



**FACULTAD DE CIENCIAS  
ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**

**GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE  
EMPRESAS**

**EL MODELO CAPM: APLICACIÓN AL MERCADO BURSÁTIL  
ESPAÑOL**

Trabajo Fin de Grado presentado por María Mancera Freire, siendo el tutor del mismo el profesor José Manuel Gavilán Ruiz.

Vº. Bº. del Tutor:

D. José Manuel Gavilán Ruiz

Alumna:

D. María Mancera Freire

Sevilla, Noviembre de 2020





**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES**

**GRADO EN ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO ACADÉMICO 2020-2021**

**TÍTULO:**

**EL MODELO CAPM: APLICACIÓN AL MERCADO BURSÁTIL ESPAÑOL**

**AUTOR:**

**MARÍA MANCERA FREIRE**

**TUTOR:**

**D. JOSÉ MANUEL GAVILÁN RUIZ**

**DEPARTAMENTO:**

**DEPARTAMENTO DE ECONOMÍA APLICADA I**

**ÁREA DE CONOCIMIENTO:**

**MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LA ECONOMÍA Y LA EMPRESA**

**RESUMEN:**

El objetivo de este trabajo es aplicar, en el contexto del modelo de selección de carteras de Markowitz, el modelo CAPM para realizar un análisis del exceso de rendimiento de las acciones de Telefónica, Santander e Iberdrola, en relación al exceso de rendimiento del mercado, medido por el IBEX 35. El periodo de tiempo de los datos utilizados comprende de diciembre de 2002 a diciembre de 2019, siendo datos de cierre del último día de cada mes.

**PALABRAS CLAVE:**

CAPM; exceso de rendimiento; rentabilidad; riesgo; selección de cartera.

# ÍNDICE

---

<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>2 MARCO TEÓRICO</b> .....	6
<b>2.1 INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS</b> .....	6
<b>2.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS ACTIVOS FINANCIEROS</b> .....	6
<b>2.3 EL MODELO DE MARKOWITZ (1952)</b> .....	7
<b>2.4 LÍNEA MERCADO DE CAPITALES (CML)</b> .....	9
<b>2.4.1 Ratio de Sharpe</b> .....	11
<b>3 EL MODELO CAPM</b> .....	12
<b>3.1 DIVERSIFICACIÓN EFICIENTE</b> .....	13
<b>3.2 LÍNEA DEL MERCADO DE VALORES (SML)</b> .....	14
<b>4 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS RENDIMIENTOS</b> .....	16
<b>5 ESTIMACIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO CAPM</b> .....	19
<b>6 CONCLUSIONES</b> .....	24
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	25

## Relación de Figuras

---

Figura 1. Frontera de carteras eficiente .....	8
Figura 2. Línea del mercado de capitales.....	10
Figura 3. Representación del riesgo.....	13
Figura 4. Línea del mercado de títulos .....	14
Figura 5. Exceso de rendimiento de Telefónica respecto al del mercado. 18	
Figura 6. Exceso de rendimiento de Santander respecto al del mercado. 18	
Figura 7. Exceso de rendimiento de Iberdrola respecto al del mercado. ... 18	
Figura 8. Valores observados vs Valores predichos del exceso de rendimiento de la acción de Telefónica. ....	22
Figura 9. Valores observados vs Valores predichos del exceso de rendimiento de la acción de Santander.....	22
Figura 10. Valores observados vs Valores predichos del exceso de rendimiento de la acción de Iberdrola.....	23

## Relación de Tablas

---

Tabla 1. Estadísticos básicos para cada una de las variables .....	17
Tabla 2. Estimación de los modelos CAPM (con ordenada en el origen)..	19
Tabla 3. P-valores de contrastes sobre las pendientes en los modelos CAPM considerados (incluyendo la ordenada en el origen). ....	20
Tabla 4. Estimación de los modelos CAPM (sin ordenada en el origen)...	21
Tabla 5. P-valores de los contrastes sobre las pendientes en los modelos CAPM (sin ordenadas de origen). ....	21

# 1 INTRODUCCIÓN

La finalidad de este trabajo es el estudio del modelo CAPM y su aplicación en el mercado bursátil en España. Para poner en contexto al lector y proceder al estudio de dicho modelo, se comenzará explicando qué es un activo financiero y la descripción de sus características principales. Posteriormente, se entra en más detalle, explicando la estrategia de gestión de activos iniciada por Markowitz (1952), con la propuesta del modelo de selección de carteras de Markowitz, que busca aquella composición de cartera que optimice la relación rentabilidad-riesgo.

Este modelo de inversión ha servido como punto de partida para desarrollar futuras hipótesis y modelos, entre ellos se encuentran el Modelo de Sharpe y el CAPM (*Capital Asset Pricing Model*).

Una vez expuesto lo anterior, se continúa con la presentación y planteamiento del modelo CAPM, con su respectiva aplicación práctica, mostrada a través del estudio de la cotización de la acción de Telefónica, Santander e Iberdrola. A partir del modelo CAPM estimado se intenta explicar la variación del rendimiento esperado de la acción a través del rendimiento obtenido por una cartera de mercado.

Los datos de las cotizaciones de las acciones de Telefónica, Santander, Iberdrola y del IBEX 35 han sido tomados de la página web Yahoo Finance, son datos de cierre del último día de cada mes recogidos en el periodo de diciembre de 2001 a diciembre de 2019, en total las series de los rendimientos contienen 216 observaciones (desde enero de 2002 hasta diciembre de 2019). En cuanto a la cotización de las letras del tesoro, los datos mensuales se han obtenido de la página web del banco de España para el mismo periodo, teniendo en total 216 observaciones.

La estimación del modelo y el análisis y representación de los datos se realizan utilizando el programa de hojas de cálculo Microsoft Excel en su versión 2013.

La estructura del trabajo se divide en seis secciones; la primera sección contiene la presente introducción del trabajo, en la segunda se presenta el marco teórico, la tercera se dedica a la presentación del modelo CAPM, en la cuarta se realiza un análisis exploratorio de los datos para estudiar su comportamiento, mientras que en la quinta sección se especifican los modelos a estimar y se presentan los resultados obtenidos de los mismos. Por último, en la sexta sección se dedica a las conclusiones del trabajo.

## **2 MARCO TEÓRICO**

### **2.1 INTRODUCCIÓN A LA GESTIÓN DE ACTIVOS FINANCIEROS**

Los activos financieros son aquellos valores negociables que otorgan a su comprador el derecho a recibir ganancias futuras por parte del vendedor, es decir, es el derecho que el titular posee sobre un emisor y los movimientos de efectivo futuros que genera.

En la gestión de activos financieros predominan dos tendencias diferenciadas en cuanto a la estrategia más adecuada para conseguir un mismo objetivo, ofrecer rentabilidad al inversor. La gestión pasiva, que supone el cumplimiento de la hipótesis de eficiencia de mercado y por tanto, no es posible obtener rentabilidades superiores al mercado. El gestor de un fondo de inversión tomará decisiones de inversión con el objetivo de replicar el comportamiento de un índice de referencia, basándose sus ganancias en la evolución de éste. Por el contrario, la gestión activa consiste en aprovechar la imperfección existente en un mercado en el que los precios de cotización de los activos no reflejan toda la información disponible, intentando batir al mercado y sacar un rendimiento por encima del índice de referencia.

Sobre la base de esta segunda estrategia de gestión de activos surge en 1952 el modelo de Markowitz o Teoría de Selección de Carteras, que pretende buscar una composición de cartera que permita al inversor conseguir la máxima rentabilidad para un determinado riesgo, o bien, reducir al máximo el riesgo con el que obtener una rentabilidad determinada.

Para determinar los activos y la proporción que debe componer la cartera de valores, el modelo de Markowitz usa la media como medida para calcular la rentabilidad y la desviación típica de esa rentabilidad para calcular el riesgo al que se expone el inversor.

Este modelo de inversión ha servido como punto de partida para desarrollar futuras hipótesis y modelos, entre ellos se encuentran el Modelo de Sharpe y el CAPM (*Capital Asset Pricing Model*).

### **2.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LOS ACTIVOS FINANCIEROS**

En el momento de realizar planes de inversión, los agentes económicos basan sus decisiones en rentabilidad esperada y en el nivel de riesgo que están dispuestos a afrontar.

Dentro de la gestión financiera son tres las principales características que distinguen a los activos: liquidez, riesgo y rentabilidad. Pueden darse en distintos grados según el tipo de activo financiero. Además, existe una fuerte relación entre ellas.

La liquidez es la capacidad de conversión de un activo en dinero sin sufrir pérdidas.

La rentabilidad consiste en los intereses u otros rendimientos que recibe el comprador del activo por el riesgo que supone la obtención temporal de ese derecho. Es frecuente usar los rendimientos logarítmicos, que se calculan como:

$$R_t = \log(P_t) - \log(P_{t-1})$$

El riesgo hace referencia a las posibles variaciones de valor de un activo asociado a la fluctuación y variaciones en el mercado. El riesgo suele medirse mediante la varianza de los rendimientos observados en los diferentes periodos, y cuya expresión es:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{t=1}^n |R_t - \bar{R}|^2}{n}$$

Puesto que el rendimiento y el riesgo esperado son valores futuros y es imposible predecirlos con certeza, es necesario el uso de las probabilidades. El rendimiento esperado por el inversor viene dado por:

$$E(R_t) = \sum_{i=1}^n R_{it} \cdot p(R_i)$$

Donde:

- $E(R_t)$  es el rendimiento esperado en el momento t.
- $R_{it}$  representa los diferentes valores que pueden tomar los rendimientos del activo i en el tiempo t.
- $p(R_i)$  es la probabilidad de que se produzca dicho evento.

Mientras que el riesgo viene medido con la siguiente expresión:

$$\sigma^2 = Var(R_t) = \sum_{i=1}^n |R_{it} - E(R_t)|^2 \cdot p(R_i)$$

### 2.3 EL MODELO DE MARKOWITZ (1952)

Harry Markowitz desarrolla su teoría sobre la base de la conducta racional del inversor, es decir, la preferencia por la rentabilidad y el rechazo ante el riesgo. Por lo tanto, el modelo de Markowitz está basado en la búsqueda de la cartera óptima, que será aquel conjunto de activos financieros que maximicen la rentabilidad esperada por el inversor para un riesgo concreto, o de forma equivalente, que ofrezcan el mínimo riesgo posible para un determinado rendimiento.

El conjunto de carteras eficientes se puede calcular a partir de la resolución del siguiente programa cuadrático paramétrico, que minimiza el riesgo de la cartera dado el conjunto de proporciones de los activos a invertir:

$$\text{Min } \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_{i=1, i \neq j}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \nabla_{i,j}$$

s.a:

$$\mathbf{E}(\mathcal{R}_p) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot \mathbf{E}(\mathcal{R}_i) = \mathcal{V}^*$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1$$

$$x_i \geq 0, \quad \forall i = 1, \dots, n$$

Donde:

- $\sigma_p^2$  Es el riesgo de la cartera p.
- $x_i$  Es la proporción que se invertirá en cada activo.
- $\nabla_{i,j}$  Es la matriz de varianzas y covarianzas de las rentabilidades.

De este modo se obtienen combinaciones de riesgo y rentabilidad óptima que representadas gráficamente dan lugar a una parábola positiva que conecta todas las opciones de carteras eficientes, lo que se conoce como frontera eficiente.



Figura 1. Frontera de carteras eficiente  
Fuente: Rankia

Los distintos puntos que se encuentren reflejados sobre la línea roja de la Figura 1 son carteras de activos óptimas en términos de rentabilidad y riesgo. El objetivo de todo inversor racional será crear carteras en la frontera eficiente ya que la zona que se encuentra por debajo de la frontera no es eficiente y las carteras situadas por encima son inalcanzables.

Un principio básico de las inversiones es la conformación de carteras con fines de diversificación. Lo que le permite al inversor disminuir el riesgo de su cartera sin sacrificar rendimientos.

Para entender completamente el efecto de la diversificación se debe conocer cómo el riesgo individual de cada acción condiciona el riesgo total de la cartera. Para ello hay que tener en cuenta la correlación existente entre dos variables, ya que determinará el nivel de riesgo que soportará la inversión.

Si  $r = +1$  presenta una correlación perfecta positiva, cuando una acción aumenta o disminuye su precio / rendimiento la otra también lo hace en la misma intensidad.

Si  $r = 0$  no existe correlación, no hay ningún tipo de relación entre los valores.

Si  $r = -1$  presenta una correlación perfecta negativa, cuando una acción aumenta o disminuye su precio / rendimiento reacciona de forma opuesta en la misma intensidad.

Por lo general, cuanto menor sea la correlación entre los valores de cartera, menor será el riesgo de diversificación la misma.

## 2.4 LÍNEA MERCADO DE CAPITALES (CML)

Tobin (1958) amplía el modelo de Markowitz incluyendo la posibilidad de invertir en renta fija. La base en la que se fundamenta es la introducción del activo libre de riesgo, así una cartera eficiente estaría compuesta por parte de ese activo y una cartera de activos arriesgados.

La CML une la rentabilidad del activo libre de riesgo con el punto de tangencia de la frontera eficiente. Así pues, el rendimiento esperado se obtendrá a partir de la siguiente expresión:

$$E(r) = rf + \frac{E(R_M) - rf}{\sigma_M} \sigma_R$$

Donde:

- $E(r)$  es el rendimiento de la cartera eficiente
- $rf$  es el rendimiento del activo libre de riesgo
- $E(R_M)$  es el rendimiento del mercado
- $\sigma_M$  es el riesgo (desviación típica) del mercado
- $\sigma_R$  es el riesgo (desviación típica) de la cartera
- $E(r) - rf$  es la prima de riesgo de la cartera
- $E(R_M) - rf$  es la prima de riesgo del mercado

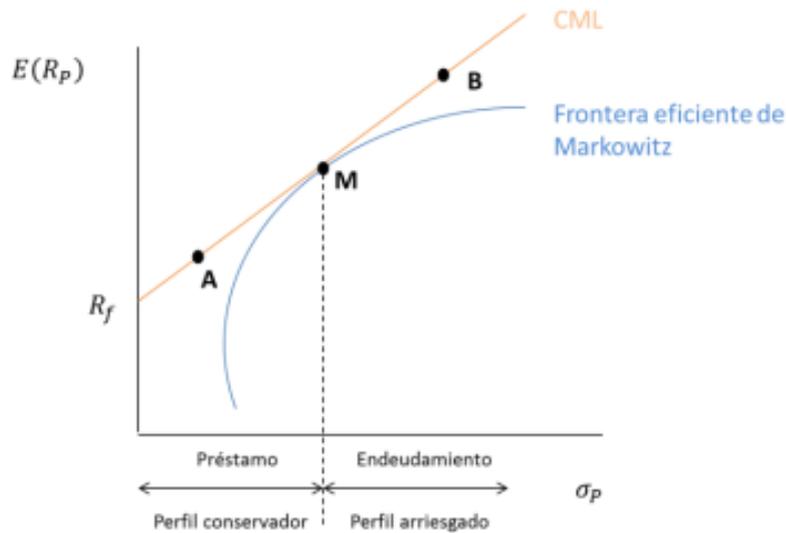


Figura 2. Línea del mercado de capitales.  
Fuente: Sánchez de Valderrama (2007)

La recta que aparece en la Figura 2 se conoce como *Capital Market Line* (CML) y representa las combinaciones óptimas de la cartera de mercado y el activo libre de riesgo para cada inversor. Cualquier punto situado sobre la línea nos indica la proporción óptima de activos con riesgo y libre de riesgo. El punto de tangencia, denominado M, representa la cartera óptima sin activo libre de riesgo.

El punto de origen de la recta,  $r_f$ , comentado anteriormente, representa el tipo de interés del activo libre de riesgo. De modo que, las combinaciones que se encuentren más cerca del punto  $(r_f, 0)$  serán las que tengan mayor proporción de activo libre de riesgo, y aquellas que se encuentren más alejadas de este punto estarán compuestas por mayor proporción de activos con riesgo.

En función de su perfil de riesgo, el inversor puede situarse en otros puntos de la recta CML. Si desea un mayor rendimiento que el ofrecido por el mercado deberá pedir prestado para poder desplazarse hacia la derecha de la línea (punto B) y soportará mayor riesgo, por el contrario, si desea menor riesgo deberá prestar y se desplazará la línea hacia la izquierda (punto A) acompañado de una pérdida de rentabilidad.

### 2.4.1 Ratio de Sharpe

El ratio de Sharpe se utiliza para mostrar hasta qué punto el rendimiento de una inversión compensa al inversor por asumir riesgo, pues compara la diferencia entre la rentabilidad de la cartera y la rentabilidad del activo libre de riesgo.

Cuanto más alto es el ratio más atractiva resulta la inversión porque el riesgo mayor de ésta es compensado con la rentabilidad. En caso de ser negativo indica que el rendimiento del activo es inferior al de la rentabilidad sin riesgo.

Se calcula como:

$$S = \frac{E(R_M) - R_f}{\sigma_M}$$

### 3 EL MODELO CAPM

El Modelo de Valoración de activos de capital o CAPM (*Capital Asset Pricing Model*) surgió de las aportaciones de Treynor (1962), Sharpe (1964), Lintner (1965) y Mossin (1966), siendo una continuación de la Teoría de Carteras de Markowitz (1952).

El modelo nos permite, dentro de un mercado en equilibrio, conocer qué activos ofrecen una mayor rentabilidad para un determinado nivel de riesgo. Cuanto mayor es dicho riesgo, definido por su sensibilidad a las variaciones en los rendimientos del mercado y representado por el coeficiente Beta, mayor es la prima de riesgo exigida por las inversiones y por tanto, mayor es su rentabilidad.

Para aplicar este modelo se deben aceptar una serie de hipótesis previas a su cálculo:

- Todos los inversores de un mercado tienen el mismo horizonte temporal.
- Se asume que se opera en un mercado de competencia perfecta en el que los inversores no pueden afectar al precio de un activo, es decir, son precio-aceptantes.
- Los inversores tienen aversión al riesgo.
- Todos los inversores poseen la misma información y datos, por lo que tienen las mismas expectativas sobre rentabilidad, correlación entre activos y volatilidad de éstos.
- Los rendimientos se distribuyen según un modelo normal.
- Existencia en el mercado de una tasa de interés libre de riesgo que reportará una rentabilidad concreta a riesgo cero.
- Los activos son infinitamente divisibles y no se tendrán en cuenta ningún tipo de gastos ni impuestos.

La ecuación principal en la que se basa el Modelo CAPM es:

$$E(\mathcal{R}_i) = \mathcal{R}_f + \beta_{im}(E(\mathcal{R}_m) - \mathcal{R}_f)$$

Donde:

- $E(\mathcal{R}_i)$  Representa la esperanza de rentabilidad del título i.
- $\mathcal{R}_f$  Tasa libre de riesgo.
- $E(\mathcal{R}_m)$  Esperanza de rentabilidad del mercado.
- $\beta_{im}$  Beta o coeficiente de volatilidad del título i.

### 3.1 DIVERSIFICACIÓN EFICIENTE

La lógica de este modelo se basa en que gracias a la diversificación se puede reducir el riesgo de la cartera sin sacrificar su rentabilidad. Este proceso se lleva a cabo mediante la combinación de valores que tengan una correlación menos que perfecta (i.e.<1), cuanto menor sea la correlación entre los valores de la cartera, menor será el riesgo de diversificación de la misma.

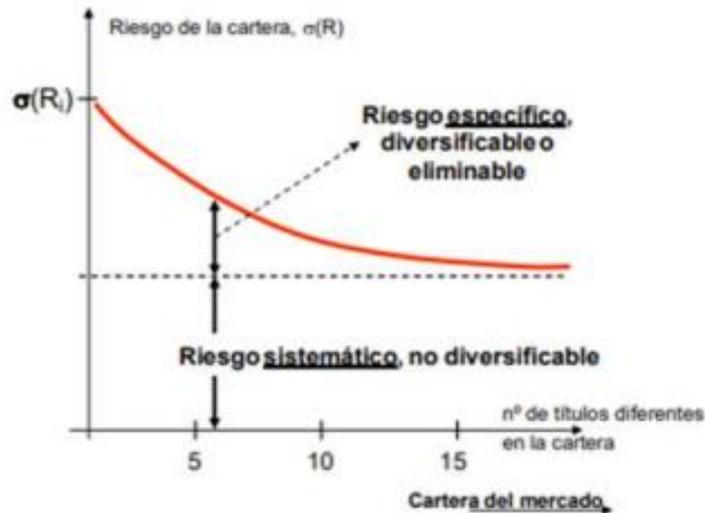


Figura 3. Representación del riesgo.  
Fuente: "Dirección financiera", Durbán (2017)

El riesgo propio o específico, que es aquel intrínseco a cada activo financiero, se puede prácticamente eliminar mediante la diversificación, es decir, cuanto mayor sea el número de activos de la cartera menor será el riesgo.

El riesgo sistemático, es el riesgo al que están expuestos todos los activos del mercado, y por tanto influyen en la rentabilidad de los títulos, como por ejemplo, tipos de interés, caída bursátil o recesión económica. No se puede actuar para reducir sus efectos mediante diversificación. Consecuentemente, debe ser tenido en cuenta al calcular el retorno de un activo, ya que los inversores solo demandarán una rentabilidad extra por el riesgo sistemático. Esta rentabilidad extra es conocida como prima de riesgo y depende de la prima de riesgo del mercado.

Si representamos la prima de riesgo como la diferencia entre el rendimiento de un título y el del activo sin riesgo:

$$\mathcal{R}_j - \mathcal{R}_f = \beta_i (\mathcal{R}_M - \mathcal{R}_f) + e_j$$

Donde:

- $\mathcal{R}_f$  Representa el rendimiento del activo libre de riesgo.
- $\mathcal{R}_M - \mathcal{R}_f$  Exceso de rentabilidad de la cartera de mercado.
- $\beta_i$  Este coeficiente muestra las variaciones de la rentabilidad del título que se deben a las variaciones de la rentabilidad del mercado. Es la covarianza entre el rendimiento del activo con riesgo y los rendimientos del mercado dividido por la varianza de los rendimientos del mercado.

$$\beta_i = \frac{cov(\mathcal{R}_i, \mathcal{R}_m)}{\sigma_m^2}$$

Si  $\beta_i > 1$ , reciben el nombre de activos agresivos, tienen mayor riesgo sistemático que el mercado y reaccionan a los movimientos en mayor medida que éste.

Si  $\beta_i = 1$ , reciben el nombre de activos neutros y presentan la misma variabilidad en la rentabilidad que el mercado.

Si  $0 < \beta_i < 1$ , reciben el nombre de activos defensivos, tienen menor riesgo sistemático que el mercado y responden a los movimientos en menor medida.

Si  $\beta_i < 0$ , son activos que siguen al mercado de forma inversa, es decir, la rentabilidad de los activos aumentará cuando caiga la del mercado y viceversa.

### 3.2 LÍNEA DEL MERCADO DE VALORES (SML)

La línea del mercado de valores o SML (*Security Market Line*) es la representación del Modelo CAPM. Es una línea basada en la relación entre el rendimiento esperado de un título con su riesgo sistemático.

La fórmula para trazar la SML es la misma utilizada en el cálculo del CAPM:

$$E(R_i) = R(f) + \beta_{im}(E(R_m) - R_f)$$

La ecuación anterior se representa gráficamente de la siguiente manera:

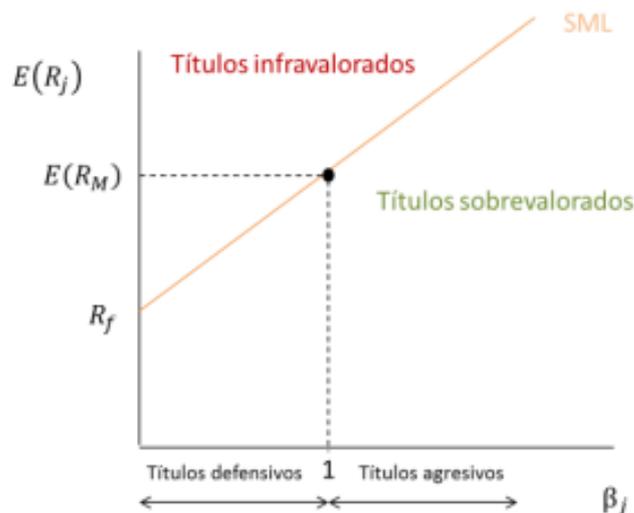


Figura 4. Línea del mercado de títulos.  
Fuente: Elton y Gruber (1995).

Todas las carteras óptimas estarán situadas sobre la línea SML. Aquellos activos que se sitúan por encima de la recta SML son activos que se consideran infravalorados para la relación rentabilidad-riesgo que poseen.

Si por el contrario, una cartera se sitúa por debajo de la SML significa que la rentabilidad que ofrece es muy pequeña para el riesgo que supone invertir en ella. En este caso los valores están sobrevalorados.

## 4 ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LOS RENDIMIENTOS

En esta sección se realiza un análisis exploratorio de los datos para ver cómo se comportan y comprobar si es conveniente realizar la estimación mediante un modelo lineal en el que se explica la variación del rendimiento esperado de las acciones de las empresas elegidas (Telefónica, Santander e Iberdrola) a través del rendimiento obtenido por una cartera de mercado, IBEX 35.

Las series financieras utilizadas para la estimación del modelo CAPM son los rendimientos de la acción de Telefónica, Santander e Iberdrola para los activos con riesgo, el índice bursátil IBEX 35 como activo representando al mercado, y como activo libre de riesgo se utilizan los rendimientos de las letras del tesoro a doce meses.

Los datos de cotización de las diferentes acciones y del IBEX 35 han sido tomados de la página web Yahoo Finance. Son datos de cierre del último día de cada mes recogidos en el periodo de diciembre de 2001 a diciembre de 2019, en total las series contienen 216 rendimientos (desde enero de 2002 hasta diciembre de 2019). En cuanto a la cotización de las letras del tesoro, los datos mensuales se han obtenido de la página web del banco de España para el mismo periodo, teniendo en total 216 rendimientos mensuales.

Telefónica S.A. es una empresa multinacional española de telecomunicaciones, con sede central en Madrid y fundada el 19 de abril de 1924. Opera en 16 países en Europa y Latinoamérica. Es una empresa totalmente privada y cotiza en España donde forma parte del IBEX 35. Cerró el año 2019 con una capitalización bursátil de 32.331 millones de euros.

Banco Santander es una entidad financiera fundada el 15 de mayo de 1857 en Santander donde tiene su sede social. Es el primer banco de la zona euro y está entre los quince mayores del mundo por capitalización bursátil. Cotiza en la Bolsa de Madrid y forma parte del IBEX 35 así como del Dow Jones EuroStoxx 50. Cerró 2019 con una capitalización bursátil de 61.986 millones de euros.

Iberdrola S.A. es un grupo empresarial dedicado a la producción, distribución y comercialización de energía. Fundada el 1 de noviembre de 1992 en Bilbao, donde tiene su sede social. Es una de las principales empresas españolas del IBEX 35 por capitalización bursátil, cerrando 2019 con 58.404 millones de euros. Es líder mundial del sector eólico y una de las mayores compañías eléctricas del mundo.

El IBEX 35 es el principal índice bursátil español. Es utilizado como referente nacional e internacional para conocer el estado de la bolsa española. Está formado por las 35 empresas con más liquidez que cotizan en el Sistema de Interconexión Bursátil integrado por las cuatro bolsas españolas (Madrid, Barcelona, Bilbao y Valencia). El IBEX 35 se calcula mediante un índice ponderado por capitalización bursátil, lo que implica que no todas las empresas que cotizan en el IBEX 35 tienen el mismo peso en la evolución del índice.

Las letras del Tesoro son títulos de deuda pública (renta fija) a corto plazo emitidos al descuento, el valor nominal de cada letra es de 1.000€. Los títulos tienen un precio de adquisición menor que el nominal. La diferencia entre el valor de reembolso de la letra y el precio de adquisición es el interés de la operación. Se consideran de los activos

financieros con menor riesgo del mercado, por lo que poseen rentabilidades bajas. Su vencimiento suele situarse en plazos entre 3 y 18 meses.

En este apartado trabajaremos solo con los excesos de rendimientos, siendo el exceso de rendimiento de la acción de Telefónica  $y_{tel}$ , el exceso de rendimiento de la acción de Santander como  $y_{san}$ , el exceso de rendimiento de la acción de Iberdrola  $y_{ibe}$  y el exceso de rendimiento de la cartera de mercado  $x_{rm}$  donde:

- $y_{tel} = R_{Telefónica} - R_{letras\ del\ tesoro}$
- $y_{san} = R_{Santander} - R_{letras\ del\ tesoro}$
- $y_{ibe} = R_{Iberdrola} - R_{letras\ del\ tesoro}$
- $y_{rm} = R_{Cartera\ de\ mercado\ (Ibex\ 35)} - R_{letras\ del\ tesoro}$

En la Tabla 1 se muestra una estadística descriptiva básica de las cuatro variables consideradas:

	<b>x_rm</b>	<b>y_tel</b>	<b>y_san</b>	<b>y_ibe</b>
Media	-0,0673	-0,5044	-0,5214	0,3492
Error típico	0,3756	0,4733	0,6021	0,4448
Mediana	0,6934	-0,0682	0,5791	0,6594
Desviación T.	5,5197	6,9566	8,8493	6,5370
Varianza	30,4674	48,3946	78,3093	42,7321
Curtosis	1,1898	1,8355	1,4342	1,9531
Coef. Asimetría	-0,5314	-0,4788	-0,3347	-0,5327
Rango	34,1317	52,7445	61,4267	43,5547
Mínimo	-19,0252	-29,0557	-27,8261	-24,1128
Máximo	15,1064	23,6888	33,6006	19,4419
Suma	-14,5283	-108,9436	-112,6329	75,4276
Datos	216	216	216	216

Tabla 1. Estadísticos básicos para cada una de las variables  
Fuente: elaboración propia

En las siguientes figuras se representan los diagramas de dispersión a los que se añade el ajuste de una línea roja de regresión lineal para cada una de las variables, se observa que el requisito de linealidad de la relación entre la variable dependiente (exceso de rendimiento de las acciones) con la variable explicativa (exceso de rendimiento de la cartera de mercado) parece apropiado. En todos ellos se observa que la mayoría de los puntos se sitúan cerca de la recta, con un poco más de dispersión en el caso de Iberdrola. Tienen una pendiente estimada positiva y una ordenada en el origen estimada muy cercana a cero. Por lo que la hipótesis de linealidad sin ordenada en el origen que se establece en el modelo CAPM parece adecuado.

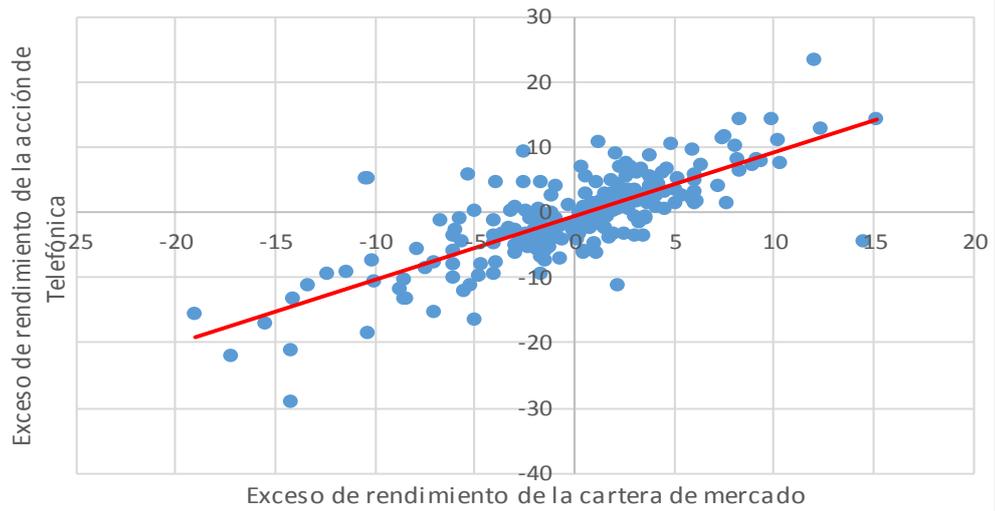


Figura 5. Exceso de rendimiento de Telefónica respecto al del mercado.  
Fuente: elaboración propia

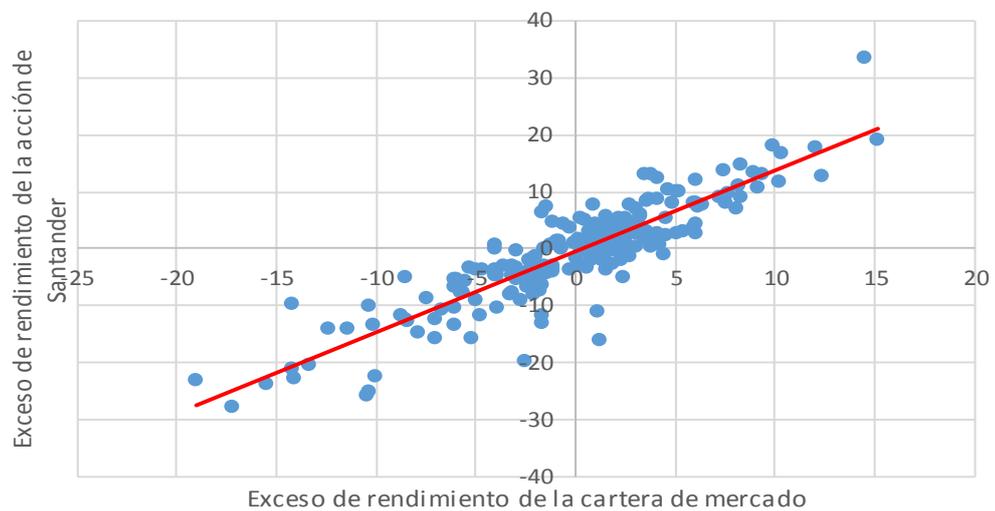


Figura 6. Exceso de rendimiento de Santander respecto al del mercado.  
Fuente: elaboración propia

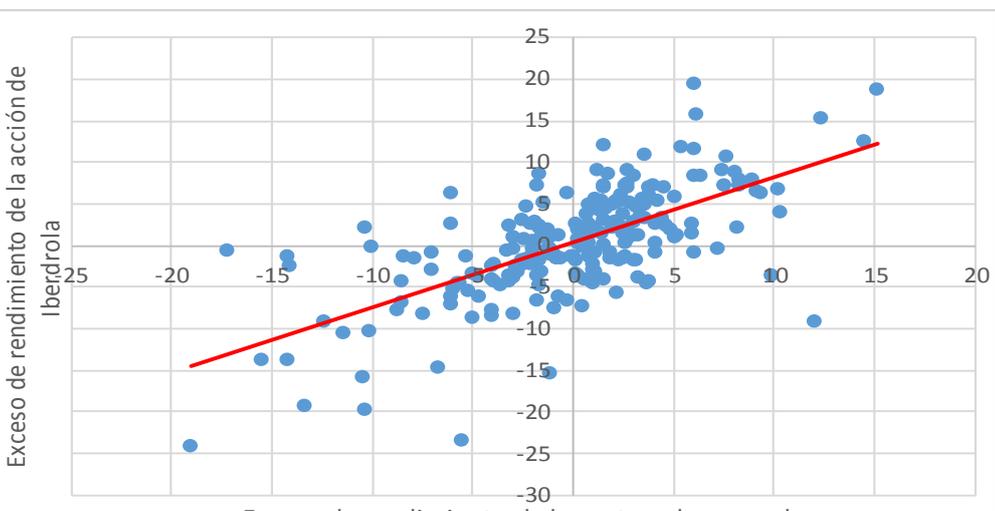


Figura 7. Exceso de rendimiento de Iberdrola respecto al del mercado.  
Fuente: elaboración propia

## 5 ESTIMACIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO CAPM

Una vez realizado el análisis exploratorio de los datos y habiendo comprobado la linealidad en la relación, homogeneidad de los datos y normalidad en la distribución, se llevará a cabo la estimación del modelo CAPM mediante el método de mínimos cuadrados utilizando la aplicación informática Excel se estima un modelo lineal para cada uno de los excesos de rendimientos de las acciones de Telefónica, Santander e Iberdrola en función del exceso de rendimiento del mercado.

Los modelos a estimar son los siguientes:

$$y_{tl_t} = \beta_0 + \beta_1 * x_{rm_t} + u_t \text{ (Telefónica)}$$

$$y_{sa_t} = \beta_0 + \beta_1 * x_{rm_t} + u_t \text{ (Santander)}$$

$$y_{ib_t} = \beta_0 + \beta_1 * x_{rm_t} + u_t \text{ (Iberdrola)}$$

Resultados de la estimación:

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Variable dependiente	y_tel	y_san	y_ibe
intercepto	-0,43874	-0,42596	0,40192
Error intercepto	0,30029	0,28041	0,33422
x_rm	0,97579***	1,41969***	0,78384***
Error x_rm	0,05453	0,05091	0,06069
R <sup>2</sup>	0,59945	0,7842	0,4381
R <sup>2</sup> Ajustada	0,59758	0,7832	0,4354
Error Estandar	4,41	4,12	4,91
Estadístico F	320,3***	777,5***	166,8***

Tabla 2. Estimación de los modelos CAPM (con ordenada en el origen).

Fuente: elaboración propia

\*\*\*significativo al 1%, \*\*significativo al 5%, \*significativo al 10%

Como se puede observar en la Tabla 2 en los tres modelos el coeficiente del exceso de rendimiento del mercado, es significativo al 5%, incluso al 1%, pues el p-valor es menor a 0,05, es decir, que la variable exceso de rendimiento de la cartera de mercado tiene efecto sobre el exceso de rendimiento de la acción. Por tanto, hay evidencias para rechazar la hipótesis nula  $H_0: \beta_1 = 0$ .

En cada uno de ellos se contempla que la ordenada en el origen no es estadísticamente significativa, por lo que se no rechaza la hipótesis nula  $H_0: \beta_0 = 0$ , incluso al 10% de significatividad, tal y como establece el modelo CAPM.

En el caso de Telefónica (Modelo 1), el exceso de rendimiento de la cartera de mercado explica un 59,75% la variabilidad que se produce en el exceso de rendimiento de la acción de Telefónica, por lo que el 40,25% de las variaciones se debe al riesgo específico.

Por otro lado, en el modelo de Santander (Modelo 2), el exceso de rendimiento de la cartera de mercado explica un 78,32% la variabilidad que se produce en el exceso de rendimiento de la acción de Santander, por lo que el 21,68% de las variaciones se debe al riesgo específico.

Por último, en el modelo de Iberdrola (Modelo 3) el exceso de rendimiento de la cartera de mercado explica un 43,54% de la variabilidad que se produce en el exceso de rendimiento de la acción de Iberdrola, por lo que el 56,46% de las variaciones se debe al riesgo específico.

Para comprobar la intensidad de la variación del exceso de rendimiento de las acciones respecto al exceso de rendimiento del mercado se han contrastado las siguientes hipótesis  $\beta = 1$ ,  $\beta \leq 1$ ,  $\beta \geq 1$ . El resultado de dichos contrastes se refleja en la siguiente tabla, donde se muestran los p-valores obtenidos.

P-valor			
H0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
$\beta_1 = 1$	0,657523401	1,6813E-14	0,000453887
$\beta_1 \leq 1$	0,671238299	8,40651E-15	0,999773057
$\beta_1 \geq 1$	0,328761701	1	0,000226943

Tabla 3. P-valores de contrastes sobre las pendientes en los modelos CAPM considerados (incluyendo la ordenada en el origen).  
Fuente: elaboración propia

A la vista de los resultados de la Tabla 3, en el caso de Telefónica (Modelo 1), al 5% de significatividad se acepta la hipótesis  $H_0: \beta_1 = 1$ , por lo que se puede considerar que el exceso de rendimiento de la acción de Telefónica es igual al exceso de rendimiento de mercado, es decir, si el rendimiento del mercado aumenta o disminuye, el rendimiento de la acción lo hará en la misma proporción.

En el caso de Santander (Modelo 2), al 5% de significatividad se rechazan las hipótesis  $H_0: \beta_1 = 1$  y  $H_0: \beta_1 \leq 1$ , pues en ambos casos el valor del p-valor es mucho menor que 0,05, luego se acepta  $\beta_1 > 1$ , es decir, que el exceso de rendimiento de la acción de Santander es mayor que el exceso del rendimiento de mercado. Tal y como se ha estudiado en el marco teórico la inversión en acciones de Santander recibe el nombre de inversión agresiva, tiene mayor riesgo sistemático que el mercado y reacciona a los movimientos en mayor medida que éste.

Por último, en el caso de Iberdrola (Modelo 3), al 5% de significatividad se rechazan las  $H_0: \beta_1 = 1$  y  $H_0: \beta_1 \geq 1$ , pues en ambos casos el valor del p-valor es mucho menor que 0,05, por lo que se acepta que  $\beta_1 < 1$ , es decir, que el exceso de rendimiento de la acción de Iberdrola es menor que el exceso de rendimiento del mercado. Según el marco teórico la inversión en acciones de Iberdrola recibe el nombre de inversión defensiva, tiene menor riesgo sistemático que el mercado y responde a los movimientos en menor medida que éste.

Como en los tres modelos estimados la ordenada en el origen no es significativa, tal y como establece el modelo CAPM, se volverá a estimar los modelos quitando este término a partir de los siguientes modelos lineales:

$$y_{tel_t} = \beta_1 * x_{rm_t} + u_t \text{ (Telefónica)}$$

$$y_{sa_t} = \beta_1 * x_{rm_t} + u_t \text{ (Santander)}$$

$$y_{ib_t} = \beta_1 * x_{rm_t} + u_t \text{ (Iberdrola)}$$

Resultados de la estimación:

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
<b>Variable dependiente</b>	<b>y_tel</b>	<b>y_san</b>	<b>y_ibe</b>
<b>x_rm</b>	0,97677 ***	1,42063 **	0,78295 ***
<b>Error x_rm</b>	0,05467	0,05107	0,06075
<b>R<sup>2</sup></b>	0,59758	0,78260	0,4359
<b>R<sup>2</sup> Ajustado</b>	0,59293	0,77794	0,4312
<b>Error Estandar</b>	4,42	4,13	4,92
<b>Estadístico F</b>	319,3 ***	773,9 ***	166,1 ***

Tabla 4. Estimación de los modelos CAPM (sin ordenada en el origen).

Fuente: elaboración propia

\*\*\*significativo al 1%, \*\*significativo al 5%, \*significativo al 10%

Como se aprecia en la Tabla 4, tras la estimación de los modelos sin la ordenada en el origen, el coeficiente  $\beta_1$  apenas ha variado en comparación con la estimación de los modelos con término independiente. En los tres modelos, el coeficiente  $\beta_1$  sigue siendo estadísticamente significativo.

Procediendo de forma análoga a los contrastes de hipótesis con el fin de comprobar la intensidad de la variación del exceso de rendimiento de las acciones respecto al exceso de rendimiento del mercado, se obtienen los siguientes resultados que muestran la Tabla 5. Cabe destacar, que se observa que prácticamente los resultados no han sufrido cambios al estimar los modelos sin considerar el término independiente.

P-valor			
H0	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
$\beta_1=1$	0,671244392	1,714E-14	0,000435466
$\beta_1 \leq 1$	0,664377804	8,5698E-15	0,999782267
$\beta_1 \geq 1$	0,335622196	1	0,000217733

Tabla 5. P-valores de los contrastes sobre las pendientes en los modelos CAPM (sin ordenadas de origen).

Fuente: elaboración propia

En el caso de Telefónica (Modelo 1), al 5% de significatividad se acepta la hipótesis  $H_0: \beta_1 = 1$ , por lo que se puede considerar que el exceso de rendimiento de la acción de Telefónica es igual al exceso de rendimiento de mercado, es decir, si el rendimiento del mercado aumenta o disminuye, el rendimiento de la acción lo hará en la misma proporción.

En el caso de Santander (Modelo 2), al 5% de significatividad se rechazan las hipótesis  $H_0: \beta_1 = 1$  y  $H_0: \beta_1 \leq 1$ , pues en ambos casos el valor del p-valor es mucho menor que

0,05, luego se acepta  $\beta_1 > 1$ , es decir, que el exceso de rendimiento de la acción de Santander es mayor que el exceso del rendimiento de mercado. Por tanto, la inversión en acciones de Santander recibe el nombre de inversión agresiva, es decir, tiene mayor riesgo sistemático que el mercado y reacciona a los movimientos en mayor medida que éste.

Por último, en el caso de Iberdrola (Modelo 3), al 5% de significatividad se rechazan las hipótesis  $H_0: \beta_1 = 1$  y  $H_0: \beta_1 \geq 1$ , por lo que se acepta que  $\beta_1 < 1$ , es decir, que el exceso de rendimiento de la acción de Iberdrola es menor que el exceso de rendimiento del mercado. Por tanto, la inversión en acciones de Iberdrola recibe el nombre de inversión defensiva, es decir, tiene menor riesgo sistemático que el mercado y responde a los movimientos en menor medida que éste.

A continuación se muestran los gráficos de la evolución temporal de los valores observados y predichos de cada uno de los excesos de rendimiento.

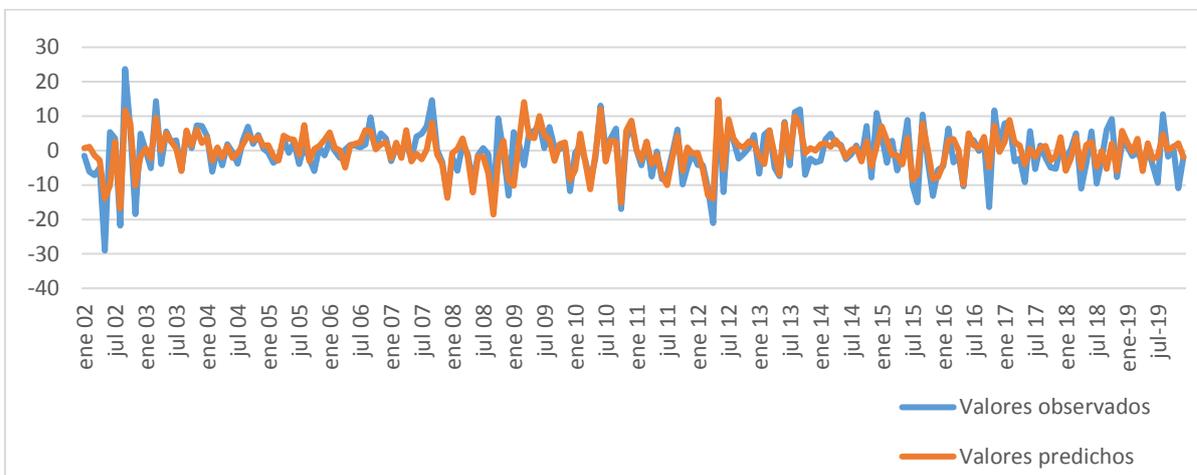


Figura 8. Valores observados vs Valores predichos del exceso de rendimiento de la acción de Telefónica.

Fuente: elaboración propia

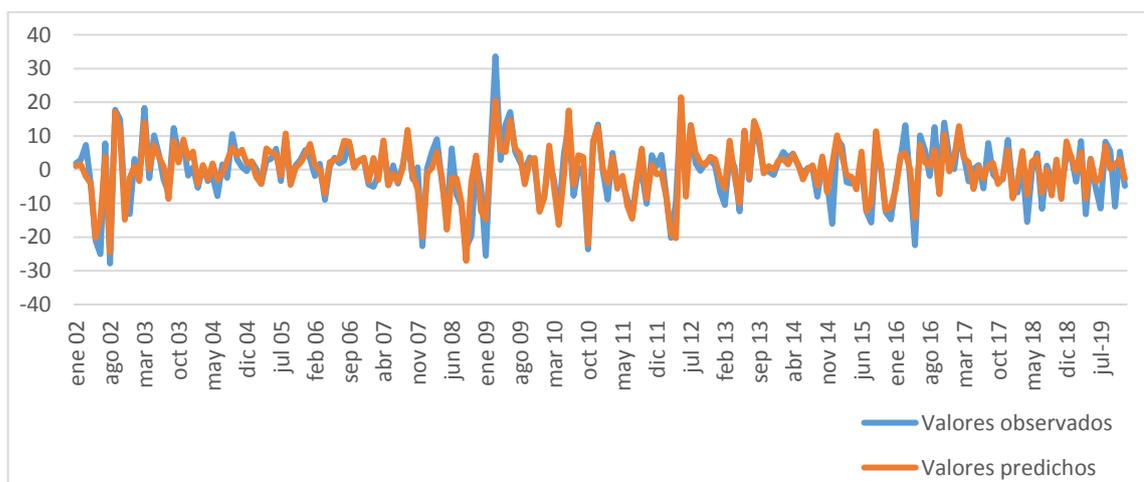


Figura 9. Valores observados vs Valores predichos del exceso de rendimiento de la acción de Santander.

Fuente: elaboración propia

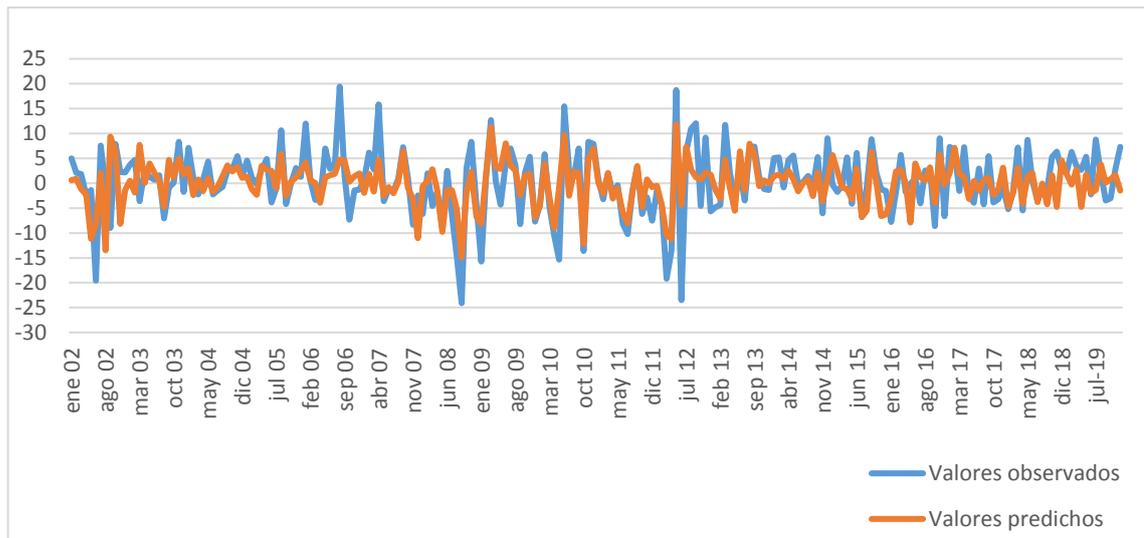


Figura 10. Valores observados vs Valores predichos del exceso de rendimiento de la acción de Iberdrola.

Fuente: elaboración propia

En las Figuras 8 y 9, donde se representan los valores observados y los valores predichos del exceso de rendimiento de la acción de Telefónica y Santander se puede observar que las predicciones se ajustan bastante a los valores observados. Esto se debe a que la mayor parte de la variabilidad del exceso de rendimiento de estas acciones viene explicada por el exceso de rendimiento del mercado y en menor medida por los riesgos específicos recogidos en el término de perturbación.

En cambio en el caso de Iberdrola, Figura 10, el modelo no acaba de realizar predicciones adecuadamente debido a que el modelo solo explica un 43% de la variabilidad que se produce en el exceso de rendimiento de la acción. La mayor parte de la explicación viene recogida por el término de perturbación que es donde se reúnen los riesgos específicos de la acción.

## 6 CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo se ha estimado un modelo CAPM para las acciones de Telefónica, Santander e Iberdrola para explicar la variación que se produce en el exceso de rendimiento de cada una de las mismas respecto al activo libre de riesgo (letras del tesoro) en función del exceso de rendimiento del mercado (IBEX 35) respecto al mismo activo libre de riesgo.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se observa que el modelo CAPM es una buena herramienta para explicar y predecir el exceso de rendimiento de las acciones usando como variable explicativa el exceso de rendimiento de la cartera de mercado.

En el caso de Telefónica, un 59,75% de la variación del exceso de rendimiento de la acción viene explicada por el exceso de rendimiento de la cartera de mercado, mientras que un 40,25% se debe al riesgo específico.

En el caso de Santander, la mayor parte de la variación del exceso de rendimiento de la acción, un 78,32%, viene explicada por la variación en el exceso de rendimiento de la cartera de mercado, mientras que un 21,68% de la variación se debe al riesgo específico.

En el caso de la acción de Iberdrola el exceso de rendimiento de la cartera de mercado explica un 43,54% de la variabilidad que se produce en el exceso de rendimiento de la acción, por lo que la mayor parte de la variabilidad, un 56,46%, se debe al riesgo específico.

Al comprobar la intensidad de la variación del exceso de rendimiento de las acciones respecto al exceso de rendimiento del mercado se observa que en el caso del rendimiento las acciones de Telefónica varían en el mismo sentido y proporción que el rendimiento del mercado al aceptar la hipótesis de que el coeficiente beta ( $\beta_1$ ) es igual que uno.

Por lo que respecta a la variación de rendimiento de la acción de Santander se observa que al variar el exceso de rendimiento de la cartera de mercado, ésta varía en mayor medida ya que se acepta la hipótesis de que el coeficiente beta ( $\beta_1$ ) es mayor que uno, considerándose una inversión agresiva.

Mientras que para el caso de Iberdrola se acepta que el coeficiente ( $\beta_1$ ) es menor que uno, es decir, que el exceso de rendimiento de la acción de Iberdrola responde a los movimientos en menor medida que el exceso de rendimiento del mercado, considerándose una inversión defensiva.

Para finalizar cabe destacar, que los resultados no sufren cambios al estimar los modelos sin considerar el término independiente, el cual en los tres modelos estimados es no significativo, lo que da evidencia a favor del modelo CAPM estándar en el cual el término constante no se considera, sino que muchos investigadores a la hora de estimar el modelo introducen éste parámetro para medir el rendimiento de la acción en el caso de que el exceso de rendimiento de la cartera de mercado sea cero.

## BIBLIOGRAFÍA

Durbán Oliva, Salvador. (2017) "Dirección Financiera" McGraw Hill

Elton, E., Gruber, M. (1995) "*Modern portfolio theory and investment analysis.*" New York: Wiley.

Franklin Allen, Richard A. Brealey y Stewart Myers. "Principios de finanzas corporativas" 9ª Edición.

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

Markowitz, H. (1952) "Portfolio Selection". *The Journal Of Finance*, Vol. 7, No. 1, 77-91

Mascareñas, J. "Gestión de Carteras I: Selección de Carteras" Versión de enero 2018

Mascareñas, J. "Gestión de Carteras II: Modelo de Valoración de Activos" Versión de enero 2018

Mossin, J. (1966) "Equilibrium in a Capital Asset Market", *Econometrica*, 34 (4), 768-783.

Sánchez Fernández de Valderrama, J. (2007). "Curso de bolsa y mercados financieros". Barcelona: Ariel

Sharpe, W. (1964) "Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk", *Journal of Finance*, 19 (3), 425-442