estadísticas avanzadas y otros métodos analíticos complejos, facilitando una evaluación más profunda y rigurosa del modelo. La capacidad de procesar grandes volúmenes de datos y de simular diversos escenarios del mercado ha mejorado notablemente la precisión y la relevancia de los estudios sobre el CAPM.

Una de las principales motivaciones de este estudio es la mejora de la precisión en la valoración de activos financieros. Comprender y validar adecuadamente el CAPM tiene

implicaciones directas en la formulación de estrategias de inversión más efectivas y en la asignación de recursos en los mercados financieros. Al profundizar en cómo el CAPM calcula el riesgo y predice los retornos, los inversores y gestores de carteras pueden tomar decisiones más informadas y ajustadas al riesgo.

Otro aspecto crucial de esta investigación es su contribución al desarrollo de modelos financieros más robustos y completos. Al identificar las limitaciones y posibles omisiones en el CAPM, este estudio aspira a enriquecer la teoría financiera actual, proponiendo mejoras o alternativas al modelo existente. Reconociendo la complejidad y la dinámica cambiante de los mercados financieros, se busca determinar la necesidad de incorporar una gama más amplia de factores de riesgo y características del mercado.

Al abordar el CAPM desde una perspectiva crítica y detallada, el estudio se propone cerrar la brecha entre la teoría y la práctica, proporcionando una visión integral que beneficia tanto al ámbito académico como al profesional.

1.4. Solución

En la búsqueda de respuestas a las complejidades del CAPM, la presente sección se enfoca en la aplicación de una metodología específica: los modelos de regresión lineal simple. Esta técnica no solo ofrece claridad y una interpretación directa de los datos, sino que también es fundamental para analizar la relación entre el riesgo y el rendimiento de activos financieros específicos. Al centrarnos en esta metodología, pretendemos desentrañar cómo el coeficiente β de estos activos se relaciona con su rendimiento, alineándonos con los principios fundamentales del CAPM.

La regresión lineal simple se presenta como una herramienta poderosa para examinar la relación entre el riesgo y el rendimiento de activos financieros en el marco del CAPM. Esta metodología permite una interpretación clara y directa de cómo la β de un activo influye en su rendimiento esperado. Al aplicar este enfoque, buscamos descifrar si el CAPM proporciona una representación precisa de la realidad financiera, además, la simplicidad de la regresión lineal facilitará la comprensión de los resultados, al ser un modelo muy explicativo.

Para una evaluación efectiva del CAPM, se seleccionarán cuatro activos financieros distintos, cuyo análisis proporcionará una visión comparativa sobre la aplicabilidad y precisión del modelo. Esta selección intencionada tiene como objetivo comprender de una manera más precisa cómo el CAPM funciona en la práctica. Al analizar estos cuatro activos, además de examinar la validez del modelo en sí, también exploraremos las variaciones en su eficacia y precisión bajo diferentes condiciones de mercado. Este análisis comparativo resulta importante para obtener una perspectiva más completa y matizada sobre la robustez y la generalizabilidad del CAPM.

Para la correcta comprobación del modelo, se realizará la evaluación de la relación riesgo-retorno de cada activo seleccionado realizada mediante la aplicación de la regresión lineal simple, como se ha mencionado anteriormente. Este proceso incluirá el cálculo de los coeficientes β para cada activo y su posterior comparación con los rendimientos históricos. Esta metodología nos permitirá evaluar si el CAPM predice efectivamente los rendimientos esperados basados en el nivel de riesgo de cada activo. La precisión de estos cálculos es vital para determinar la fiabilidad del modelo en la valoración de activos y en la predicción de sus rendimientos futuros. Al examinar la relación entre el riesgo y el retorno, buscamos comprobar la hipótesis central del CAPM y su aplicabilidad en condiciones de mercado realistas y variadas.

Una vez completado el análisis, la interpretación de los resultados será un paso esencial. Esta fase del estudio va más allá de la mera aplicación de fórmulas y cálculos; se trata de comprender cómo las conclusiones del CAPM se alinean o divergen de la realidad financiera. La interpretación de los datos buscará proporcionar perspectivas valiosas sobre la eficacia del modelo en diferentes contextos de mercado y ofrecer recomendaciones para futuras investigaciones.

1.5. Organización del documento

El presente Trabajo de Fin de Grado se estructura en cinco capítulos. Después de esta introducción inicial, el capítulo 2 resume la investigación existente sobre las teorías fundamentales anteriores y posteriores al CAPM, así como limitaciones y críticas que puedan tener esas mismas. El capítulo 3 expone la definición del proyecto, donde se explica la hipótesis, los objetivos además de asunciones y limitaciones que hayan existido en la investigación. Posteriormente, en el capítulo 4, a través de la sección de experimentos se transita del marco conceptual a la práctica investigativa, abordando el análisis de datos, la metodología empleada, y la evaluación de los resultados. Por último, se cierra con el capítulo 5, en el que concluye con una discusión que conecta los hallazgos obtenidos con posibles líneas de investigación futuras.

Capítulo 2

Marco teórico

2.1. Teoría de Gestión de carteras de Markowitz

La Teoría de Gestión de Carteras, desarrollada por Harry Markowitz en 1952, marcó un hito en el mundo de las finanzas y la inversión. Antes de su trabajo, la inversión se enfocaba en el análisis individual de activos. Markowitz introdujo un enfoque revolucionario, enfatizando la importancia de la diversificación y la correlación entre activos en una cartera. Este cambió la forma en que los inversores y los gestores de carteras evaluaban los activos financieros, además de asentar las bases para futuras innovaciones y estrategias en el manejo de inversiones. Antes de la introducción de la teoría de Markowitz, la inversión se centraba en el análisis individual de cada activo. Los inversores evaluaban acciones, bonos y otros activos financieros de forma aislada, tomando en cuenta factores como el rendimiento histórico, la salud financiera de la empresa y las perspectivas del sector. Este enfoque, aunque útil, no consideraba la interacción entre diferentes inversiones dentro de una cartera. Según Jose (2017), este enfoque unidimensional no ofrecía una visión completa del potencial de una cartera y sus riesgos inherentes.

La contribución de Harry Markowitz al campo de la gestión de carteras se centra en dos conceptos revolucionarios: la diversificación y la correlación entre activos. Anteriormente, la inversión se enfocaba en la rentabilidad de los activos de forma individual. Markowitz cambió este enfoque al demostrar que la combinación de activos con correlaciones bajas o negativas podría reducir significativamente el riesgo de la cartera sin sacrificar el rendimiento esperado. Su trabajo resaltó la importancia de considerar cómo los activos se mueven juntos, o en oposición, en diferentes condiciones de mercado. Markowitz introdujo un modelo cuantitativo para la selección de carteras que equilibraba el riesgo y el retorno. Este modelo, descrito en su artículo de 1952, permitía a los inversores calcular la combinación óptima de activos al evaluar tanto el rendimiento esperado como la volatilidad (Markowitz, 1952).

2.1.1. Fundamentos de la Gestión de Carteras de Markowitz

El concepto moderno de gestión de carteras, como mencionado anteriormente, fue revolucionado por el innovador artículo de Harry Markowitz, "Portfolio Selection", publicado en 1952. Este trabajo, ha marcado un antes y un después en la teoría y práctica de la inversión

financiera (Markowitz, 1952). En el corazón de su teoría yace la convicción de que el rendimiento de una inversión debe ser evaluado no solo por su potencial de ganancia, sino también por el nivel de riesgo que conlleva, siendo la volatilidad uno de los indicadores primordiales de este riesgo. Esta volatilidad, que refleja la variabilidad en el precio de un activo, emerge como un factor crucial al considerar la incertidumbre o la probabilidad de desviaciones del rendimiento esperado. La propuesta de Markowitz (1952) enfatiza que el riesgo y el rendimiento son dos caras de la misma moneda, inseparables al momento de construir una cartera de inversión.

La teoría de Markowitz va más allá al abogar por la diversificación como estrategia clave para minimizar el riesgo de una cartera. La idea es que una cartera compuesta por una variedad de activos tiene menor probabilidad de sufrir pérdidas simultáneas debido a la baja correlación entre los rendimientos de esos activos (Markowitz, 1952). Este principio se sustenta en la noción de que, al combinar activos con correlaciones bajas o negativas, los movimientos de precio de un activo pueden ser neutralizados por movimientos opuestos en otro, mitigando así el riesgo global. La selección de activos, en consecuencia, debería guiarse por su correlación mutua, favoreciendo aquellos cuya relación inversa pueda contribuir a la diversificación efectiva de la cartera.

Este enfoque cuantitativo, centrado en la media y la varianza de los retornos de la cartera, además de facilitar un marco para el análisis y la construcción de carteras más sofisticadas, también transformó radicalmente el paradigma de inversión. Antes de Markowitz, la selección de activos se realizaba de manera aislada, sin considerar la importancia de la correlación entre los activos. La teoría de Markowitz argumenta que la construcción de una cartera no debe orientarse únicamente a maximizar los retornos esperados sino también a minimizar el riesgo asociado (Markowitz, 1952). Este riesgo se define no solo por la posibilidad de que un activo individual fluctúe en precio, sino también por cómo la variabilidad de los precios de los activos afecta la cartera en su conjunto. Al integrar estos conceptos, Markowitz proporcionó una base sólida para la gestión de carteras que ha perdurado a lo largo de las décadas. Su teoría subraya la importancia de una visión holística en la inversión, donde la diversificación y el análisis riguroso de la correlación entre activos se convierten en herramientas fundamentales para el inversor moderno (Mangram, 2013). A través de su enfoque, Markowitz además de revolucionar la manera en que los inversores evalúan el riesgo y el rendimiento, también estableció un nuevo estándar para la construcción de carteras eficientes, adaptadas a las necesidades y perfiles de riesgo de cada inversor.

2.1.2. Impacto y aplicación en el mundo de las finanzas

Como señala Castañeda (2012), su teoría dio lugar a la creación de fondos de inversión diversificados y estrategias de asignación de activos más sofisticadas. Antes de Markowitz, la diversificación no se entendía ni se aplicaba con la precisión que su modelo permitió. Además, el trabajo de Markowitz influyó en el desarrollo de modelos financieros más avanzados. La Teoría del Precio de Opción de Black-Scholes y el Modelo de Valoración de Activos Financieros (CAPM), por ejemplo, se basan en los principios establecidos por Markowitz. Estos modelos, fundamentales en las finanzas modernas, tienen sus raíces en la comprensión de la relación entre riesgo y retorno que Markowitz desarrolló.

Esta teoría sigue siendo un pilar en la gestión de inversiones contemporánea. Ha evolucionado para convertirse en una herramienta esencial para los gestores de fondos, inversores institucionales y asesores financieros. Según Širůček y Křen (2017), la teoría permite a los inversores diseñar carteras que se alineen con su tolerancia al riesgo y sus objetivos de inversión. Esta capacidad de personalización y adaptación a diferentes perfiles de riesgo ha hecho que la teoría de Markowitz sea de utilidad en la práctica financiera actual. Los principios establecidos

por Markowitz se han integrado en las herramientas de software y en los enfoques analíticos que utilizan los profesionales de las finanzas hoy en día. Estos principios ayudan a evaluar las carteras de inversión y a desarrollar estrategias que optimicen el equilibrio entre riesgo y retorno, teniendo en cuenta la correlación entre diferentes tipos de activos. Por esta razón, la teoría de Markowitz sigue siendo fundamental en la toma de decisiones de inversión informada de la actualidad (Zimmerman et al., 2012).

2.1.3. Críticas a la teoría

Un aspecto crítico de la teoría de Markowitz es su alta sensibilidad a la calidad de los datos de entrada. Como destaca Breaking Down Finance (s.f.), la precisión de los retornos esperados, las varianzas y las correlaciones es fundamental para obtener resultados fiables. Los errores en estos datos pueden llevar a conclusiones engañosas, un problema comúnmente descrito como "basura entra, basura sale".

Otra crítica señala que la teoría a menudo identifica carteras eficientes que están altamente concentradas en ciertas clases de activos, lo que puede contradecir la noción de diversificación práctica. Esta concentración puede aumentar el riesgo, en lugar de reducirlo, especialmente si las clases de activos seleccionadas experimentan una volatilidad inesperada. Además, como marco de un solo periodo, no considera los flujos de efectivo intermedios ni la correlación serial, ignorando los costos y beneficios potenciales de reequilibrar la cartera (Breaking Down Finance, s.f.).

Por otro lado, la teoría de Markowitz se centra en los dos primeros momentos de la distribución (media y varianza) y tiende a ignorar la asimetría y la curtosis. Esto es una limitación, ya que los retornos de los activos no siempre siguen una distribución normal y a menudo muestran exceso de curtosis y asimetría negativa, factores importantes en la evaluación del riesgo (Breaking Down Finance, s.f.).

Por último, la teoría también ha sido criticada por no considerar que los inversores a menudo crean carteras para pagar obligaciones futuras, lo que podría requerir un enfoque diferente en la selección de activos (Breaking Down Finance, s.f.).

2.2. Modelo CAPM

El Modelo de Valoración de Activos de Capital (Capital Asset Pricing Model, CAPM, por sus siglas en inglés) fue desarrollado en la década de 1960, este modelo representa un hito fundamental en la gestión de inversiones, articulando una relación cuantitativa entre el rendimiento esperado de un activo y su nivel de riesgo. Este modelo, que se basa en los principios de la teoría de cartera propuesta por Harry Markowitz en 1952, fue elucidado y ampliado por académicos como Sharpe (1964), Lintner (1965) y Black (1972). Desde su concepción, el CAPM se ha mantenido como un marco teórico esencial, orientando a los participantes del mercado en los procesos de evaluación e inversión y en la asignación óptima de recursos financieros, tal y como lo destacan Fama y French (1992).

2.2.1. Fundamentos del CAPM:

El CAPM se sustenta en la premisa de que los inversores, considerados actores racionales en el marco de la teoría económica, buscan maximizar la utilidad esperada de sus carteras de inversión. Esta asunción de racionalidad presupone que las decisiones de inversión se toman con base en la información disponible y están orientadas a alcanzar el máximo rendimiento posible, ajustado al riesgo. En este contexto, la hipótesis de los mercados eficientes juega un rol crucial. Tal como Marta Gimeno (2014) expone, en un mercado eficiente, se asume que los precios de los activos financieros reflejan una valoración precisa de su valor teórico, calculado a partir del valor presente de los flujos de efectivo futuros. Esta eficiencia del mercado es lo que permite que se establezca un equilibrio en el que los precios en el mercado representen con exactitud el valor real de los activos.

Un componente adicional y crítico del CAPM es la aversión al riesgo inherente a los inversores. Este modelo presupone que los inversores, al ser adversos al riesgo, requieren una compensación adicional para asumir riesgos en sus inversiones. Este principio, enfatizado por Mossin (1966), establece la base para comprender la relación directa entre el riesgo y el rendimiento de un activo, que es central en el modelo. Además, el CAPM introduce la idea de un activo libre de riesgo en el mercado financiero, generalmente representado por bonos gubernamentales, cuyo rendimiento se considera como la tasa de interés libre de riesgo. Esta tasa es un componente esencial para el cálculo de los rendimientos esperados de los activos más riesgosos, según lo describe Fama (1973).

Continuando con la exploración del Modelo de Valoración de Activos Financieros, es crucial destacar la introducción del concepto de β , un componente esencial en la evaluación del riesgo. La β de un activo, como describió Lintner (1965), mide la sensibilidad del rendimiento de dicho activo a los movimientos del mercado en su conjunto. Esta medida de sensibilidad se calcula mediante una fórmula específica que establece la relación entre el rendimiento del activo y el rendimiento del mercado.

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{Var(R_m)}$$

Donde:

- $Cov(R_i, R_m)$ es la covarianza entre el retorno del activo i y el retorno del mercado.
- $Var(R_m)$ es la varianza del retorno del mercado.

La utilidad de la β se visualiza eficazmente mediante un gráfico de regresión lineal, que contrasta el retorno de un activo específico con el retorno del mercado. La pendiente de la línea de regresión en este gráfico indica el valor de beta del activo. Un valor de beta superior a 1 implica que el activo es más volátil que el mercado global, mientras que un valor inferior a 1 sugiere una volatilidad menor. Un valor de β exactamente igual a 1 indica un activo cuyo comportamiento es equivalente al del mercado (Luque, s. f.). A continuación, se ve representado en este gráfico la relación lineal entre la prima de riesgo del mercado y el retorno en exceso (por encima del risk free) de un activo.

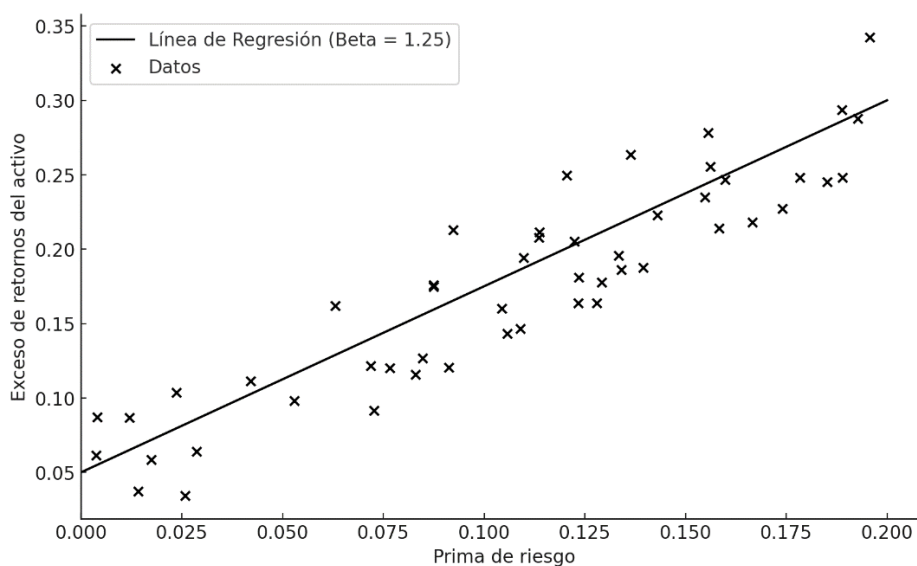


Ilustración 1. Gráfico ilustrativo de Regresión Lineal para el Cálculo de Beta con R_f de 5%.

Fuente: Elaboración propia

En el gráfico ilustrativo, la pendiente de la línea de regresión señala el valor de β del activo. Por ejemplo, un valor de beta de 1.25 indica una volatilidad un 25% mayor que la del mercado. El CAPM postula que el retorno esperado de un activo debe ser igual al retorno de un activo libre de riesgo más una prima de riesgo que compensa a los inversores por el riesgo adicional asumido. Esta relación se expresa mediante una fórmula específica, delineando claramente la compensación por el riesgo.

$$R_i = R_f + \beta_i \times (R_m - R_f)$$

Donde:

- R_i es el retorno esperado del activo i .
- R_f es el retorno del activo libre de riesgo.
- β_i es la beta del activo i , que mide su riesgo sistemático.
- R_m es el retorno esperado del mercado.

Como bien nos explican (Gárate & Laura Pérez, 2019) la tasa R_f representa el rendimiento ofrecido por un activo considerado libre de riesgo, y está sujeto a las condiciones vigentes del mercado. La expresión $(R_m - R_f)$ corresponde a la prima de riesgo del mercado, que denota el rendimiento adicional proporcionado a los inversores como compensación por asumir cierto nivel de riesgo. Por último, el coeficiente β_i determina, como se mencionó previamente, la sensibilidad del activo a las fluctuaciones del mercado, indicando la volatilidad del título en relación con los movimientos del mercado.

El CAPM establece una relación cuantitativa entre el rendimiento anticipado de un activo y el nivel de riesgo asociado. Esta relación se expresa a través de la Línea del Mercado de Valores (Security Market Line, SML, por sus siglas en inglés), que es una representación gráfica de la ecuación del CAPM. La SML proporciona una herramienta visual para evaluar el rendimiento esperado de un activo basado en su beta y el riesgo sistemático del mercado (Corporate Finance Institute, s.f.).

2.2.2. La Línea del Mercado de Valores (SML)

La Línea del Mercado de Valores (Security Market Line, SML, por sus siglas en inglés) es un componente crucial en el CAPM. Representada gráficamente como una línea recta, la SML traza el rendimiento esperado de un activo en relación con su beta β . La pendiente de esta línea es igual a la prima de riesgo del mercado, reflejando el rendimiento adicional que los inversores anticipan al mantener un activo riesgoso en comparación con uno libre de riesgo. Esta relación matemática es fundamental para entender cómo el mercado compensa el riesgo asumido por los inversores (Corporate Finance Institute, s.f.). Es importante destacar la diferencia entre riesgo sistemático y no sistemático en este contexto. La Línea del Mercado de Valores (SML) en el CAPM se enfoca específicamente en el riesgo sistemático, que es el riesgo asociado con el mercado en su conjunto y no puede ser diversificado. Esto incluye factores como las fluctuaciones económicas globales o los cambios en las políticas gubernamentales que afectan a todos los activos. Por otro lado, el riesgo no sistemático, que es específico de una empresa o un activo individual, puede ser mitigado a través de una diversificación efectiva en una cartera de inversiones. El CAPM asume que los inversores han diversificado sus carteras para eliminar el riesgo no sistemático y, por lo tanto, solo se compensa el riesgo sistemático (Pedram Nezafat, 2023).

En el gráfico de la SML, el punto donde la línea intercepta el eje vertical indica la tasa libre de riesgo (Risk free, R_f , por sus siglas en inglés). Este punto representa el rendimiento esperado de un activo con un riesgo sistemático nulo, como sería el caso de un bono gubernamental considerado libre de riesgo. Este punto de intersección es crucial, ya que actúa como referencia para determinar la compensación adicional que los inversores deberían recibir por asumir riesgos adicionales en el mercado financiero (Corporate Finance Institute, s.f.).

2.2.3. Evaluación de Activos con la SML

La SML se utiliza como una herramienta de referencia esencial para la evaluación del rendimiento de activos individuales en el mercado. Si un activo se ubica por encima de la SML, indica que está proporcionando un rendimiento esperado más alto en relación con su nivel de riesgo, lo cual lo hace una opción de inversión atractiva. Por otro lado, un activo situado por debajo de la SML podría considerarse como sobrevalorado dada su relación riesgo-rendimiento. Esta herramienta es fundamental para guiar a los inversores en la asignación estratégica de capital entre diferentes opciones de inversión en el mercado (CFI Team, s.f.). Es importante entender que, en un mercado perfectamente eficiente, todos los activos deberían alinearse exactamente con esta línea, indicando que están proporcionando el rendimiento esperado adecuado para su nivel de riesgo. Desviaciones de esta línea sugerirían anomalías o ineficiencias de mercado, las cuales, bajo las estrictas condiciones del CAPM, no deberían existir. En la siguiente figura se puede apreciar lo explicado previamente de forma gráfica, donde se ve representado el portafolio del mercado en $\beta = 1$, siendo en ese caso concreto $E(R_i) = E(R_m)$.

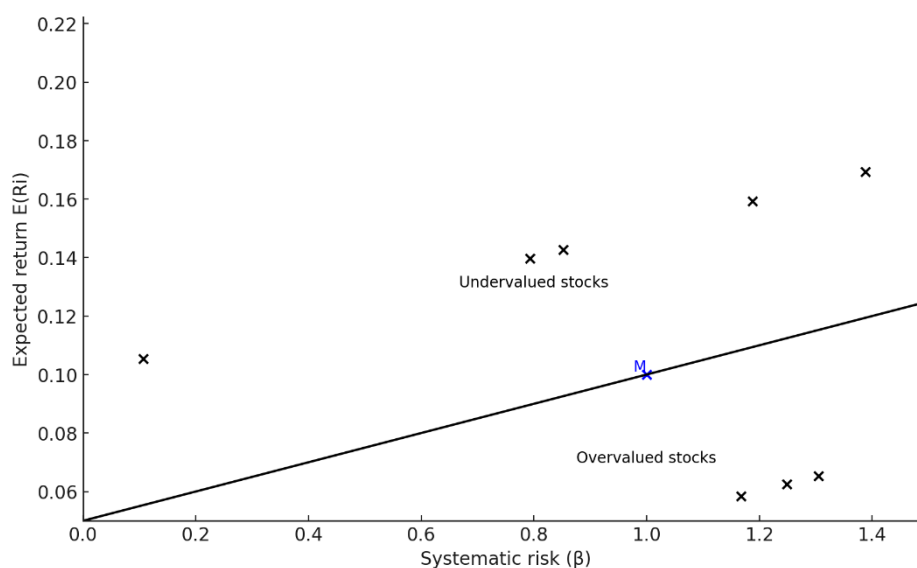


Ilustración 2. Gráfico ilustrativo de la SML

Fuente: Elaboración propia

2.2.4. Limitaciones y Críticas

El Modelo de Valoración de Activos de Capital ha demostrado ser una herramienta útil en la estimación del rendimiento esperado de activos financieros. No obstante, es crucial examinar sus limitaciones, que revelan aspectos significativos sobre su aplicabilidad en escenarios prácticos.

Una crítica fundamental se enfoca en la naturaleza teórica y no observable del portfolio de mercado, representando un desafío considerable en su medición y aplicación práctica. Este portfolio, esencial en el CAPM, se distingue por ser teóricamente ideal pero prácticamente inobservable. Incluiría una vasta gama de activos, abarcando desde bienes raíces hasta metales preciosos, colecciones de sellos y joyas. La inobservabilidad de las tasas de retorno de estas diversas oportunidades de inversión constituye una barrera significativa para la aplicación empírica del CAPM (Chiarella, Dieci, & He, 2010). Por ende, la teoría del CAPM enfrenta un desafío notable en términos de verificabilidad empírica. La imposibilidad de observar y cuantificar el rendimiento de un portfolio que englobe todas las opciones de inversión disponibles plantea un problema intrínseco en la validación empírica del modelo. Esto suscita interrogantes críticos sobre si el CAPM refleja con precisión la realidad financiera y su relevancia como modelo.

Adicionalmente, se cuestiona la premisa central del CAPM de que el riesgo de un activo se limita a su covarianza con el mercado. A raíz de esta afirmación, surge la siguiente duda: ¿Es esta una forma efectiva de medir el riesgo de un activo? Este cuestionamiento introduce un desafío significativo para la aplicación práctica del CAPM, poniendo en duda su capacidad para capturar las complejidades y dinámicas del mercado financiero real. Aunque el modelo ofrece un marco conceptual útil para estimar rendimientos esperados, su dependencia de la covarianza como único indicador de riesgo podría no reflejar completamente la complejidad de la realidad financiera. En situaciones donde factores relevantes para la evaluación del riesgo no se reflejan adecuadamente en la covarianza, el CAPM podría mostrar limitaciones en su capacidad predictiva (Brennan & Subramanyam, 1996; Dimson, 1979).

El CAPM, basado en una serie de hipótesis que simplifican la realidad, ha sido objeto de críticas por su posible desconexión con la realidad, generando debates y revisiones continuas. Según Pedram Nezafat (2023), en un escenario hipotético donde se cumplan rigurosamente estas premisas y el mercado opere con total eficiencia, se esperaría que todos los activos se alineen perfectamente con la Línea del Mercado de Valores (SML). Estas suposiciones incluyen la aversión al riesgo de los inversores, la maximización de la utilidad esperada de su riqueza al final del período, expectativas homogéneas sobre los rendimientos conjuntos de los activos, la existencia de un activo libre de riesgo, la fijación de cantidades de activos y su capacidad de negociación y divisibilidad, la ausencia de fricciones en los mercados de activos y la disponibilidad instantánea y sin costos de información para todos los participantes del mercado, así como la inexistencia de impuestos, regulaciones y restricciones en las ventas en corto. Sin embargo, en la realidad, la presencia de costos de transacción, la diversidad de opiniones y enfoques entre los inversores, y otros factores desafían estas suposiciones, limitando la aplicabilidad del modelo en prácticas de mercado reales (Chiarella, Dieci, & He, 2010).

2.3. Fama French Modelo de 3 Factores

El Modelo CAPM ha sido una piedra angular en la teoría financiera, proporcionando un marco para la valoración de activos y la gestión de riesgos. Sin embargo, ha enfrentado críticas significativas por su incapacidad para explicar completamente las variaciones en los retornos de los activos.

En respuesta a las limitaciones explicadas anteriormente, Fama y French (1992) cuestionaron la eficacia del CAPM, más concretamente se centraron en la premisa de que el riesgo de mercado sea medido por la beta del activo. Ellos argumentaron que este modelo no explica suficientemente las anomalías observadas en los retornos de los activos. Para superar estas limitaciones, Fama y French (1993) introdujeron un modelo multifactorial que incorpora tres factores de riesgo específicos: el riesgo de mercado, el tamaño de la empresa y la relación precio-valor contable. Este modelo propone que, además del riesgo de mercado (capturado por la β del CAPM), los factores de tamaño de la empresa (Small Minus Big, SMB) y la relación precio-valor contable (High Minus Low, HML) son predictores significativos del rendimiento de los activos (Fama & French, 1993). Según Fama y French, las empresas más pequeñas y aquellas con altos ratios de valor contable a precio de mercado tienden a ofrecer mayores rendimientos ajustados al riesgo, proporcionando una nueva perspectiva en la valoración de activos y ejerciendo una influencia significativa en la teoría financiera contemporánea. Fama y French explican esta relación de la siguiente manera:

$$R_i = R_f + \beta_{i,m} \times (R_m - R_f) + \beta_{i,SMB} \cdot SMB + \beta_{i,HML} \cdot HML$$

Donde:

- R_i : Rendimiento esperado del activo i .
- R_f : Tasa de rendimiento libre de riesgo.
- R_m : Rendimiento esperado del mercado.
- $\beta_{i,m}$: Beta del activo o cartera i en relación con el mercado, que mide la sensibilidad del rendimiento del activo al rendimiento del mercado.
- SMB : Factor de tamaño que refleja el rendimiento adicional esperado de las acciones de pequeñas empresas sobre las de grandes empresas.
- $\beta_{i,SMB}$: Sensibilidad del activo i al factor SMB .

- HML: *Factor de valor que refleja el rendimiento adicional esperado de las acciones de alto valor contable a precio de mercado sobre las de bajo valor contable a precio de mercado.*
- β_i, HML : *Sensibilidad del activo i al factor HML.*

Posteriormente, estudios empíricos han proporcionado apoyo sustancial al modelo de tres factores de Fama y French. Por ejemplo, Fama y French (1996) encontraron que su modelo explicaba gran parte de las diferencias en los retornos entre carteras de acciones y que era especialmente efectivo en carteras formadas por criterios de tamaño y relación precio-valor contable. El modelo ha sido ampliamente adoptado en la práctica financiera, no solo para la valoración de activos, sino también para la construcción de carteras y la gestión de riesgos. Además, ha servido de base para el desarrollo de modelos multifactoriales adicionales en la literatura financiera (Brailsford, Gaunt, & O'Brien, 2010; Faff, 2004).

A pesar de su popularidad, el modelo de Fama y French no está exento de críticas. Algunos investigadores argumentan que existen otros factores, como el momentum o la calidad de las ganancias, que también pueden influir en los rendimientos de los activos y que no son capturados por este modelo. Estudios recientes han explorado la inclusión de un factor de momentum en el modelo de Fama-French (L'her, Masmoudi & Suret, 2004; Gosnell & Nejadmalayeri, 2010).

Capítulo 3

Definición del Proyecto

Este proyecto tiene como objetivo realizar una comprobación exhaustiva del Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM) para evaluar su efectividad y aplicabilidad en la vida real. A través de un análisis empírico, se busca determinar si el CAPM provee una estimación precisa del rendimiento esperado de los activos financieros, considerando el riesgo sistemático.

3.1. Hipótesis

- h.1 Hipótesis Nula: "El CAPM no es capaz de explicar de manera efectiva el rendimiento esperado de los activos financieros en el mercado actual."
- h.2 Hipótesis Alternativa: "El CAPM si es capaz de explicar de manera efectiva el rendimiento esperado de los activos financieros en el mercado actual."

3.2. Objetivos

- o.1 Probar la validez del CAPM en el contexto actual del mercado, utilizando datos históricos y actuales de precios de activos financieros.
- o.2 Evaluar la capacidad del CAPM para explicar los retornos esperados de las entidades bancarias.
- o.3 Determinar si es necesario el estudio de otros modelos de valoración de activos más complejos.
- o.4 Documentar de manera exhaustiva la metodología, análisis de datos, y conclusiones obtenidas del estudio.

3.3. Asunciones

- a.1 Acceso a datos históricos fiables y completos de precios de acciones y otros activos financieros relevantes para el estudio.
- a.2 Estabilidad en las condiciones del mercado financiero que permite la validez de análisis históricos.

- a.3 Suficiencia de los recursos computacionales disponibles para el análisis de grandes conjuntos de datos.
- a.4 El modelo CAPM mantiene su relevancia y aplicabilidad en el contexto de mercado actual, a pesar de las fluctuaciones y cambios en las condiciones económicas globales.
- a.5 Los hallazgos encontrados en las cotizaciones del Banco Santander, BBVA, CaixaBank, y Banco Sabadell son extrapolables a la realidad de las entidades bancarias cotizadas en su conjunto.
- a.6 La aplicación del CAPM no varía según la temporalidad de datos utilizados.

3.4. Restricciones

- r.1 Límite de tiempo: Completar el proyecto dentro de 100 horas establecidas para los créditos que suponen este trabajo.
- r.2 Sin financiamiento adicional para recursos o software especializado.
- r.3 Dependencia de las capacidades computacionales disponibles para el procesamiento de datos.
- r.4 Posibles limitaciones en la disponibilidad de datos financieros completos y actualizados, lo que podría afectar la precisión del análisis del CAPM.

Capítulo 4

Sección de experimentos

4.1. Análisis de datos

La rigurosa selección de variables es un paso esencial en la investigación empírica, especialmente al examinar modelos financieros como el CAPM en contextos específicos. A continuación, nos enfocaremos en detallar cómo se eligieron y trataron los datos críticos para nuestro estudio del sector bancario español, estableciendo las bases para un análisis profundo y representativo.

4.1.1. Selección de variables

La realización de este estudio implica la meticulosa selección de datos que serán el pilar de nuestra investigación. Nos enfocaremos en las series temporales de cuatro entidades bancarias cotizadas, complementadas con el retorno del bono español a 10 años, que servirá como nuestra tasa libre de riesgo. A su vez, integraremos los precios de un índice de referencia específico.

La elección de las variables es un aspecto crítico en nuestro análisis empírico, particularmente en el contexto del CAPM. Nos centraremos en el sector bancario español, seleccionando específicamente a Banco Santander, BBVA (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria), CaixaBank, y Banco Sabadell. Estas instituciones no fueron elegidas arbitrariamente; su selección se basa en la relevancia estratégica, económica y sectorial, haciendo que sean particularmente pertinentes para el análisis bajo el marco del CAPM. La importancia de estas entidades se debe a su prominencia en el mercado, reflejada en su capitalización bursátil. Este indicador, obtenido multiplicando el precio actual de las acciones por el total en circulación, refleja la magnitud del valor que representa la entidad para los accionistas. Al enfocarnos en estos bancos, abarcamos una porción significativa del sector bancario español, proporcionando una vista amplia y representativa de la aplicabilidad del CAPM a entidades financieras de gran envergadura.

La selección de realizar esta comprobación del CAPM con entidades financieras se ha realizado considerando la complejidad inherente a la valoración y estimación de sus rendimientos. En el ámbito actual, se recurre a una amplia gama de modelos para prever los rendimientos futuros de las entidades bancarias, incluyendo regresiones, el Dividend Discount Model, Valor en libros o descuento de flujos de caja entre otros enfoques financieros. Esta diversidad metodológica

subraya el interés por explorar la aplicabilidad del CAPM a estas instituciones, con el potencial de simplificar y refinar los procedimientos para estimar los retornos. Adicionalmente, el sector bancario se caracteriza por su alta sensibilidad ante las variaciones económicas y las directrices monetarias dictadas por los bancos centrales. Desde el despliegue de la crisis financiera global en 2008, el panorama bancario español, similarmente a otros contextos internacionales, ha enfrentado retos notables, influenciados especialmente por la política de tipos de interés reducidas implementada por el Banco Central Europeo. Esta estrategia, dirigida a fomentar la recuperación económica posterior a la crisis, ha mermado los márgenes de interés bancarios, impactando negativamente en su rentabilidad (Afi, s. f.).

En un desarrollo más reciente, el panorama económico ha sufrido transformaciones profundas, impulsadas por una crisis inflacionaria provocada por la pandemia de COVID-19 y por tensiones geopolíticas, como el conflicto en Ucrania. Ante el ascenso de la inflación, el BCE ha emprendido un ciclo de incremento en las tasas de interés, acción que, desde una perspectiva histórica, ha favorecido al ámbito bancario. Con el objetivo de abordar este estudio con la mayor amplitud posible, se han seleccionado series temporales diarias que abarcan desde el 15 de octubre de 2007 hasta el 5 de marzo de 2024. Esta ventana temporal ha sido escogida cuidadosamente para incorporar dos periodos distintos de políticas monetarias, lo que enriquece significativamente el análisis al permitir incorporar en el estudio diferentes enfoques de gestión monetaria y sus impactos directos e indirectos en el sector bancario. A continuación, presentaremos las cotizaciones ajustadas al cierre (adjusted close) y recalculadas a una base 100 para los cuatro bancos en cuestión.

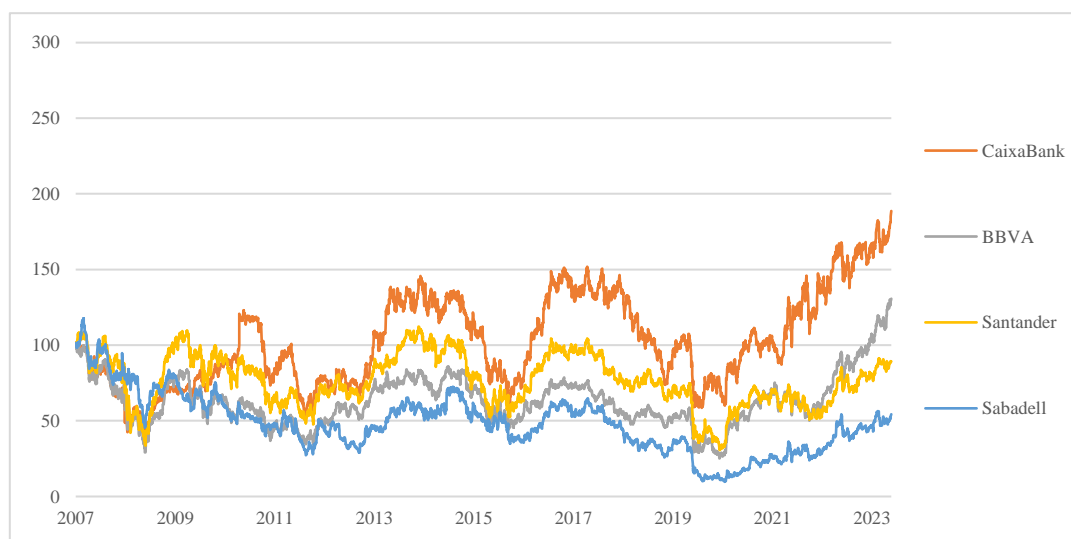


Ilustración 3. Cotización ajustada en base 100 de las entidades bancarias estudiadas

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en el proceso de validación del CAPM, tal como se ha delineado en las secciones previas de este estudio, enfrentamos la complejidad de cuantificar el mercado en su totalidad. Esta dificultad nos lleva a optar por el uso de índices de referencia que funcionen como aproximaciones de la cartera de mercado completa. Dentro de este contexto, se distinguen dos enfoques metodológicos principales en la práctica. Por una parte, ciertos gestores de carteras prefieren calcular las betas de los activos utilizando un índice multisectorial, lo cual, en teoría, ofrece una representación más fiel de la cartera de mercado en su conjunto. Por otro lado, algunos profesionales en gestión de carteras eligen enfocarse en índices sectoriales para el cálculo y

comparación de betas, argumentando que esta aproximación resulta más precisa para el análisis específico de un sector.

En el marco de esta investigación, nos proponemos llevar a cabo una evaluación de la significancia estadística del CAPM, empleando tanto un índice multisectorial como un índice focalizado en el sector financiero. Los índices seleccionados para este propósito son el MSCI World Index y el STOXX Europe 600 Banks, respectivamente. Esta estrategia dual no solo nos permite evaluar la eficacia del CAPM desde una perspectiva amplia, a través del índice multisectorial, sino que también facilita un análisis detallado de su aplicabilidad específica al sector financiero mediante el índice sectorial. A continuación, presentaremos las cotizaciones ajustadas al cierre (adjusted close) y recalculadas a una base 100 para los dos índices de referencia en cuestión.



Ilustración 4. Cotización ajustada en base 100 de los índices de referencia utilizados en la investigación

Fuente: *Elaboración propia*

4.1.2. Limpieza y transformación de datos

En la etapa inicial de este estudio, se enfrentaron ciertas restricciones, designadas como restricción r4, que influenciaron significativamente en el proceso de recopilación de datos. Esta circunstancia provocó tener que acudir a diversas fuentes de información para obtener las cotizaciones necesarias para el análisis. Específicamente, se extrajeron datos de Yahoo Finance, Curvo.eu, y FactSet, cada una ofreciendo información complementaria sobre diferentes activos financieros. Yahoo Finance fue la fuente para las cotizaciones de los cuatro bancos específicos y el par de divisas EURUSD, FactSet para el índice MSCI World Index, y Curvo.eu para el índice STOXX Europe 600 Banks. La diversidad en las fuentes de datos obedeció a la necesidad de compilar series temporales extensivas que se remontan hasta el 15 de octubre de 2007, tarea complicada por las restricciones de acceso a determinados datos históricos.

Una vez recolectadas, las series temporales requirieron ajustes significativos debido a las incongruencias en las fechas de cierre de mercado, exacerbadas por la variación en los días festivos observados en diferentes mercados. Este desajuste se solucionó mediante un cuidadoso proceso de sincronización realizado en Excel. Se utilizaron las fechas de cotización de las

entidades bancarias españolas como referencia y se aplicó la función VLOOKUP para alinear el resto de las variables solo en fechas en las que había datos disponibles, asegurando así una base de datos uniforme en términos de número de observaciones.

Las observaciones faltantes representaron otro desafío, originadas tanto por lagunas en la extracción de datos como por la ausencia de cotizaciones en determinadas fechas. En estos casos, se optó por una interpolación lineal para completar dichas ausencias, método que asegura la integridad y coherencia del conjunto de datos para su posterior análisis.

Otro aspecto crucial fue la estandarización de las cotizaciones a una divisa común, ya que mientras las cotizaciones de algunos activos se presentaban en euros, el índice MSCI World Index estaba valorado en dólares estadounidenses. La conversión de todas las cotizaciones a euros fue esencial para eliminar discrepancias en la comparación de rendimientos, evitando las distorsiones causadas por las fluctuaciones en los tipos de cambio. Además, es importante destacar que para el análisis se utilizó el precio de cierre ajustado de todos los activos y los índices de referencia. Este ajuste es de gran importancia ya que neutraliza los efectos de eventos corporativos, como los dividendos en efectivo y las divisiones de acciones, asegurando que los datos reflejen de manera más precisa el valor de mercado de los activos estudiados.

4.2. Metodología

En esta sección, delinearemos el enfoque metodológico adoptado para evaluar la eficacia del CAPM en predecir los rendimientos de activos financieros, ajustados al riesgo de mercado. A través de un análisis cuantitativo, exploraremos la relación entre los rendimientos esperados, calculados mediante el CAPM, y los rendimientos reales de una selección de activos financieros. El objetivo es verificar la precisión y aplicabilidad del CAPM en el contexto actual de los mercados financieros, formulando y poniendo a prueba hipótesis específicas mediante el uso de herramientas estadísticas avanzadas.

4.2.1. Formulación de hipótesis

El objetivo de los experimentos en este Trabajo de Fin de Grado es evaluar la eficacia del Modelo CAPM para predecir rendimientos de activos financieros ajustados al riesgo de mercado. Nos centramos en comparar los rendimientos esperados, calculados mediante el CAPM, con los rendimientos reales de una selección de activos financieros, con el propósito principal de determinar la aplicabilidad y precisión del CAPM en los mercados financieros actuales.

Para verificar la eficacia del CAPM, adoptamos un enfoque cuantitativo, empleando análisis estadísticos para examinar la relación entre los rendimientos esperados y los reales. Este proceso implica varias etapas clave, incluida la preparación de datos, el análisis estadístico, y la interpretación de los resultados. Tras establecer nuestro enfoque metodológico y detallar el proceso de análisis, es fundamental establecer un marco de hipótesis que guíe nuestra investigación. Por lo tanto, procedemos a formular las siguientes hipótesis, que serán sometidas a prueba mediante nuestro análisis estadístico:

- **Hipótesis Nula (H0):** α y $\beta = 0$. Existe una diferencia significativa entre los rendimientos esperados por el CAPM y los rendimientos reales, sugiriendo que el CAPM no es un predictor preciso.

- **Hipótesis Alternativa (H1):** α y $\beta \neq 0$. No hay una diferencia estadísticamente significativa entre los rendimientos esperados y los reales, indicando la eficacia del CAPM en la predicción de rendimientos.

La evaluación de estas hipótesis busca determinar la relevancia del CAPM como modelo explicativo en la valoración de activos financieros, proporcionando evidencia empírica sobre su utilidad y precisión. Para realizar el análisis de significancia utilizaremos MATLAB por su capacidad para realizar regresiones y pruebas estadísticas, como el t-test, para evaluar la significancia estadística de las diferencias observadas. La elección de MATLAB y nuestra metodología se justifica por la necesidad de realizar análisis estadísticos complejos, proporcionando un marco robusto para evaluar la validez de nuestras hipótesis con un alto grado de confianza.

4.2.2. Desarrollo del algoritmo

La preparación del entorno de trabajo constituye el primer paso esencial antes de embarcarse en el análisis de los datos dentro de cualquier investigación científica. Esta fase preliminar implica una meticulosa limpieza del espacio de trabajo y la ventana de comandos para garantizar un entorno depurado y organizado. Este procedimiento se establece para prevenir cualquier forma de contaminación por procesos o datos remanentes de actividades previas, que podrían comprometer la integridad y fiabilidad de los resultados obtenidos en etapas subsiguientes del estudio.

Una vez que se ha asegurado un entorno de trabajo óptimo, se procede a la importación de los datos cruciales para el análisis. Los datos requeridos para esta investigación están alojados en un archivo Excel titulado "ComprobacionCAPM.xlsx". La carga de estos datos se efectúa en una variable denominada data, que constituye el fundamento sobre el cual se edificarán los cálculos y análisis ulteriores. Este paso se erige como un componente vital de la investigación, pues garantiza que se cuenta con el compendio de información necesario para llevar a cabo las evaluaciones y análisis delineados.

El análisis se inicia con la tarea de estimar los rendimientos excesivos de los bancos en estudio. En este contexto, se comienza por la selección de las cotizaciones de los bancos (adjusted close) ubicadas en las primeras cuatro columnas de la variable data, correspondientes a BBVA, CaixaBank, Sabadell y Santander, respectivamente. Seguidamente, se calculan los retornos mediante la aplicación de la fórmula del logaritmo de los precios actuales divididos por los precios del periodo anterior, método que arroja el retorno logarítmico. Este enfoque es preferido por su precisión en la captura de variaciones de rendimientos a través del tiempo. Para determinar los rendimientos excesivos, se procede a restar la tasa libre de riesgo (indicada en la columna 7 de data) de los retornos previamente calculados, multiplicando posteriormente el resultado por 100 para su expresión en términos porcentuales. Esta operación es clave para cuantificar el exceso de rendimiento (o excess return, en inglés) de cada entidad bancaria en relación con una inversión libre de riesgo, ofreciendo así una medida del rendimiento adicional obtenido asumiendo cierto nivel de riesgo.

$$ER_i = R_i - R_f$$

Donde:

- ER_i es el excess return del banco i .
- R_i es el rendimiento del banco i .
- R_f es el retorno del bono español a 10 años.

La secuencia de análisis prosigue con la estimación de la prima de riesgo del mercado, constituyendo el segundo paso fundamental en nuestro estudio. Inicialmente, se selecciona la serie de mercado apropiada de la variable data, que puede ser STOXX 600 Banks o MSCI World EUR, dependiendo del foco del análisis. El cálculo de los retornos de mercado sigue la misma metodología aplicada previamente a las entidades bancarias, mediante el uso de logaritmos y la subsiguiente sustracción de la tasa libre de riesgo. La determinación de la prima de riesgo del mercado, market risk premium en inglés, se lleva a cabo calculando la diferencia entre los retornos de mercado y la tasa libre de riesgo, y luego multiplicando este resultado por 100. Esta métrica es de vital importancia para dilucidar la compensación adicional que los inversores demandan por el riesgo inherente a las inversiones de mercado en comparación con opciones de inversión libres de riesgo. La prima de riesgo del mercado refleja, por tanto, el incremento en el retorno esperado que justifica el mayor nivel de riesgo asumido al invertir en el mercado en vez de optar por activos considerados libres de riesgo.

$$MRP = R_m - R_f$$

Donde:

- *MRP es el Market risk premium.*
- *R_m es el retorno esperado del mercado (MSCI World Index o STOXX 600 Banks).*
- *R_f es el retorno del bono español a 10 años.*

Por último, el tercer paso sigue con la determinación de los parámetros del CAPM, específicamente el coeficiente β para cada una de las entidades bancarias analizadas, representa el tercer paso esencial de nuestro análisis. Además, este proceso incluirá el cálculo del Alfa de Jensen, un indicador que se fundamenta en la capacidad de un fondo o activo de superar o empeorar de manera consistente el rendimiento esperado en función de su nivel de riesgo según CAPM (Estrategias de Inversión, s. f.). Según este modelo, si el mercado opera bajo condiciones de eficiencia, el valor de α debería ser cero, reflejando que no hay rendimientos anormales o excesivos una vez ajustados por el riesgo.

El enfoque metodológico adoptado para la estimación de los coeficientes β y α , junto con otros parámetros estadísticos clave tales como la desviación estándar de la muestra, el error estándar asociado a α y β , los estadísticos t, y los valores p correspondientes, se fundamenta en la realización de un análisis de regresión lineal. Este análisis comienza con la fase de inicialización, donde se establecen variables específicamente diseñadas para contener los mencionados parámetros. Este paso es seguido por la implementación de un bucle iterativo para cada entidad bancaria en el estudio, durante el cual se procede a la limpieza de los datos, eliminando aquellos valores no numéricos, representados como NaN, para mantener la exactitud en los cálculos que se llevarán a cabo posteriormente.

La técnica de mínimos cuadrados ordinarios (Ordinary Least Squares, OLS, por sus siglas en inglés) se aplica para derivar los valores de α_i y β_i que minimizan la suma de cuadrados de los residuos de la ecuación modelada como sigue:

$$ER_i = \beta_i \times MRP + \alpha_i$$

Donde:

- ER_i es el *excess return* del banco i .
- β_i es la *beta* del banco i , que mide su riesgo sistemático.
- MRP es el *market risk premium*.
- α_i es el *Alpha de Jensen* asociado al banco i .

Al desarrollar la fórmula, observamos su correspondencia con lo discutido previamente en el marco teórico, esta vez con la integración específica del Alpha de Jensen.

$$R_i = R_f + \beta_i \times (R_m - R_f) + \alpha_i$$

Donde:

- R_i es el *retorno esperado* del banco i .
- R_f es el *retorno del bono español a 10 años*.
- β_i es la *beta* del banco i , que mide su riesgo sistemático.
- R_m es el *retorno esperado del mercado* (*MSCI World Index* o *STOXX 600 Banks*).
- α_i es el *Alpha de Jensen* asociado al banco i .

A continuación, se estima el error estándar de la muestra para los errores derivados de la regresión y se procede al cálculo de los errores estándar específicos para α y β . Los estadísticos t para ambos parámetros se determinan bajo la premisa de que la hipótesis nula es que α y β son equivalentes a cero, lo cual permite evaluar si estos difieren significativamente de dicho valor.

Finalmente, se calculan los valores p para las pruebas estadísticas de α y β utilizando la distribución t - Student. Esta distribución es particularmente adecuada para el análisis de los mercados financieros, ya que estos suelen exhibir distribuciones con colas más pesadas y un exceso de curtosis en comparación con la distribución normal, indicativo de una mayor probabilidad de ocurrencia de eventos extremos y una distribución más concentrada. La flexibilidad de la distribución t - Student para ajustar la curtosis a través de sus grados de libertad la convierte en una herramienta más precisa para modelar las peculiaridades de los rendimientos financieros, ofreciendo una representación más fidedigna del riesgo asociado a eventos extremos en los mercados financieros (Pedram Nezafat, 2023).

4.3. Análisis de resultados

En esta sección del estudio, se exponen los hallazgos derivados del análisis de regresión efectuado con el propósito de calcular el α y β de las entidades bancarias en cuestión. En primer lugar, comenzaremos con los resultados obtenidos del cálculo del coeficiente β , este indicador es esencial dentro del modelo CAPM, ya que refleja la volatilidad de un activo en relación con el mercado global. En otras palabras, la β mide la sensibilidad de los retornos del activo ante los cambios en el mercado.

4.3.1. Análisis de resultados de β

La relevancia de estos hallazgos radica en su contribución a la discusión sobre la aplicabilidad del CAPM en el ámbito del sector bancario español, aportando evidencia empírica en torno a las dinámicas de eficiencia de mercado. En primer lugar, comenzaremos con los resultados obtenidos del cálculo del coeficiente β , el indicador clave dentro del modelo CAPM, ya que refleja la sensibilidad del rendimiento de un activo frente a los movimientos del mercado, lo cual es clave para entender el nivel de riesgo sistemático asociado a cada entidad bancaria. La determinación de la β para cada una de las entidades bancarias analizadas en la investigación proporciona una base para la comparación de su volatilidad relativa frente a la del mercado en su conjunto. A continuación, se presenta una tabla resumen con los valores de β obtenidos para las entidades bancarias seleccionadas. Este compendio de resultados será analizado en profundidad con el fin de interpretar su relevancia dentro del marco de las hipótesis propuestas por este estudio de investigación.

	BBVA	CaixaBank	Sabadell	Santander
STOXX 600 Banks	1,00	0,86	0,92	1,01
MSCI World EUR	0,96	0,88	0,90	0,96

Tabla 1. β estimada de cada entidad bancaria según el índice de referencia empleado

Con los valores de β obtenidos para las entidades bancarias en base a los índices STOXX 600 Banks y MSCI World EUR, una β de 1 implica que el activo tiene una volatilidad que se espera se mueva con el mercado. Una β mayor que 1 indica una volatilidad superior a la del mercado, y una β menor que 1 indica una volatilidad inferior. Los hallazgos específicos para cada banco son los siguientes:

- **BBVA:** Las β cercanos a 1 para BBVA indican que el banco se mueve prácticamente en línea con el mercado. No es considerablemente más volátil ni más estable que el mercado, lo que sugiere que su riesgo sistemático es muy similar al del mercado en general.
- **CaixaBank:** Con β menores que 1 en ambos índices, CaixaBank muestra una volatilidad menor que la del mercado. Esto podría interpretarse como que CaixaBank tiene un riesgo sistemático menor, lo que puede ser preferible para los inversores que buscan un activo menos riesgoso dentro del sector bancario.
- **Sabadell:** Similar a CaixaBank, Sabadell tiene β menores que 1, aunque más cercanos a este valor. Esto sugiere que su rendimiento está un poco más alineado con el mercado que CaixaBank, pero todavía presenta menos volatilidad que el mercado en general.
- **Santander:** La β ligeramente superior a 1 con el índice STOXX 600 Banks indica que Santander puede tener una volatilidad ligeramente mayor que el mercado. Con el MSCI World EUR, su β es de 0,96 sugiriendo una volatilidad en cierta medida ligeramente inferior al mercado global.

La elección del índice de referencia es importante aquí. El STOXX 600 Banks es un índice sectorial que podría ser más representativo de los riesgos específicos del sector bancario, mientras que el MSCI World EUR es más global y diverso. Las β de los bancos con respecto al STOXX 600 Banks podrían ser más relevantes para los inversores interesados en el rendimiento relativo dentro del sector bancario específicamente, mientras que las β con respecto al MSCI

World EUR podrían ser más relevantes para los inversores interesados en el rendimiento de los bancos en un contexto de mercado más amplio.

Para profundizar en la eficacia del CAPM al prever los rendimientos esperados de los activos, es esencial no limitarse a la mera determinación de los coeficientes β , sino también investigar su significación estadística. La relevancia estadística de estos coeficientes es fundamental para determinar si la relación entre los rendimientos de los activos y los del mercado es robusta y no atribuible a la casualidad. Específicamente, si las β presentan una significancia estadística, esto nos permite refutar la hipótesis nula que sugiere que el CAPM no constituye un indicador fiable para los rendimientos esperados.

Un enfoque inicial implica el examen de las desviaciones estándar asociadas a las β calculados. Dentro del marco de un análisis de regresión, la desviación estándar de la β ofrece una cuantificación de la variabilidad o de la exactitud en la estimación de dicho coeficiente. Las desviaciones estándar reducidas son indicativas de una mayor precisión en las estimaciones de β , proporcionando así un mayor grado de confianza en la aplicabilidad del CAPM para la predicción de rendimientos esperados. Este paso metodológico es crucial para validar la robustez del modelo y su capacidad para reflejar de manera efectiva la relación entre el riesgo sistemático de un activo y su rendimiento esperado. A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la medición de la desviación estándar de las β :

	BBVA	CaixaBank	Sabadell	Santander
STOXX 600 Banks	0,01	0,01	0,01	0,01
MSCI World EUR	0,01	0,01	0,02	0,01

Tabla 2. Desviación estándar de la β por entidad bancaria según el índice de referencia empleado

Los valores de la desviación estándar para todos los bancos son bastante bajos (todos en 0,01 o 0,02 para el MSCI World EUR en el caso de Sabadell), lo que indica que las estimaciones de β son precisas y no presentan mucha variabilidad.

Luego, consideramos los **t-valores**. El t-valor mide cuántas desviaciones estándar el coeficiente estimado está alejado del valor hipotético de cero. Un t-valor alto sugiere que es muy poco probable que la relación observada en la muestra sea una casualidad. Los t-valores asociados a las β calculadas de cada banco son los siguientes:

	BBVA	CaixaBank	Sabadell	Santander
STOXX 600 Banks	138,80	90,11	83,46	145,44
MSCI World EUR	66,89	60,96	53,10	66,20

Tabla 3. T-valor de la β por entidad bancaria según el índice de referencia empleado

Los t-valores asociados a las β de las entidades bancarias revelan cifras notoriamente elevadas, consistentemente superando el umbral de 50, lo que indica que estos coeficientes difieren de manera significativa de cero, afirmándose así su importancia estadística. Esta observación sugiere que las β no son producto del azar, sino que reflejan una relación genuina y estadísticamente relevante entre el rendimiento de los bancos y del mercado.

Por otro lado, los p-valores ofrecen una perspectiva sobre la probabilidad de encontrar una relación tan marcada como la observada en nuestros datos bajo la premisa de que la hipótesis nula fuese correcta. Dicho de forma más clara, un p-valor reducido implica que es altamente

improbable que los coeficientes estimados en el estudio sean fruto de variaciones aleatorias. Este análisis de p-valor enfatiza la significancia de los resultados obtenidos, subrayando la robustez de la relación entre los rendimientos de los bancos y las fluctuaciones del mercado, y, por extensión, la validez del CAPM como herramienta de valoración en este contexto. Los p-valores asociados a las β calculadas de cada banco son los siguientes:

	BBVA	CaixaBank	Sabadell	Santander
STOXX 600 Banks	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
MSCI World EUR	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

Tabla 4. P-valor de la β por entidad bancaria según el índice de referencia empleado

Los p-valores obtenidos para los coeficientes β de las entidades bancarias son de aproximadamente cero, lo que sugiere una significación estadística a niveles de confianza de más del 95% siendo el p-valor $< 0,05$. Este resultado nos permite descartar la hipótesis nula que sostiene que el CAPM no constituye un mecanismo eficaz para predecir los rendimientos esperados de los activos.

La interpretación de estos hallazgos nos lleva a concluir que las β calculadas para entidades como BBVA, CaixaBank, Sabadell y Santander, en relación con índices como el STOXX 600 Banks y el MSCI World EUR, no solo son relevantes por su magnitud, sino que también presentan una robustez estadística significativa. Esta evidencia refuerza la validez del CAPM como un modelo capaz de explicar la dinámica entre el riesgo de mercado y los rendimientos esperados específicamente para las entidades bancarias en el contexto del mercado español.

4.3.2. Análisis de resultados de α

A continuación, nos proponemos analizar en profundidad el parámetro Alfa de Jensen, como medida de rendimiento superior o inferior ajustado al riesgo, en el contexto de la comprobación del CAPM en las entidades bancarias del mercado español. La relevancia de esta investigación radica en la hipótesis de que, aunque, según lo expuesto en el apartado anterior, el CAPM proporciona un marco robusto para explicar las valoraciones y los rendimientos de los activos a través de su relación con el riesgo de mercado (representado por la β), pueden existir elementos adicionales no contemplados por el modelo que influyen de manera consistente en los rendimientos observados, manifestándose en valores de Alfa de Jensen significativos.

El Alfa de Jensen representa la diferencia entre los rendimientos reales de un activo y los rendimientos teóricos esperados según el CAPM, ajustados por el riesgo de mercado. Un α positivo sugiere que el activo ha superado las expectativas del mercado (después de ajustar por el riesgo), mientras que un α negativo indica un rendimiento inferior al esperado. La significación de estos valores puede apuntar hacia la existencia de factores adicionales, más allá del riesgo de mercado, que contribuyen a la valoración de los activos.

A continuación, se presenta una tabla resumen con los valores de α obtenidos para las entidades bancarias seleccionadas. Este compendio de resultados será objeto de un análisis detallado, con el objetivo de interpretar su importancia en el marco de las hipótesis planteadas por este estudio de investigación.

	BBVA	CaixaBank	Sabadell	Santander
STOXX 600 Banks	0,02	-0,37	-0,22	0,05
MSCI World EUR	-0,12	-0,34	-0,32	-0,13

Tabla 5. Alfa de Jensen (%) por entidad bancaria según el índice de referencia empleado

Se comparan sus rendimientos ajustados por riesgo (β) con los de dos referencias clave: el índice STOXX 600 Banks, que agrupa a los principales bancos europeos, y el índice MSCI World EUR, que representa al mercado mundial en euros. Los resultados obtenidos son los siguientes:

- **BBVA:** Registra un Alfa de Jensen de 0,02% frente al STOXX 600 Banks y de -0,12% al compararlo con el MSCI World EUR. Esto sugiere que BBVA ha logrado un rendimiento marginalmente superior al esperado, en el contexto europeo sectorial, según el CAPM. No obstante, en comparación con el índice global, su rendimiento ha sido inferior al anticipado.
- **CaixaBank:** Presenta Alfas de Jensen negativos tanto frente al STOXX 600 Banks (-0,37%) como al MSCI World EUR (-0,34%), indicando que los rendimientos obtenidos por CaixaBank han estado por debajo de lo proyectado por el CAPM en ambos contextos de mercado.
- **Sabadell:** Exhibe Alfas de Jensen negativos en relación con ambos índices (-0,22% y -0,32%, respectivamente), lo cual denota un desempeño inferior al esperado por el modelo en los mercados sectorial europeo y mundial.
- **Santander:** Muestra un Alfa de Jensen positivo de 0,05% frente al STOXX 600 Banks, pero negativo (-0,13%) en comparación con el MSCI World EUR. Esto indica que, en el ámbito del mercado bancario europeo, Santander ha superado las expectativas del CAPM. Sin embargo, su rendimiento frente al índice global no alcanzó lo previsto.

Tal como se ha explicado anteriormente, es necesario estudiar la significancia estadística de α , un coeficiente significativamente distinto de cero subraya la importancia de investigar factores adicionales que puedan influir en los rendimientos de los activos más allá del riesgo de mercado, identificando posibles discrepancias que sugieran la existencia de factores no considerados por el modelo. A continuación, se exponen los resultados obtenidos de la medición de la desviación estándar de la α :

	BBVA	CaixaBank	Sabadell	Santander
STOXX 600 Banks	0,03	0,04	0,04	0,03
MSCI World EUR	0,05	0,05	0,06	0,05

Tabla 6. Desviación estándar del α por entidad bancaria según el índice de referencia empleado

Los valores de la desviación estándar para todos los bancos son bastante altos, siendo entre el 10% y el 140% del valor de α estimado, lo que indica que las estimaciones de α son poco precisas y presentan mucha variabilidad. Para facilitar la interpretación del tamaño de las desviaciones estándar, se expone una tabla de la desviación estándar como porcentaje del valor de α estimado en la regresión.

	BBVA	CaixaBank	Sabadell	Santander
STOXX 600 Banks	137,97%	-10,06%	-19,88%	50,81%
MSCI World EUR	-42,13%	-15,07%	-19,01%	-41,04%

Tabla 7. Desviación estándar del α como % del valor estimado del mismo

Luego, consideramos los t-valores. Recordamos que el t-valor, como explicado anteriormente, mide cuántas desviaciones estándar el coeficiente estimado está alejado del valor hipotético, en este caso de cero. Los t-valores asociados a los α calculadas de cada banco son los siguientes:

	BBVA	CaixaBank	Sabadell	Santander
STOXX 600 Banks	0,72	-9,95	-5,03	1,97
MSCI World EUR	-2,37	-6,63	-5,26	-2,44

Tabla 8. T-valor asociado al α por entidad bancaria según el índice de referencia empleado

Los t-valores asociados a los α de las entidades bancarias revelan cifras elevadas en algunos casos, lo que indica que los coeficientes α difieren de manera significativa de cero, afirmándose así su importancia estadística. Esta observación sugiere que los α no son producto del azar, sino que reflejan una relación genuina y estadísticamente relevante entre el rendimiento de los bancos y el del mercado. Mientras que hay otras α estimadas como la del BBVA calculada con el índice STOXX 600 Banks como índice de referencia, cuyo t-valor asociado es bajo, lo que indica que el coeficiente α no difiere de manera significativa de cero.

De forma congruente con la discusión previa sobre la importancia de los p-valores en el análisis de los coeficientes β , aplicaremos el mismo enfoque al examen del parámetro α . Los p-valores nos brindan un entendimiento crucial sobre la probabilidad de observar una asociación tan significativa como la identificada en el estudio, asumiendo la veracidad de la hipótesis nula. Los p-valores de los Alfas de Jensen asociadas a las entidades bancarias en estudio son los siguientes:

	BBVA	CaixaBank	Sabadell	Santander
STOXX 600 Banks	0,2343	0,0000	0,0023	0,0246
MSCI World EUR	0,0088	3,0761E-05	0,0025	0,0074

Tabla 9. P-valor asociado al α por entidad bancaria según el índice de referencia empleado

En este estudio, CaixaBank, Sabadell y Santander destacaron por presentar rendimientos ajustados al riesgo que diferían significativamente de lo esperado por el modelo CAPM, comparándolos tanto con el índice STOXX 600 Banks como con el MSCI World EUR. Por otra parte, BBVA mostró una situación mixta; solo demostró un rendimiento ajustado al riesgo que diferían significativamente de lo esperado por el modelo CAPM con el índice MSCI World EUR, mientras que frente al índice STOXX 600 Banks, no se observaron diferencias significativas.

Capítulo 5

Discusión y conclusiones

Este estudio ha evaluado la efectividad del CAPM dentro del sector bancario español, concentrándose en entidades como Banco Santander, BBVA, CaixaBank y Banco Sabadell. Mediante un riguroso proceso de selección y análisis de datos, empleando MATLAB para la metodología analítica, se han estimado los coeficientes β y α de dichos bancos, confrontándolos con dos índices de referencia: el STOXX Europe 600 Banks y el MSCI World EUR.

Los hallazgos reafirman la capacidad del CAPM para predecir los retornos esperados de los activos en el ámbito bancario, alineándose con nuestra hipótesis alternativa (H1) que sugiere una congruencia entre los rendimientos esperados y los observados. La significancia estadística de los coeficientes β , en el contexto de ambos índices, evidencia la importancia del riesgo sistemático en la proyección de los retornos esperados.

No obstante, la investigación también ha descubierto anomalías significativas en el Alfa de Jensen para la mayoría de los bancos estudiados. Esto implica que hay factores adicionales, aparte del riesgo de mercado, que están influyendo en los rendimientos reales. Este resultado destaca las limitaciones del CAPM, señalando su incapacidad para encapsular por completo los determinantes de los rendimientos de los activos en el contexto específico del sector bancario español.

La conclusión de esta investigación resalta la validez del Modelo de Valoración de Activos de Capital para el análisis de los retornos esperados dentro del sector bancario español, al mismo tiempo que subraya sus limitaciones para explicar de manera integral dichos rendimientos. La presencia de un Alfa de Jensen significativamente diferente de cero resalta la existencia de elementos distintos al riesgo de mercado que afectan los rendimientos. Estos elementos podrían estar relacionados con particularidades del sector bancario o del mercado español que el CAPM no logra capturar. Este estudio además de subrayar la relevancia del riesgo sistemático, medido a través de la β , también sugiere la necesidad de explorar modelos y factores adicionales para una comprensión más completa de las dinámicas de rendimiento en el sector bancario.

Ante la evidencia de factores no contemplados por el CAPM que inciden en los rendimientos bancarios españoles, se recomienda dirigir futuras investigaciones hacia la identificación y cuantificación de estos factores. Ampliar el análisis para incluir, por ejemplo, el modelo de tres factores de Fama-French y otros modelos multifactoriales, podría proporcionar una mayor capacidad explicativa de las variaciones en los retornos bancarios más allá de lo que ofrece el CAPM.

Además, investigar el impacto de variables macroeconómicas como las políticas del Banco Central Europeo, las condiciones del mercado laboral y la inflación en los rendimientos bancarios, permitiría una comprensión más amplia de los mecanismos que influyen el rendimiento de los activos en el sector bancario. La búsqueda de un modelo que incorpore satisfactoriamente estos factores adicionales hasta que el α no se distinga estadísticamente de cero es más que una cuestión de rigor académico. Representa un paso crucial hacia la mejora de la predictibilidad y la fiabilidad de los modelos de valoración de activos, con implicaciones directas para la gestión de inversiones y la política económica. Tal avance además de ampliar nuestra comprensión del comportamiento de los mercados financieros también proporcionaría a inversores y analistas herramientas más robustas y precisas para la toma de decisiones.

Declaración por el uso de la Inteligencia Artificial

Por la presente, yo, Román Martín Gallego, estudiante de E2 Analytics de la Universidad Pontificia Comillas al presentar mi Trabajo Fin de Grado titulado "COMPROBACIÓN DEL MODELO CAPM. Caso práctico con entidades bancarias cotizadas.", 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. **Corrector de estilo literario y de lenguaje:** Para mejorar la calidad lingüística y estilística del texto.
2. **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: 12/03/2024

Firma: Román Martín Gallego

Bibliografía

Afi, A. F. I. (s. f.). Efecto de los tipos bajos sobre la banca española: márgenes, plusvalías y morosidad. AfiEmpresaGlobal.

Alhabeeb, M. J. (2020). On the Validity of the Capital Asset Pricing Model (CAPM). *International Journal of Marketing Studies*.

Aljandali, A., & Tatahi, M. (2018). Capital Asset Pricing Model (CAPM).

Aquino, R. Q. (2016). Problems with Testing the CAPM in the Philippine Setting. *Philippine Management Review*.

Azimova, T. (2020). Challenges in Estimation of Beta.

Backtest by Curvo. (2024). Cotizaciones históricas para STOXX Europe 600 Banks index. Consultado el 5 de marzo de 2024, de <https://curvo.eu/backtest/en/market-index/stoxx-europe-600-banks?currency=eur>

Bedoui, R., & BenMabrouk, H. (2017). CAPM with various utility functions: Theoretical developments and application to international data. *Cogent Economics & Finance*.

Bertin, C. (2016). Empirical Test of The Capital Asset Pricing Model (Capm) on The Equity Market of Nairobi. *Indian journal of applied research*.

Black, F. (1972). Capital market equilibrium with restricted borrowing. *Journal of Business*, 45(3), 444-455.

Black, F. (1972). Capital market equilibrium with restricted borrowing. *Journal of Business*, 45(3), 444-455.

Breaking Down Finance. (s. f.). Criticisms of Mean-variance Optimization.

Brennan, M. J., & Subramanyam, A. (1996). Market Microstructure and Asset Pricing: On the Compensation for Illiquidity in Stock Returns. *Journal of Financial Economics*, 41(3), 441-464.

Castañeda, L. B. (2012). Optimización de portfolios con capital en riesgo acotado. *Revista Mexicana de Economía y Finanzas. Nueva Época/Mexican Journal of Economics and Finance*, 7(2), 211-231.

Chiarella, C., Dieci, R., & He, X.-Z. (2010). Time Varying Beta: A Boundedly Rational Equilibrium Approach. *Computational Economics*, 36(2), 153-174.

Chowdhury, A. (2021). Testing Capital Asset Pricing Model (CAPM) on Dhaka Stock Exchange.

Dimson, E. (1979). Risk Measurement When Shares Are Subject to Transactions Costs. *Journal of Financial Economics*, 7(3), 197-226.

- Doppegieter, J. (2015). The Capital Asset Pricing Model.
- Estrategias de Inversión. (s. f.). Cotizaciones y análisis de la bolsa española.
- FactSet. (2024). Cotizaciones históricas para MSCI World Index (WO-MSX). Consultado el 5 de marzo de 2024.
- Faff, R. (2004). A Simple Test of the Fama and French Model Using Daily Data: Australian Evidence. *Applied Financial Economics*, 14, 83-92.
- Fama, E. F. (1973). Risk, return, and equilibrium: Some clarifying comments. *Journal of Finance*, 28(1), 29-40.
- Fama, E. F., & French, K. R. (1992). The cross-section of expected stock returns. *Journal of Finance*, 47(2), 427-465.
- Fama, E. F., & French, K. R. (2004). The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence. *Journal of Economic Perspectives*, 18(3), 25-46.
- Gárate, J. C. C., & LauraPerez. (2019, November 6). *Finance Bonus: El modelo CAPM*. Finacoteca.
- Gimeno Torres, M. (2014). EVOLUCIÓN DEL MODELO CAPM A LO LARGO DE LA HISTORIA DE LA ECONOMÍA FINANCIERA (pp. 30–40).
- Gosnell, T. and Nejadmalayeri, A. (2010), "Macroeconomic news and risk factor innovations", *Managerial Finance*, Vol. 36 No. 7, pp. 566-582.
- Hunanyan, G. (2019). Security Market Line. En *Finanzwirtschaft, Banken und Bankmanagement I Finance, Banks and Bank Management*.
- Jacobsen, B. J. (2010). Investments as Probability Distributions. *Finance Educator: Courses*.
- Jayaweera M. Nishantha. (2018). Testing the Validity of Conditional Four Moment Capital Asset Pricing Model: Empirical Evidence from the Colombo Stock Exchange. *Staff Studies*.
- Jean-Francois L'Her, Tarek Masmoudi and Jean-Marc Suret. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 2004, vol. 14, issue 4, 313-328
- Jegadeesh, N., Noh, J., Pukthuanthong, K., Roll, R., & Wang, J. L. (2016). Empirical Tests of Asset Pricing Models with Individual Assets: Resolving the Errors-in-Variables Bias in Risk Premium Estimation. *Capital Markets: Asset Pricing & Valuation eJournal*.
- Jose, L. A. J. (2017, 9 junio). CONSTRUCCIÓN DE UN PORTFOLIO DE INVERSIÓN COMPUESTO POR EMISORAS DEL RAMO AUTOMOTRIZ QUE COTIZAN EN LA BMV.
- Kim, K.-H., & Kim, T. (2016). Capital asset pricing model: A time-varying volatility approach. *Journal of Empirical Finance*, 37, 268-281.
- Lintner, J. (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13-37.
- Lintner, J. (1965). The Valuation of Risk Assets and the Selection of Risky Investments in Stock Portfolios and Capital Budgets. *Review of Economics and Statistics*, 47(1), 13-37.
- Luque, F. (s. f.). ¿Qué es la beta? Morningstar CL.
- Mangram, M. E. (2013). A Simplified Perspective of the Markowitz Portfolio Theory. *Advanced Risk & Portfolio Management® Research Paper Series*.
- Mangram, M. E. (2013). A simplified perspective of the Markowitz portfolio theory.

- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77-91.
- Michael A. O'Brien & Tim Brailsford & Clive Gaunt, 2010. "Interaction of size, book-to-market and momentum effects in Australia," *Accounting and Finance*, Accounting and Finance Association of Australia and New Zealand, vol. 50(1), pages 197-219
- Mitra, A., & Khanna, P. (2013). A Dynamic Spreadsheet Model for Determining the Portfolio Frontier for BSE30 Stocks. *Independent Journal of Management & Production*.
- Mossin, J. (1966). Equilibrium in a Capital Asset Market. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 34(4), 768-783.
- Nezafat, P. (2023). *Capital Markets. Lecture 7 - CAPM*. University of Michigan.
- Okumu, A. N., & Onyuma, S. O. (2015). Testing Applicability of Capital Asset Pricing Model in the Kenyan Securities Market. *European Journal of Business and Management*.
- Potisawang, P. (2019). The Forecasting Power of the CAPM. *Econometric Modeling: Capital Markets - Asset Pricing eJournal*.
- Rathnasekara, R. D. (2017). Testing Stock Market Efficiency and the Asset Pricing Model: Some Evidence from Sri Lanka. *The Journal of Developing Areas*, 51(3), 317-330.
- Raza, H., Hasan, A., & Rashid, A. (2019). The Impact of Downside Risk on Expected Return: Evidence from Emerging Economies. *Lahore Journal of Business*.
- Rossi, M. (2016). The capital asset pricing model: a critical literature review. *Global Business and Economics Review*.
- Sakouvogui, K., & Nganje, W. (2019). Robust CAPM Estimation through Cross Validation.
- Sharpe, W. F. (1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium under Conditions of Risk. *Journal of Finance*, 19(3), 425-442.
- Širuček, M., & Křen, L. (2017). Application of Markowitz Portfolio Theory by building optimal portfolio on the US stock market. En *Advances in finance, accounting, and economics book series* (pp. 24-42).
- Team, C. (s.f.). Security Market Line (SML). Corporate Finance Institute.
- Wan, Z. (2021). Analysis of Size and Momentum Anomalies in CAPM. *Proceedings of the 2021 3rd International Conference on Economic Management and Cultural Industry (ICEMCI 2021)*.
- Yahoo Finance. (2024). Cotizaciones históricas para Banco Bilbao Vizcaya Argentaria, S.A. (BBVA.MC). Consultado el 5 de marzo de 2024, de <https://finance.yahoo.com/quote/BBVA.MC/history>
- Yahoo Finance. (2024). Cotizaciones históricas para Banco de Sabadell, S.A. (SAB.MC). Consultado el 5 de marzo de 2024, de <https://finance.yahoo.com/quote/SAB.MC/history>
- Yahoo Finance. (2024). Cotizaciones históricas para Banco Santander, S.A. (SAN.MC). Consultado el 5 de marzo de 2024, de <https://finance.yahoo.com/quote/SAN.MC/history>
- Yahoo Finance. (2024). Cotizaciones históricas para CaixaBank, S.A. (CABK.MC). Consultado el 5 de marzo de 2024, de <https://finance.yahoo.com/quote/CABK.MC/history>
- Yahoo Finance. (2024). Cotizaciones históricas para EUR/USD (EURUSD=X). Consultado el 5 de marzo de 2024, de <https://finance.yahoo.com/quote/EURUSD%3DX/history>

Zimmerman, S., Katzmarzik, A., & Kundisch, D. (2012). IT sourcing Portfolio management for IT services providers. *ACM Sigmis Database*, 43(1), 24-45.