



**Universidad**  
Zaragoza

1542

## Trabajo Fin de Grado

Aplicación del modelo CAPM: Análisis y crítica  
Application of the CAPM model: Analysis and review

Autor

ALBERTO SANZ LÁZRO  
599341

Directora

PATRICIA BACHILLER BAROJA

Facultad

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

Año

2015/2016

**RESUMEN:**

El objetivo principal de este trabajo es analizar, mediante el modelo CAPM, la rentabilidad que se le debería exigir a 12 empresas del IBEX 35 para el año 2008. El periodo en el que se va a realizar el análisis es desde 2004 hasta 2007, época de auge económico. Además de ello, se va a realizar un análisis a las distintas críticas que han ido surgiendo con el paso del tiempo y se va a analizar la referida a la falta de variables. Para llevar a cabo este estudio, se ha realizado una revisión bibliográfica de los principales autores que participaron en la creación del modelo así como de los diferentes economistas que han ido realizando críticas en base a sus análisis.

El trabajo se estructura en tres partes principales. En la primera parte, se realiza un breve análisis del modelo CAPM y de las distintas críticas que han ido realizando distintos autores. En la segunda parte, se realizan los cálculos de la rentabilidad esperada, teórica o la SML entre otros. Por último, se van a analizar los resultados obtenidos y se van extraer las principales conclusiones del estudio realizado.

**ABSTRACT:**

The main purpose of this work is to analyze through the Capital Asset Pricing Model (CAPM) the profitability that should be required to 12 companies in the IBEX 35 for 2008. The period of the analysis is from 2004 to 2007, period of economic growth. In addition, it is going to be done an analysis to the various criticisms that have emerged with the passage of time and it is going to be calculated one them referred to the lack of variables. To carry out this study, there has been a literature review of the main authors who participated in the creation of the model as well as the various economists who have been making critics based on their analysis.

The work is divided in three main parts. In the first part, a brief analysis of the model and the criticisms that have been made by different authors is performed. In the second part, calculations of the expected theoretical profitability or SML among others are made. In the last part, finally, the results are going to be analysed and the main conclusions of the study are going to be extracted.

**ÍNDICE:**

1.Introducción.....	5
2.Contexto.....	6
2.1. Modelo CAPM.....	6
2.1.1. Descripción del modelo.....	6
2.1.2. Estructura.....	7
2.1.3. Hipótesis del modelo CAPM.....	8
2.2. Críticas al modelo CAPM.....	8
2.2.1. Evidencia empírica del modelo CAPM.....	8
2.2.2. Existencia de más de una variable relevante.....	10
2.2.3. Crítica de Fama y French.....	12
2.2.4. CAPM en el mercado bursátil español.....	14
2.3. Modelos derivados del CAPM.....	15
2.3.1. Modelo 0-Beta.....	15
2.3.2. Modelo CAPM con nuevas variables explicativas.....	16
2.3.3. Modelo CAPM con tres variables explicativas.....	17
3.Muestra, metodología y aplicación del modelo.....	18
3.1. Datos escogidos.....	18
3.2. Cálculo del modelo CAPM.....	19
3.2.1. Calculo de la rentabilidad de cada activo.....	19
3.2.2. Calculo de beta.....	20
3.2.3. Rentabilidad esperada según el modelo CAPM.....	22
3.2.4. Cálculo y representación de la SML.....	23
3.2.5. Rentabilidad esperada según Sharpe.....	24
3.2.6. Determinación de activos infravalorados y sobrevalorados.....	26
3.2.7. Formación de carteras con el modelo CAPM.....	27
3.2.8. Criticas al modelo CAPM.....	29
4.Análisis de resultados.....	32
5.Conclusiones.....	36
6. Bibliografía.....	38

7. Webgrafía.....	40
8. Anexo.....	41

## 1. INTRODUCCIÓN

La realización de este proyecto tiene por objetivo el estudio del modelo Capital Asset Pricing Model (en adelante, modelo CAPM) aplicado sobre acciones de empresas del IBEX-35 en el periodo 2004-2007, momento en el que se produce un gran crecimiento de la economía española, para realizar una crítica sobre la fiabilidad de dicho modelo en épocas de crisis como método de inversión.

El modelo CAPM se creó en 1962 como avance del modelo de selección de carteras de Markowitz y tiene por objetivo ayudar al inversor a encontrar activos que ofrezcan la mayor rentabilidad posible para un riesgo determinado o una determinada rentabilidad con el menor riesgo posible. El modelo CAPM es el modelo más utilizado en todo el mundo para estimar la rentabilidad que los accionistas deben obtener al invertir dinero en acciones de una empresa. Sin embargo, el modelo CAPM siempre ha sido debatido. Durante 30 años, los expertos han debatido si la beta es la medida más apropiada del riesgo y qué variables adicionales pueden afectar al rendimiento de las acciones.

Los objetivos que se pretenden alcanzar con el desarrollo de este trabajo son:

- Análisis del modelo CAPM, definiendo los diferentes elementos que lo componen y las hipótesis asumidas en el mismo. Además de esto, se pretende realizar un repaso histórico a las críticas que han realizado diferentes autores.
- Aplicación del modelo sobre acciones del IBEX-35 contrastando los resultados obtenidos con el modelo y los que se han dado realmente.
- Realizar una crítica sobre la fiabilidad de dicho modelo en base a los resultados obtenidos y comprobar si se podría mejorar el mismo, como han demostrado algunos académicos.
- Obtener una serie de conclusiones acerca del contenido de los objetivos citados.

## 2.CONTEXTO

### 2.1. MODELO CAPM

#### 2.1.1 Descripción

Uno de los problemas más importantes de la economía financiera moderna es la cuantificación de la relación entre rendimiento esperado y riesgo. Con el desarrollo del CAPM los economistas fueron capaces de cuantificar el rendimiento esperado por invertir a un determinado nivel de riesgo.

El modelo de valoración de activos financieros, denominado en inglés CAPM (Capital Asset Pricing Model), es un modelo introducido en 1962 por Jack L. Treynor, William Sharpe, John Litner y Jan Mossin de forma simultánea, pero independiente, basado en trabajos anteriores de Harry Markowitz sobre la diversificación y la teoría moderna de Portfolio, siendo William Sharpe el gran representante de este modelo. La inquietud que los atrajo por este tema fue el desarrollo de modelos explicativos y predictivos para el comportamiento de los activos financieros.

El modelo CAPM permite, dentro de un mercado eficiente, calcular la tasa de rendimiento teóricamente requerida para cierto activo. Dicho de otra forma, la tasa de rendimiento es la rentabilidad que los accionistas deben obtener de una empresa por invertir su dinero en ella. El modelo tiene en cuenta la sensibilidad del activo al riesgo no diversificable (conocido también como riesgo de mercado o sistemático, que es representado mediante el símbolo de beta) así como el rendimiento esperado de un activo en teoría libre de riesgo y el rendimiento esperado de mercado.

De esta manera, el CAPM depende de tres variables: Rentabilidad del activo libre de riesgo, rentabilidad del activo y rentabilidad de la cartera de mercado. En concreto, la diferencia entre la rentabilidad de mercado y rentabilidad del activo libre de riesgo es denominada prima de riesgo y es la compensación que recibe el inversor por asumir una unidad de riesgo de mercado. La única variable específica del activo es el coeficiente beta, que es su riesgo relativo al mercado.

### 2.1.2. Estructura

La relación de equilibrio que describe el modelo CAPM queda resumida en la siguiente formula:

$$E(r_i) = r_f + \beta_{im} (E(r_m) - r_f)$$

Donde:

$E(R_i)$  es la tasa de rendimiento esperada de capital sobre el activo i.

$\beta_{im}$  es la beta, un factor que mide la sensibilidad entre la rentabilidad del activo i y la rentabilidad del mercado m.

$E(r_m) - r_f$  es el exceso de rentabilidad de la cartera de mercado, la prima de riesgo del mercado.

$R_f$  es el rendimiento de un activo libre de riesgo.

$R_m$  es el rendimiento del mercado.

Es importante tener presente que se trata de una beta no apalancada, es decir, que se supone que una empresa no tiene deuda en su estructura de capital, por lo tanto no se incorpora el riesgo financiero, y en caso de querer incorporarlo, debemos determinar una beta apalancada; por lo que el rendimiento esperado será más alto.

La Security Market Line (SML) es una línea recta que relaciona linealmente la rentabilidad esperada de un activo con una medida del riesgo del mismo y en condiciones de equilibrio todos los activos tienden a situarse sobre ella. La principal finalidad del cálculo de la SML es la evaluación de los activos para que el inversor sepa si debe comprar o no los mismos.

Gráficamente la representación de la SML es la siguiente:

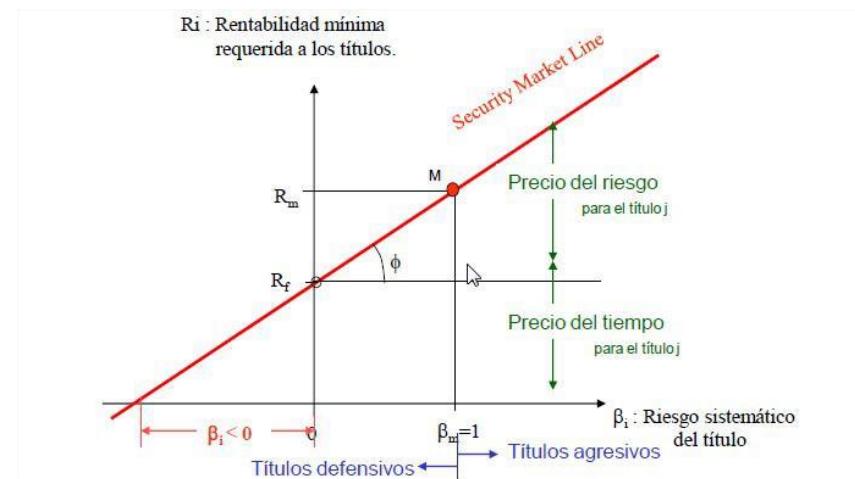


Figura 1: Ejemplo de una representación de la SML

Gracias a la representación gráfica de la SML podemos conocer que activos están sobrevalorados e infravalorados. Aquellos que son infravalorados son los que ofrecen una oportunidad de inversión y se sitúan por encima de la SML. Por otra parte, los activos sobrevalorados ofrecen una rentabilidad muy pequeña para el riesgo que supone invertir en ellos y se sitúan por debajo de la SML.

### **2.1.3. Hipótesis del modelo CAPM**

Las hipótesis fundamentales en las que se basa el modelo son:

1. Todos los inversores tienen expectativas homogéneas. Esto quiere decir que todos los inversores tienen las mismas expectativas sobre la rentabilidad futura de todos los activos, sobre la correlación entre las rentabilidades y sobre la volatilidad de todos ellos.
2. Los inversores pueden invertir y tomar prestado a la tasa de rentabilidad  $R_f$ .
3. No hay costes de transacción.
4. Los inversores tienen aversión al riesgo.
5. Todos los inversores tienen el mismo horizonte temporal.
6. Puesto que los inversores pueden diversificar, estos solamente se preocupan por el riesgo sistemático de cualquier activo.
7. Si todos los inversores tienen una cartera de mercado, cuando evalúan el riesgo de un activo específico, estarán interesados en la covariación que tenga ese activo con el mercado en general. La implicación es que toda medida del riesgo sistemático de un activo debe de interpretarse en como varían con respecto al mercado. La beta provee una medida de este tipo de riesgo.

## **2.2. CRÍTICAS AL MODELO CAPM**

### **2.2.1. Evidencia empírica del modelo CAPM**

Lintner (1965) fue uno de los primeros académicos en realizar estudios sobre el CAPM y en mostrar empíricamente resultados sobre el modelo. En su estudio, realiza el análisis de la relación rentabilidad-riesgo y añade una variable para representar la parte de riesgo diversificable llegando a resultados contradictorios con la teoría, siendo el más relevante la significatividad y el elevado peso del coeficiente del riesgo diversificable, lo que implica que

los inversores tienen una prima de riesgo diversificable aparte de la que tienen por el riesgo sistemático. Douglas (1969) fue también uno de los primeros académicos que demostró evidencia empírica sobre el modelo verificando que la varianza de los rendimientos de los activos financieros está relacionada positivamente con sus rentabilidades. Sin embargo, no obtuvo unas relaciones significativas entre las covarianzas del índice y la del rendimiento de los activos.

Más tarde, Miller y Scholes (1972) realizaron un estudio confirmando los resultados señalados años anteriores por Lintner. Estos dos autores intentaron explicar los resultados a través del análisis de los posibles errores en la especificación de la ecuación y en las variables utilizadas. Estos dos economistas señalan los errores en la medición del riesgo sistemático como el factor principal de resultados desfavorables del modelo.

Black (1972) agrupó acciones en carteras dependiendo de su beta individual para reducir la existencia de errores en la estimación de las mismas. Para contrastar el modelo, realizó una regresión entre la rentabilidad de las carteras y los coeficientes beta y gracias a esto, obtuvo en su análisis una constante positiva y un coeficiente beta bastante inferior a la prima de riesgo de la rentabilidad media de mercado, resultados que son acordes con los de Miller y Scholes. Además, analizó si estos son consistentes con la versión cero-beta del CAPM y se aceptó esta versión al existir una relación lineal entre las rentabilidades y las betas. Estos resultados se vieron apoyados por el trabajo de Blume y Friend (1973), que en su estudio sobre el mercado bursátil estadounidense obtuvieron la relación lineal expuesta por el CAPM. Fama y Macbeth (1973) utilizando la agrupación de acciones en carteras en función de su beta consiguieron verificar empíricamente el modelo en la versión cero-beta de Black sobre el mercado bursátil estadounidense ya que también obtuvieron una relación lineal y positiva entre la rentabilidad y el riesgo sistemático.

Los resultados que obtuvieron Black, Blume y Friend y Fama y McBeth son consistentes con la principal implicación del CAPM que es la existencia de una relación positiva y lineal entre el rendimiento medio de las carteras o acciones y el riesgo medido a través del parámetro beta.

Roll (1977) en un estudio posterior realizó una de las principales críticas respecto a la contrastación del modelo CAPM en el cual señala que la única hipótesis a contrastar en el

modelo de Black es que la cartera de mercado sea eficiente en términos de media-varianza, dado que siempre que se verifique esta hipótesis existirá una relación lineal entre rentabilidad y riesgo sistemático. Su mayor crítica se centra en el trabajo de Black ya que, según Roll, no se preocupa en contrastar la eficiencia de la cartera de mercado empleada. Sin embargo, con esta crítica, Roll, solo advierte de que los resultados que se obtengan a partir del modelo CAPM no deben interpretarse como si fueran totalmente certeros ya que la cartera de mercado no es observable, lo que no implica que el CAPM no sea un modelo válido.

Otro economista, Levy (1978), observó las imperfecciones que existen en el mercado y con los resultados que obtiene al contrastar el CAPM señaló que se debería diseñar algún test que permita contrastar la validez del modelo en un mercado imperfecto. Una de las imperfecciones que observó es que no se invierte una misma cuantía en cada uno de los títulos disponibles Levy, a la vista de sus resultados, concluye que la beta ayudará a explicar la rentabilidad de los títulos cuando su volumen de negociación sea alto, mientras que cuando el volumen sea bajo bastará con el riesgo del título ya que la beta no será significativa.

Bergés (1984) realizó un estudio del modelo CAPM para las bolsas de Madrid, Londres, Nueva York y Toronto y obtuvo resultados que difieren en función del mercado bursátil analizado de manera que mientras para Estados Unidos y Canadá obtiene resultados favorables en cuanto a la relación con la constante del modelo y en lo referente a la estimación de la prima por riesgo sistemático, para España e Inglaterra los resultados no son satisfactorios. En cuanto a españoles, podemos destacar el estudio de Rubio (1988) y el de Gallego (1992).

De esta manera, vemos como desde los comienzos del modelo CAPM, han sido diversos economistas los que han realizado estudios enfocados al mismo obteniendo resultados favorables o desfavorables.

### **2.2.2. Existencia de más de una variable relevante**

La crítica realizada por Roll (1977) generó controversia sobre la suficiencia de beta para explicar los rendimientos esperados. Se realizaron diversos estudios posteriores en los que se demostró que si existen otras variables como factores de riesgo que son capaces de explicar

la rentabilidad de los activos financieros. Podemos destacar el trabajo que realizó Basu (1977) en el cual comprueba que las carteras que tienen un bajo ratio PER obtienen rendimientos superiores a los pronosticados por el CAPM, lo que explicaría que este ratio contiene información valiosa para explicar las rentabilidades. También, en diversos estudios, se detecta que el tamaño de los activos puede ayudar a la explicación de las rentabilidades de los mismos ya que agrupando los activos en carteras en función de la capitalización bursátil, la rentabilidad media que obtenían las carteras de empresas pequeñas era más grande que la de empresas grandes, por lo que el factor tamaño también parecía una buena variable para explicar y prever que rentabilidad son capaces de obtener las compañías en un futuro.

En cuanto al estudio del factor tamaño, se puede destacar el trabajo realizado por Banz (1981) donde analiza la rentabilidad mensual de la bolsa de Nueva York. Banz agrupó en cinco quintiles todas las empresas que forman parte de la bolsa de Nueva York de acuerdo al tamaño de cada una de ellas y descubrió que los retornos medios anuales de las compañías que formaban parte del menor quintil superaban a los del mayor quintil en un 19,8% y que esa diferencia era estadísticamente significativa. Este autor concluyó con este estudio que el CAPM está mal especificado al no tener presente un factor importante como es el del tamaño de la empresa y que la ecuación del rendimiento debería contener un factor adicional que pueda estar relacionado con el tamaño de la empresa.

Reinganum (1981) observó rendimientos anormales durante dos años en un estudio que realizó lo que le lleva a la conclusión de que el CAPM no está correctamente especificado y esto se debe a que falta un factor en el modelo y no a la existencia de ineficiencias en los mercados de capitales. Otro autor, Keim (1983), detectó una anomalía en el mercado bursátil estadounidense donde se daba una intensificación del efecto del factor tamaño en el mes de enero.

Otras variables que han resultado ser relevantes como factores de riesgo son el endeudamiento y el ratio denominado book-to-market. Bhandari (1988), en su trabajo analizando las acciones de la bolsa de Nueva York se dio cuenta de cómo el endeudamiento y la rentabilidad esperada de las acciones estaban relacionados entre sí incluso ajustando todo el modelo según el parámetro beta y el factor tamaño. También, otros autores como Statman

(1980) y Rosenberg (1985) detectaron que las empresas con un ratio book-to-market más elevado obtienen unas rentabilidades superiores.

También se han realizado estudios sobre el mercado bursátil español donde se ha analizado la influencia de estas variables. Podemos destacar sobre todo a dos autores como son Basarrate (1988) y Rubio (1988). El primero de ellos, en su trabajo, detecta como las empresas más pequeñas obtienen unas rentabilidades superiores a las que son más grandes y a las previstas según el modelo CAPM, por lo que corrobora la existencia de una relación inversa entre la rentabilidad y el tamaño de las empresas. Rubio, en un estudio complementario al de Barrasate, observa que la relación señalada es más pronunciada en el mes de enero.

Como vemos, ambos autores españoles demostraron para el mercado bursátil español lo que ya se había detectado en el mercado bursátil estadounidense. Estos autores, en general, detectan que el CAPM está mal especificado debido a la falta de una o una serie de variables, que como hemos visto principalmente es el factor tamaño de la empresa y ratios como el PER o el book-to-market.

### 2.2.3 Crítica de Fama y French

Dos profesores de la universidad de Chicago, Kenneth French y Eugene Fama, realizaron un estudio en el que analizaron la relación existente entre el mercado y el riesgo y el retorno medio de los activos financieros. Estos dos autores, en su estudio, realizaron una crítica sobre el poder predictivo del modelo.

Fama y French (1992) tenían el objetivo de evaluar el impacto conjunto de la beta de mercado, el tamaño de la empresa, el ratio PER, el apalancamiento y la relación entre el valor contable y valor de mercado de las acciones (que se conoce como ratio book-to-market) sobre la rentabilidad de las acciones. Todo este estudio lo llevo a cabo sobre el mercado bursátil estadounidense desde el año 1941 hasta 1990.

En las conclusiones de estos dos autores se sugiere que durante 1963 hasta 1990 la volatilidad medida por el factor beta no puede explicar de forma significativa los retornos medios de las acciones de una empresa y, por tanto, no es posible con estos resultados darle validez al

modelo. Aun admitiendo que el problema puede que esté en algo tan simple como la ineficiencia del mercado, llegaron a la conclusión de que el CAPM no puede ni sirve para explicar las rentabilidades medias de las acciones de las diferentes compañías del mercado bursátil.

Una de las explicaciones que se dan debido al mal desempeño del factor beta es que este parámetro falla al tratar de tener en cuenta todos los factores de riesgo que influyen en la rentabilidad de las acciones y de esta forma el modelo CAPM no puede funcionar correctamente. Otra hipótesis es la existencia de una correlación entre la beta y alguna variable que pueda explicar las rentabilidades de las acciones y que esa correlación haga que beta no sea capaz de explicar el retorno medio de la acción. Esta última hipótesis no es capaz de explicar porque el factor beta no puede servir para averiguar los retornos medios. Esto es debido a que beta no tiene correlación con ninguna de las variables que explican los retornos medios de las acciones como el PER, apalancamiento o el book-to-market.

En su teoría, Fama y French, afirman que los riesgos de las acciones pueden ser multidimensionales y que variables como las ya nombradas (apalancamiento, PER, tamaño...) parecen superar la explicación de la rentabilidad media de las acciones que da el factor beta de mercado. El hallazgo principal de estos dos profesores radica en que dos variables fácilmente medibles como es el tamaño de la empresa y el ratio book-to-market tienen información relevante para describir los retornos de las acciones. Ahora bien, el problema actual si se realiza un estudio de la rentabilidad con estos dos factores es que explicación económica poseen estas variables y las clases de riesgo que trae asociada cada una.

Black (1993) criticó a Fama y French por la falta de creencia en la teoría y la excesiva confianza que los dos profesores tenían en los datos. Además, Black, en trabajos posteriores criticó que rechazaban la beta sin tener una clara perspectiva de los resultados que obtuvieron en sus análisis. Kothari y Shanken (1995) destacaron la importancia de la precisión en el cálculo de la beta para validar los resultados y para ello utilizaron datos anuales encontrando una relación lineal y positiva entre las betas anuales y los rendimientos mensuales de las acciones.

Malkiel y Xu (1997) partiendo de las críticas de Fama y French de 1992, estudiaron el mercado estadounidense para el periodo 1963-1994 intentando encontrar la relación entre la rentabilidad y el riesgo. Para ello, formaron carteras con empresas de diferentes tamaños y observaron como en las carteras formadas por empresas pequeñas generan rentabilidades superiores a las carteras formadas por empresas de gran tamaño. También decidieron analizar la volatilidad, destacando que mientras las acciones individuales sufrieron un gran incremento de volatilidad, en el mercado no se produjo ningún aumento. Además de todo esto, encontraron, a partir de sus resultados, una fuerte relación entre el riesgo específico y el tamaño de la empresa, algo que es contrario a lo que dice el modelo. Por todo ello, concluyen su estudio apoyando a los dos profesores argumentando que el factor beta no es un buen predictor de rentabilidades futuras.

Otro autor, Lam (2002), realizó un estudio dentro del mercado bursátil de Hong Kong sobre la relación existente entre las rentabilidades de las acciones y el riesgo beta, así como con el factor tamaño y con ratios como PER o book-to-market. El resultado que obtiene es que el factor de riesgo beta no tiene poder explicativo sobre las rentabilidades mensuales medias frente al poder explicativo que si poseen otras variables como son los factores tamaño, PER y book-to-market.

En definitiva, ambos autores afirman que siempre que el mercado evalúe las rentabilidades de las acciones de una manera racional, las mayores rentabilidades promedio experimentadas por las compañías de tamaño pequeño y con un alto ratio book-to-market, son debidas a que ambos parámetros son aproximaciones a variables de riesgos sistemáticos en las rentabilidades esperadas; los cuales no pueden ser bien evaluados por el factor beta dentro del modelo CAPM. Las afirmaciones realizadas por Fama y French sobre la debilidad de la beta para explicar las rentabilidades de las acciones y la existencia de otras variables que influyen en estas, hizo que diferentes autores se planteasen la validez del CAPM surgiendo multitud de estudios tanto a favor como en contra del mismo.

#### **2.2.4. CAPM en el mercado bursátil español**

Los resultados que se han ido viendo hasta ahora de los diferentes estudios que se realizaron también tuvieron impacto en España creando discrepancias con respecto a la aplicación del

CAPM al observarse diferentes y contradictorios resultados entre los diferentes trabajos que realizaron los autores.

De esta manera, Gómez-Bezares (1994) analizó la verificación de dicho modelo durante los años 1990 hasta 1993 en el mercado bursátil español. Para ello tomo datos de rentabilidades de distinta periodicidad y aplicó distintas técnicas de estimación de parámetros. El resultado que obtuvo varía en función de la metodología utilizada aunque detectó que con rentabilidades de mayor periodicidad como es la anual se obtenían mejoras en los resultados. Tampoco llegó a resultados concluyentes sobre la explicación mediante otras variables diferentes de las rentabilidades medias.

Nieto y Rubio (2002) presentaron una nueva especificación del CAPM con el objetivo de mejorar la predicción del coeficiente beta en la contrastación del modelo. Estiman el riesgo del mercado de manera factorial haciéndolo depender (además de la rentabilidad del mercado) de factores como los tipos de interés, del tamaño o de la rentabilidad por dividendo. Sin embargo, debido a los resultados que obtuvieron no es posible aceptar el modelo para el mercado español.

## 2.3. MODELOS DERIVADOS DEL CAPM

### 2.3.1. Modelo 0-Beta

El autor Black, del que se ha hablado antes, a partir de los diversos análisis que se habían realizado crea la versión del CAPM conocida como modelo 0-Beta con nuevas hipótesis creadas a partir de aquella en la que los inversores pueden invertir y prestar a una tasa como la del rendimiento libre de riesgo y que es a su vez consistente con las teorías desarrolladas por Blume, Miller, Jensen y Scholes.

Este modelo, derivado del CAPM, no permite prestar ni invertir al tipo de interés que posee el activo sin riesgo. La fórmula que se emplea es la siguiente:

$$E(\tilde{r}_j) = \alpha_j + E(\tilde{r}_z)(1 - \beta_j) + E(\tilde{r}_M)\beta_j + \tilde{e}_j$$

Black determina que bajo su modelo, la línea que relaciona la rentabilidad esperada de la cartera eficiente de su beta se compone por dos líneas rectas, de las cuales la línea que tiene mayor pendiente muestra un mayor riesgo.

Los resultados obtenidos mostraban al factor beta como un parámetro económica y estadísticamente significativo y además, aproximaban al mismo a la media del retorno de capital. Sin embargo, el autor reconoce que estos estudios no son suficientes como para establecer un nuevo modelo cuya característica principal sea el dar validez.

### **2.3.2. Modelo CAPM con nuevas variables explicativas**

Dentro de este nuevo modelo donde se valida el modelo CAPM con variables explicativas alternativas se realizaron diversos estudios como el de Banz o el de Reinganum. Como cualquier otro modelo derivado lo que pretenden es mostrar mejor la realidad.

En cuanto al primer autor, Banz, hay que destacar que fue el primero en relacionar la capitalización bursátil de una empresa con la rentabilidad de sus acciones. En su análisis, realiza un estudio empírico donde relaciona la tasa de rendimiento con la rentabilidad de las acciones que cotizaban en la bolsa de Nueva York entre 1931 y 1975 y con el tamaño de la empresa. El nuevo modelo CAPM que crea se formula de la siguiente manera:

$$E(R_i) = a_0 + a_1\beta_i + a_2S_i$$

Los resultados que obtuvo Banz confirmaron que aquellas acciones pertenecientes a empresas con un menor tamaño o una menor capitalización bursátil conseguían unas rentabilidades más altas que las acciones pertenecientes a grandes compañías. También, Banz, demostró que la relación entre rendimiento y el factor Beta tiene menor significatividad que la relación que existe entre la capitalización bursátil de las compañías (el tamaño de la compañía) y el rendimiento. Dentro de la fórmula de su modelo consideró Si como la medida de capitalización bursátil de la compañía i.

Otro estudio, en este caso de Reinganum, demostró mediante evidencias empíricas la existencia del efecto tamaño utilizando datos procedentes de la bolsa neoyorkina para el periodo comprendido entre 1963 y 1977. Para ello clasificó las compañías en deciles en

función de su capitalización bursátil y descubrió que la diferencia en la rentabilidad de la cartera de empresas más pequeñas con respecto a la de las más grandes estaba en torno al 30% anual.

Desarrolló unos métodos donde se tienen en cuenta situaciones donde falta sincronización y falta de negociaciones. Mediante estos métodos, observó que el tamaño y método de estimación de las Betas no está relacionado.

### **2.3.3. Modelo CAPM con tres variables explicativas**

El modelo de tres factores fue diseñado por Fama y French (1993) para describir la rentabilidad de las acciones. El CAPM, a diferencia de este modelo, solo utiliza una variable para describir el rendimiento de las acciones. Fama y French se basaron en que hay dos clases de acciones que rinden por encima del mercado en conjunto y estas son las que forman parte de una empresa con pequeña capitalización y las que tienen un bajo ratio book-to-market. La ecuación del modelo es la siguiente.

$$r = R_f + \beta_3(K_m - R_f) + b_s \cdot SMB + b_v \cdot HML + \alpha$$

Dónde: r es la rentabilidad esperada de la cartera, Rf es la tasa libre de riesgo y Km es la tasa de retorno de la cartera de mercado. SMB describe a las empresas con pequeña capitalización bursátil y HML las que tienen una baja relación entre su precio y valor contable. Como vemos en este modelo hay tres factores beta que son factores de sensibilidad.

El principal estudio lo realizaron en 1993 midiendo el exceso de rentabilidad que se produce en las carteras en función del tamaño y del ratio book-to-market. Para ello categorizaron las acciones según su capitalización bursátil a 31 de diciembre de cada año dentro del periodo en el que realizaron el estudio y después, cada uno de los grupos que formasen, se dividían dependiendo de su ratio book-to-market. Construyeron 25 carteras formadas por empresas según estos dos factores.

### 3. MUESTRA Y METODOLOGÍA

#### 3.1. DATOS ESCOGIDOS

Uno de los objetivos de este trabajo es representar el modelo CAPM para una cartera de acciones del IBEX-35. Para aplicar el modelo se ha escogido las acciones del IBEX-35 que más capitalización bursátil tenían dentro de cada sector en el periodo 2003-2007, época de auge económico en España.

Para ello se han escogido los precios de cierre de cada día de las siguientes empresas: Inditex (ITX), Banco Santander (SAN), Repsol (REP), Telefónica (TEF), Iberdrola (IBE), Endesa (ELE), Actividades de Construcción y Servicios (ACS), Altadis (ALT), Gas Natural (GAS), Unión Fenosa (UNF), Abertis (ABE) y Banco Bilbao Vizcaya Argentaria (BBVA). La elección de los precios de cierre diarios se debe a que la rentabilidad resultante será más representativa. Además de estas empresas, se ha escogido también la cotización de cierre diaria del IBEX-35 para el mismo periodo. El modelo exige escoger una rentabilidad sin riesgo, que en este caso será la del bono español, ya que el estudio del modelo CAPM lo realizó sobre el índice bursátil español. En concreto, se ha escogido la rentabilidad diaria que nos ofrece para diez años.

Para recabar toda esta información sobre las acciones, los bonos y el índice se ha utilizado el programa denominado Thomson Reuters Datastream que me proporcionó mi tutora. El periodo escogido es de cuatro años, desde el 01 de enero de 2004 al 31 de diciembre de 2007, siendo este un periodo suficientemente amplio como para poder obtener unos datos representativos de cada título.

También se han tenido en cuenta los dividendos de cada empresa que se van a analizar para que sea más realista la rentabilidad obtenida ya que, en caso de tener acciones de una empresa que reparte dividendos se recibe un dinero extra que hará que la rentabilidad se vea aumentada. El aumento de rentabilidad por dividendos será más o menos representativo dependiendo de cada compañía. Por ejemplo, en el caso del Banco Santander, dicho aumento va a ser representativo, ya que es una compañía que reporta una alta rentabilidad por dividendo.

En cuanto a la aplicación del modelo CAPM, no se va a tener en cuenta ni el efecto inflación ni el efecto impositivo que pueda haber en la rentabilidad final de cada una de las acciones de las diferentes compañías. Para llevar a cabo los cálculos de la rentabilidad media diaria de las acciones y del índice IBEX-35 he utilizado el método de la rentabilidad simple y a partir de estos datos que he obtenido, he anualizado la rentabilidad media diaria multiplicando el resultado obtenido por el número de sesiones que hay en la Bolsa (252).

## 3.2. CÁLCULO DEL MODELO CAPM

### 3.2.1. Calculo de la rentabilidad de cada activo

Como he dicho, para llevar a cabo el cálculo de la rentabilidad media anual de cada activo, en primer lugar se ha realizado el cálculo de la rentabilidad diaria mediante el método de la rentabilidad simple:

$$\text{Rentabilidad simple} = \frac{(\text{Precio final} - \text{Precio inicial}) + \text{Dividendo}}{\text{Precio inicial}}$$

Para realizar un ejemplo de cada caso, se va a realizar el cálculo de la rentabilidad diaria para los días 21 y 22 de julio, en el que observando la tabla 1 vemos como en uno sí que hay dividendo y en el otro no.

$$R_{\text{diariaInditex}}(21/07/2004) = (3,8160 - 3,8100) / 3,8100 = 0,1575\%$$

$$R_{\text{diariaInditex}}(22/07/2004) = (3,7340 - 3,8160 + 0,35) / 3,8160 = 7,023\%$$

En el caso del Ibex, los cálculos se realizan de la misma manera pero sin incluir los dividendos, es decir, la formula sería la diferencia del valor del índice en el momento  $t$  menos el valor del índice en el momento  $t-1$  dividido entre el valor del índice en el momento  $t-1$ . Una vez hallados todos los rendimientos, se ha realizado el promedio de todas las rentabilidades medias diarias y se ha multiplicado por 252 de manera que se ha obtenido la rentabilidad media anual para IBEX-35.

En el caso de Inditex, las rentabilidades diarias para el mes de julio de 2004 son las siguientes:

FECHA	PRECIO	RENTABILIDAD DIARIA	DIVIDENDO
01/07/2004	3,8540	2,1700%	
02/07/2004	3,8600	0,1557%	
05/07/2004	3,8320	-0,7254%	
06/07/2004	3,8420	0,2610%	
07/07/2004	3,9300	2,2905%	
08/07/2004	3,8920	-0,9669%	
09/07/2004	3,8640	-0,7194%	
12/07/2004	3,8600	-0,1035%	
13/07/2004	3,8660	0,1554%	
14/07/2004	3,8200	-1,1899%	
15/07/2004	3,7440	-1,9895%	
16/07/2004	3,7900	1,2286%	
19/07/2004	3,7980	0,2111%	
20/07/2004	3,8100	0,3160%	
21/07/2004	3,8160	0,1575%	
22/07/2004	3,7340	7,0231%	0,3500
23/07/2004	3,7580	0,6427%	
26/07/2004	3,6680	-2,3949%	
27/07/2004	3,7400	1,9629%	
28/07/2004	3,7800	1,0695%	
29/07/2004	3,8000	0,5291%	
30/07/2004	3,8040	0,1053%	

Tabla 1: Rentabilidades diarias de Inditex. 2004-2007

### 3.2.2. Calculo de beta

Para realizar el cálculo del coeficiente beta se ha utilizado la función *Pendiente* de Excel, en inglés *slope*. Para su uso se deben escoger que en primer lugar todas las rentabilidades diarias

de la compañía y después todas las rentabilidades diarias del IBEX-35. También para comprobar que la beta fuese correcta se utilizó la formula propia para su cálculo:

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

Este cálculo es basa en que el parámetro beta de una compañía es igual a la división de la covarianza resultante de las rentabilidades diarias del activo y de las rentabilidades diarias del mercado, en este caso IBEX-35, entre la varianza de las rentabilidades diarias del mercado. Los resultados de las betas de la empresa son muy importantes ya que nos indica si ese activo es más agresivo o defensivo. En caso de que sea agresivo ( $\beta > 1$ ), un cambio de 1 unidad en la cotización del mercado provocará una mayor modificación en la cotización de ese activo.

Las betas de cada empresa analizada son las siguientes:

EMPRESA	BETA	TIPO
INDITEX	0,847768107	DEFENSIVO
SANTANDER	1,171830205	AGRESIVO
REPSOL	0,886884345	DEFENSIVO
TELEFONICA	1,004223991	NEUTRO
IBERDROLA	0,969239496	DEFENSIVO
ENDESA	0,706655972	DEFENSIVO
ACS	1,04089655	AGRESIVO
ALTADIS	0,494955351	DEFENSIVO
GAS NATURAL	0,930452631	DEFENSIVO
UNION FENOSA	0,76203776	DEFENSIVO
ABERTIS	0,850560071	DEFENSIVO
BBVA	1,131733203	AGRESIVO

Tabla 2: Coeficiente beta de cada empresa. 2004-2007

Hay una compañía que viendo la tabla destaca sobre todas las demás y esa es Telefónica ya que como podemos observar su beta es muy cercana a 1 por lo que generalmente sus movimientos serán muy parecidos a los que se produzcan en el mercado. También cabe

resaltar a Altadis que tiene una beta muy defensiva y a dos bancos, Santander y BBVA que tienen una beta mucho mayor a uno siendo bastante agresiva. En el caso de Altadis, los movimientos que se produzcan en el mercado no le afectarán tanto ya que su beta es pequeña, sin embargo, estos dos bancos, se moverán mucho más de lo que lo hace el mercado tanto de forma positiva como de forma negativa.

### 3.2.3. Rentabilidad esperada según el modelo CAPM

El modelo CAPM permite calcular la rentabilidad esperada de un activo mediante la rentabilidad de un activo libre de riesgo, el parámetro beta y la rentabilidad que ofrece el mercado. La fórmula empleada es la siguiente:

$$E(r_i) = r_f + \beta_{im} (E(r_m) - r_f)$$

A modo de ejemplo se va a realizar el cálculo de la rentabilidad teórica según el modelo CAPM para la empresa ACS:

$$E(\text{ACS}) = 3,8598 + 1,0409 \times (17,1805 - 3,8598) = 17,7253\%$$

Para el resto de las compañías la forma de calcular la rentabilidad esperada es igual. Lo único que cambia es el parámetro beta ya que cada compañía tiene su propia variable. El resultado del CAPM para cada empresa es el siguiente:

ACCIÓN	CAPM
INDITEX	15,1527
SANTANDER	19,4694
REPSOL	15,6738
TELEFONICA	17,2368
IBERDROLA	16,7708
ENDESA	13,2730
ACS	17,7253
ALTADIS	10,4530

GAS NATURAL	16,2541
UNION FENOSA	14,0107
ABERTIS	15,1899
BBVA	18,9353

Tabla 3: Rentabilidad CAPM de cada empresa. Esperado en 2008

### 3.2.4. Cálculo y representación de la SML

La Security Market Line (SML) es una línea recta que relaciona linealmente la rentabilidad esperada de un activo con una medida del riesgo del mismo y que en condiciones de equilibrio hace que todos los activos se sitúen sobre la misma. A través de los parámetros beta y la rentabilidad esperada según el CAPM se puede dibujar ya la SML y colocar los activos de las empresas seleccionadas sobre la gráfica:

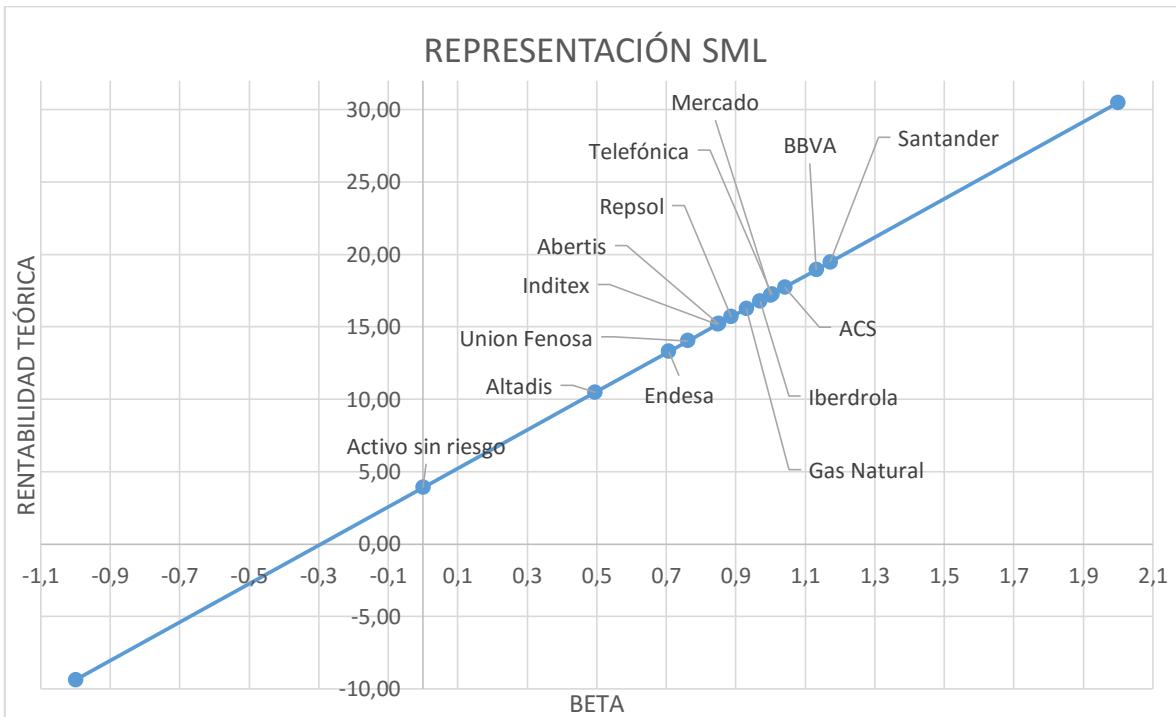


Figura 2: Representación SML y puntos CAPM. Esperado en 2008

Como podemos observar en la gráfica anterior, la SML está formada y pasa por los valores de las compañías del IBEX-35 ya que se encuentra en equilibrio.

### 3.2.5. Rentabilidad esperada según Sharpe

Una vez hallado el modelo CAPM, lo que se va a calcular es la rentabilidad esperada según Sharpe de manera que se pueda conocer que compañías están sobrevaloradas o infravaloradas. Para ello, hay que dibujar las rentabilidades esperadas según este modelo sobre la tabla de la SML. La fórmula de la rentabilidad esperada según Sharpe es la siguiente:

$$R_{it} = \alpha_i + \beta_i * R_{Mt}$$

Como se puede observar, la rentabilidad esperada ( $R_{it}$ ) del activo  $i$  se calcula como la suma del parámetro alfa de ese activo más el cociente de la beta de ese activo por la rentabilidad esperada del mercado en el que nos encontramos (IBEX 35).

En este modelo se introducen el siguiente conjunto de hipótesis:

1. Su esperanza matemática es nula, ya que se supone que en el error aleatorio se incluyen múltiples factores individualmente irrelevantes y estadísticamente independientes.
2. Las perturbaciones aleatorias no dependen de la rentabilidad del mercado.
3. Las perturbaciones aleatorias de dos activos no influyen entre sí.
4. La perturbación aleatoria de un periodo temporal no influye ni está influenciada por la de otro periodo por lo que son independientes.

En este caso, la beta es conocida ya que ha sido calculada anteriormente y tenemos los resultados visibles en la tabla 2. El parámetro alfa se calcula como la diferencia de la rentabilidad media anual de nuestro activo menos el cociente de beta y la rentabilidad media anual del mercado. Para hallar alfa de una manera más sencilla pero igualmente correcta, yo he utilizado la función denominada *INTERSECCIÓN.EJE* de Excel y he seleccionado las rentabilidades medias diarias de cada activo y las del IBEX 35. Este resultado lo he multiplicado por 252 que son las sesiones que abre la bolsa para tener un dato anualizado.

Para conocer la rentabilidad esperada del mercado se ha realizado una búsqueda en diferentes periódicos de noticias referidas a finales de 2007 donde se hablase de una previsión para posteriores años del índice bursátil. En concreto, se ha encontrado en la página web del economista dos noticias en las que se hablaba de la rentabilidad que se preveía que tendría el IBEX 35 en el año 2008 y en ambas noticias se habla de una rentabilidad prevista del 10%

que es el dato que se ha utilizado. Las previsiones las realizaban los directores de Caja Madrid y Deutsche Bank, que coincidían en que se iba a dar un crecimiento del sector bancario.

A modo de ejemplo voy a calcular la rentabilidad esperada de Sharpe para BBVA:

1. Calculamos el parámetro alfa con la función de Excel: -3,35
2. Aplicamos la fórmula:

$$R(\text{BBVA}) = -3,35 + 1,1317 \times 10 = 7,97\%$$

En este caso se prevé una subida del 7,97% del banco BBVA según la rentabilidad esperada de Sharpe. El resto de rentabilidades esperadas las podemos ver en la siguiente tabla:

EMPRESA	BETA	SHARPE
INDITEX	0,8477681	28,839621
SANTANDER	1,1718302	9,9684253
REPSOL	0,8868843	9,5685546
TELEFONICA	1,004224	14,586786
IBERDROLA	0,9692395	37,655191
ENDESA	0,706656	30,14293
ACS	1,0408965	25,879699
ALTADIS	0,4949554	19,91791
GAS NATURAL	0,9304526	16,967475
UNION FENOSA	0,7620378	31,631453
ABERTIS	0,8505601	18,768011
BBVA	1,1317332	7,9695304

Tabla 4: Rentabilidad esperada de Sharpe. Esperado en 2008

La rentabilidad esperada según Sharpe solo va a ser usada de cara a conocer que activos se encuentran infravalorados y sobrevalorados.

### 3.2.6. Determinación de activos infravalorados y sobrevalorados

Una vez que se ha determinado la SML y la rentabilidad esperada según el modelo de Sharpe, se pueden plasmar ambas sobre una gráfica de manera que se pueda reconocer los activos que se encuentran infravalorados y los que están sobrevalorados. Teniendo ya representada sobre una gráfica la SML, se pueden colocar los puntos donde coincide la rentabilidad esperada de Sharpe con el valor de beta que le corresponde. Aquellos activos que se encuentren por encima y a la izquierda de la SML estarán infravalorados mientras que los que estén a la derecha y por debajo estarán sobrevalorados. El gráfico resultante es el que se muestra a continuación:

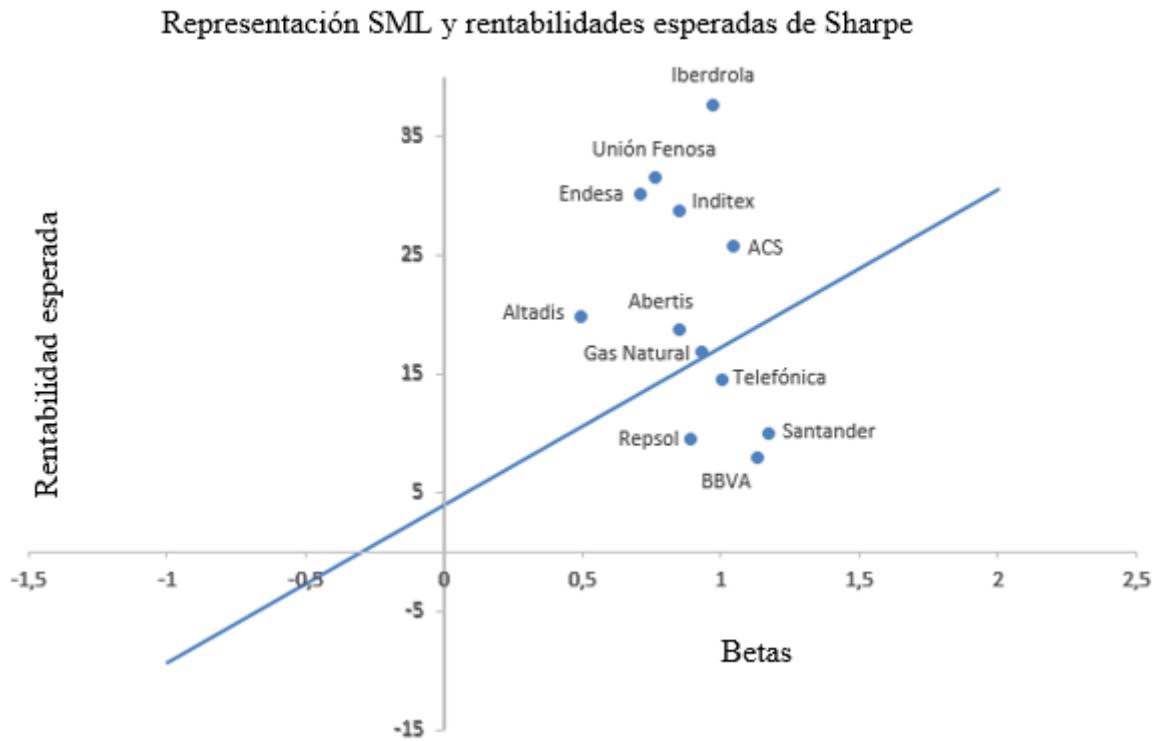


Figura 3: Representación SML y rentabilidades esperadas de Sharpe. Esperado en 2008

Como podemos ver, algunas empresas como Unión Fenosa o Altadis estaban infravaloradas y otras, por el contrario, se encontraban sobrevaloradas como es el caso de Santander o BBVA. Hay una empresa, Gas Natural, que tiene una rentabilidad teórica muy similar a su rentabilidad esperada y es por ello que el punto representado coincide prácticamente con la línea SML.

### 3.2.7. Formación de carteras con el modelo CAPM

Una vez que ya tenemos todos los cálculos realizados, es decir, conocemos las rentabilidades teóricas del CAPM y hemos representado la SML y conocemos que activos están sobrevalorados e infravalorados se pueden realizar diferentes carteras mezclando activos. En mi caso, he decidido realizar cinco carteras distintas: Una en la que se me ofrezca la máxima rentabilidad según el CAPM posible, otra en la que cada empresa tenga el mismo porcentaje de participación en la cartera, una tercera y una cuarta con cuatro activos infravalorados y cuatro sobrevalorados respectivamente y, por último, una cartera con acciones de empresas del sector bancario y energético. A modo de ejemplo se va a explicar cómo se ha hallado la cartera denominada ponderación:

En primer lugar se calcula la beta de la cartera. Esta beta se obtiene multiplicando la beta de cada activo por su porcentaje de participación en la cartera. En este caso el porcentaje es el mismo para cada activo, por lo tanto será de 8,33% ya que tenemos 12 compañías. Una vez que se hayan calculado todas las betas multiplicadas por su porcentaje, deben sumarse de manera que obtengamos el parámetro beta de la cartera. En este caso la beta de la cartera será de 0,8998.

En segundo lugar, se debe calcular la rentabilidad teórica según el modelo CAPM para la cartera. Este paso se puede hacer de dos formas: Por una parte, es posible calcular esta rentabilidad con la fórmula del modelo CAPM y en el lugar del parámetro beta se tendrá que poner la beta que se acaba de obtener en el paso anterior, o bien, se puede multiplicar el porcentaje de cada acción (8,33%) por la rentabilidad teórica de cada acción y realizar la suma de todos, lo que arrojará la rentabilidad teórica de la cartera.

A continuación se representan las cinco carteras que se encuentran en equilibrio por lo que están sobre la SML:

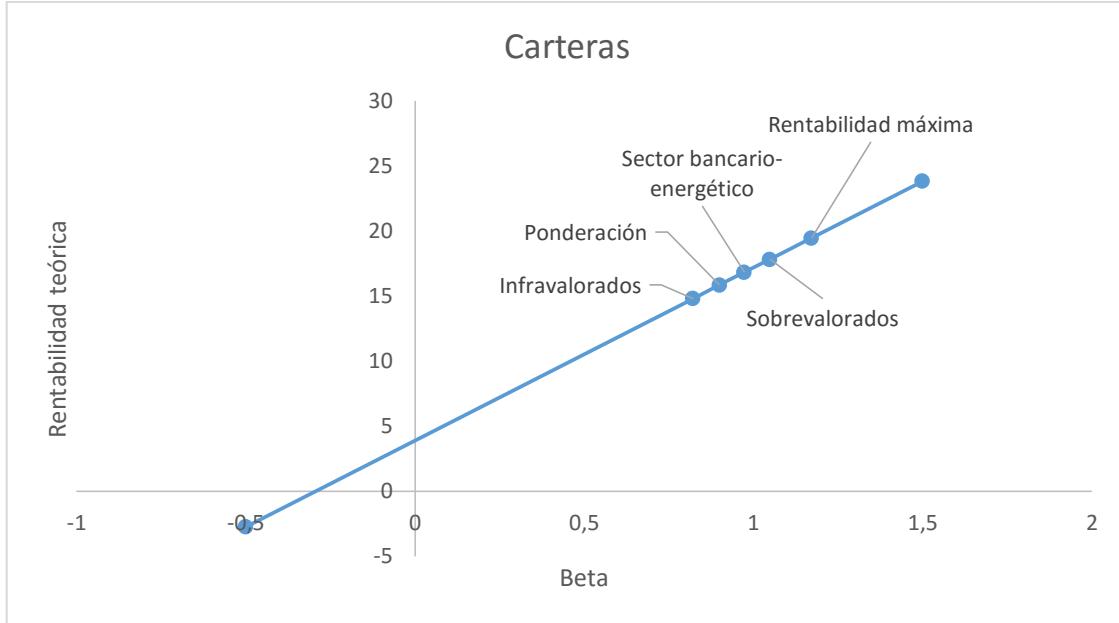


Figura 4: Representación SML y rentabilidad teórica de las carteras. Esperado en 2008

Para la cartera de rentabilidad máxima, el 100% de la cartera se compone de acciones de la compañía del Banco Santander ya que es la que más rentabilidad teórica proporciona. En la de ponderación como ya se ha explicado, cada compañía tiene la misma importancia con un 8,33% de la cartera. En cuanto a la cartera formada por empresas infravaloradas, se han escogido cuatro acciones que se encontraban en esta situación que son Inditex, Iberdrola, Endesa y Unión Fenosa. Dentro de la cartera de sobrevaloradas se encuentran Banco Santander, Banco BBVA, Telefónica y Repsol. En estas dos últimas carteras cada empresa tiene un 25% de ponderación dentro de la cartera. Por último, se ha decidido realizar una cartera con 5 empresas provenientes del sector bancario y del sector energético puesto que en el año 2007 eran las empresas que se consideraban que serían más rentables durante el año 2008. En este caso, cada empresa aporta 20% a la cartera y las empresas que componen la misma son los bancos Santander y BBVA y las empresas del sector energético Repsol, Endesa e Iberdrola.

Como podemos observar en la figura 4 todas las carteras se encuentran en equilibrio ya que forman parte de la SML.

### 3.2.8. Críticas al modelo CAPM

En este apartado trato de corroborar la críticas desarrolladas por los autores comentados en el apartado 2. Concretamente, se analiza el efecto tamaño dentro del modelo CAPM para que dicho modelo sea más eficaz y se adecúe a la realidad mejor.

Para ello, me he fijado en el análisis que realizó Reinganum (1981) sobre la falta de alguna variable relevante dentro del modelo CAPM. Para ello, he escogido tres empresas pertenecientes también al IBEX 35: Sacyr, Gamesa y Abengoa. Estas tres empresas forman parte de una cartera de pequeñas empresas con la menor capitalización que existía en los años en los que se ha realizado todo el estudio (2004-2007).

Además de esto, también he escogido otras tres empresas para que formen la cartera de empresas grandes, con una gran capitalización bursátil es esos años. Las tres empresas que forman parte de esta cartera son Banco Santander, BBVA e Iberdrola.

Para realizar bien el análisis y poder realizar una crítica al modelo CAPM, he calculado las rentabilidades diarias para cada una de las empresas. Las tres del grupo de empresas grandes ya estaban calculadas con anterioridad así que solo he tenido que calcular el de las empresas que forman la cartera pequeña. Después de este paso, he calculado la rentabilidad diaria media que nos ofrece cada activo de cada cartera de manera que el dato que nos salga será el porcentaje de rentabilidad media que podemos ganar con las acciones de una compañía al día.

Para anualizar este dato, como bien he explicado anteriormente al calcular la rentabilidad media anual del IBEX 35, lo que he hecho ha sido multiplicar la rentabilidad media diaria por 252 que son los días que abre la bolsa española. Este resultado es la rentabilidad media anual de cada activo.

Los resultados han sido satisfactorios ya que se ha cumplido que la cartera de empresas de la cartera pequeña ofrece una rentabilidad media superior a la cartera de empresas grandes.

	RENTABILIDAD MEDIA DIARIA	RENTABILIDAD MEDIA ANUAL
CARTERA EMPRESAS PEQUEÑAS	0,1391%	35,06%
CARTERA EMPRESAS GRANDES	0,1046%	26,36%

Tabla 5: Rentabilidades medias diarias y anuales para carteras de empresas grandes y pequeñas. 2004-2007

También he decidido realizar un análisis como el que hicieron Keim y el español Rubio en los cuales decían que el efecto del factor tamaño se veía intensificado en el mes de enero. Para ello he decidido calcular la rentabilidad diaria media que nos ofrecen los activos de cada cartera solo para el mes de enero de 2004. Para ratificar si se cumplía he decidido también calcular el del año 2005 con un resultado también satisfactorio.

Los resultados han sido muy buenos sobre todo en el año 2004. En ambos años se da el caso de que la cartera de empresas pequeñas tiene una mayor rentabilidad de las grandes como hemos visto, pero además de esto en enero se acentúan estas diferencias en rentabilidades.

	RENTABILIDAD MEDIA DIARIA ENERO 2004
CARTERA EMPRESAS PEQUEÑAS	0,4644%
CARTERA EMPRESAS GRANDES	0,1003%

Tabla 6: Rentabilidad media diaria en enero de 2004 de las dos carteras (grande y pequeña).

	RENTABILIDAD MEDIA DIARIA ENERO 2005
CARTERA EMPRESAS PEQUEÑAS	0,3532%
CARTERA EMPRESAS GRANDES	0,1812%

Tabla 7: Rentabilidad media diaria en enero de 2005 de las dos carteras (grande y pequeña).

Además he comprobado que la rentabilidad diaria media del mes de enero sea la que causa una mayor diferencia de rentabilidades entre las dos carteras:

	RENTABILIDAD CARTERA PEQUEÑA	RENTABILIDAD CARTERA GRANDE	DIFERENCIA
ene-04	0,4644%	0,1003%	0,3641%
feb-04	0,5653%	0,2254%	0,3400%
mar-04	-0,0709%	-0,0885%	0,0176%
abr-04	0,1681%	0,0442%	0,1240%
may-04	-0,1647%	-0,0342%	-0,1305%
jun-04	0,0475%	0,0680%	-0,0205%
jul-04	-0,0394%	0,0789%	-0,1184%
ago-04	-0,0004%	0,0174%	-0,0178%
sep-04	0,1025%	-0,0193%	0,1218%
oct-04	-0,0678%	0,4011%	-0,4688%
nov-04	-0,1885%	0,1311%	-0,3197%
dic-04	0,1361%	0,1734%	-0,0372%

Tabla 8: Rentabilidades medias diarias para cada mes del año 2004 de las carteras grande y pequeña.

En este apartado 3 del trabajo se ha resumido la forma en que han sido calculados los diversos datos y fórmulas. En el punto 4 se va a realizar un análisis de todos estos resultados.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Observando los resultados obtenidos y las gráficas del apartado 3, es posible realizar un análisis para saber que activos iban a obtener mayores tasas de rentabilidad durante el año 2008. Además, se puede saber en qué invertir según se encuentren infravalorados o sobrevalorados y también se puede realizar una crítica al modelo.

En primer lugar, se puede realizar un análisis en cuanto a los resultados obtenidos para cada empresa. Voy a comenzar analizando los activos que están infravalorados, ya que son aquello que presentan una mejor oportunidad de inversión. La mayoría de los activos de la cartera de 12 empresas analizada están infravalorados pero algunos más que otros. En este caso, empresas como Iberdrola, Endesa, Unión Fenosa o Inditex se nos presentan como grandes oportunidades de inversión, ya que mientras la rentabilidad teórica según el modelo CAPM es de 16,77%, 13,27%, 14,01% y 15,15% respectivamente con unos coeficientes betas de 0,9692, 0,7067, 0,7620 y 0,8478, la rentabilidad esperada de Sharpe para cada una de estas empresas es de 14,59%, 30,14%, 31,63%, 28,84% por lo que a priori parecen una buena fuente de rentabilidad durante el año 2008.

Además, los coeficientes betas de estas compañías son menores que la unidad y lo que nos indica es que las acciones tienen una menor volatilidad y sensibilidad a cambios que se produzcan en el IBEX 35. Esto supone que un cambio negativo en el IBEX 35 no afectará tanto al valor de estas acciones.

Por otra parte, encontramos un grupo de empresas que están sobrevaloradas: Repsol, Telefónica, Banco Santander y BBVA. En este grupo no se debería centrar la inversión ya que mientras la rentabilidad teórica del modelo CAPM es de 15,67%, 17,24%, 19,47% y 18,94% respectivamente, la rentabilidad esperada según Sharpe es tan solo de 9,57%, 14,59%, 7,97% y 9,97% respectivamente. Estos resultados en principio no son buenos, ya que como hemos dicho estas empresas están sobrevaloradas, pero sus resultados son positivos, es decir, la rentabilidad que se espera es positiva por lo que el inversor puede obtener ganancias durante el año 2008 si compra acciones de estas compañías. Además, los dos bancos (BBVA y Santander), ofrecen unas betas de 1,13 y de 1,17 lo que implica que ambas son agresivas y los cambios que se den en el mercado se darán en las acciones de estas empresas de forma más contundente tanto de forma positiva como de forma negativa según

el modelo CAPM. Sin embargo, según el modelo de Sharpe, estas dos empresas cuentan con un coeficiente alfa negativo lo que implicaría que la gestión de estas empresas no aporta valor y no contribuye a un aumento de su cotización en el mercado. También se tienen que tener en cuenta otros factores que implican esa alfa negativa como son las crisis o problemas en países estratégicos para sus negocios.

Otras dos empresas analizadas también son atractivas en el mercado ya que se encuentran infravaloradas aunque no tanto como las del caso anterior. En primer lugar, nos encontramos con Altadis cuya beta es muy defensiva con un coeficiente de apenas 0,49 y cuya rentabilidad teórica es de 10,45% mientras que la rentabilidad esperada es de 19,91%. El caso de Altadis es muy bueno ya que teóricamente, según el CAPM, posee una beta defensiva, lo que nos lleva a la conclusión de que si invertimos en esta empresa y en el IBEX se dan resultados negativos, el precio de las acciones de Altadis no bajaría tanto como lo haría el IBEX. La empresa ACS cuenta con una beta agresiva de 1,04, una rentabilidad teórica de 17,72% y una rentabilidad esperada de 25,88%. En esta empresa deberían invertir aquellas personas que son aversas al riesgo ya que ofrece una rentabilidad teóricamente alta y su beta es agresiva.

Las dos empresas restantes no poseen un alto nivel de infravaloración ya que están cerca de la SML, sobre todo en el caso de Gas Natural. En el caso de Abertis nos encontramos con una empresa algo infravalorada con una rentabilidad de Sharpe de 18,76% y una teórica de 15,18%. Como se observa, hay una diferencia de 3 puntos porcentuales pero no son suficientes comparados con empresas anteriormente vistas como por ejemplo Inditex. Por otra parte, Gas Natural es una empresa en la que su rentabilidad teórica es muy similar a la rentabilidad esperada según Sharpe siendo de 16,25% y de 16,97% cada una. En principio la rentabilidad de 2008 de esta empresa debería oscilar entre esas cifras y, como podemos ver, en el caso de estas dos compañías, el cálculo del CAPM sí que es correcto y se adapta mucho a lo que se espera que suceda en el año 2008.

Como podemos ver, el CAPM aporta resultados a lo que en teoría debería darse en el mercado, pero, sin embargo, las rentabilidades esperadas son mayores o menores según cada empresa excepto en dos en las que rentabilidad teórica y rentabilidad esperada se asemeja mucho.

En segundo lugar, un aspecto crítico que quiero destacar es la falta de algún parámetro relevante dentro de la fórmula del CAPM, ya que ahora que conocemos y hemos analizado todos los datos y resultados que esperan darse en 2008 en cuanto a rentabilidad de las acciones de cada empresa, podemos comparar estos con lo que realmente se según ese año. Como bien es conocido, fue el año en el que estalló la burbuja y comenzó la crisis económica y financiera que hizo que los precios de las acciones de todas estas empresas analizadas se desplomaran y de nada sirviese conocer lo que en teoría debería haber sucedido. Creo que se debería tener en cuenta algún factor dentro del CAPM como es la probabilidad de que los países entren en crisis debido al estallido de una burbuja o que se venga abajo algún sector ya que de nada sirve analizar todos los datos y conocer las rentabilidades teóricas si surge una crisis de tal magnitud que hace que no se cumpla nada de lo que se había calculado. Además cabe recordar que muchas empresas utilizan este modelo para conocer en teoría la rentabilidad que debería darse en un futuro.

En cuanto a las carteras que he formado y que se encuentran en equilibrio por pertenecer a la SML cabe destacar que la que más rentabilidad nos ofrece según el CAPM es la cartera denominada de máxima rentabilidad que se compone en un 100% por acciones del Banco Santander. También hay que destacar a la cartera denominada sector bancario-energético formada por entidades de estos dos sectores: Banco Santander, BBVA, Repsol, Iberdrola y Endesa. Esta cartera destaca por una buena rentabilidad teórica que alcance el 16,83% y porque su beta es muy similar a la unidad, de 0,97, lo que implica que cuando el IBEX aumente o disminuya, nuestra cartera lo hará en un principio en una menor cantidad pero casi igual a lo que se mueva el mercado. En la figura 4 se puede ver como se distribuyen las carteras sobre la SML.

Por último, voy a analizar los resultados obtenidos sobre las dos críticas que se han demostrado. Por una parte, en cuanto a la crítica de Reinganum en la que dice que hay que tener en cuenta otros factores dentro de la fórmula del CAPM y no solo el coeficiente beta, creo como él que se debería tener en cuenta el factor tamaño dentro de la fórmula del modelo CAPM debido a los resultados que he conseguido en mi análisis. Si nos fijamos en los resultados obtenidos (tabla 5), vemos como para la cartera grande entre los años 2004 y 2007 un inversor es capaz de conseguir una rentabilidad media anual de 26,36% mientras que con la cartera pequeña podría haber conseguido una rentabilidad media anual de 35,06%. Si

realizamos unos cálculos simples podemos ver como invirtiendo en la cartera pequeña podríamos haber conseguido de media en un año un 32,97% más que en la cartera grande. Con este resultado apoyo el análisis realizado por Reinganum ya que se puede observar como en mis resultados hay una relación inversa entre el tamaño de las empresas y la rentabilidad.

En el otro análisis en el que me he basado en Keim y Rubio y que decían que el factor tamaño se intensifica en el mes de enero, se han obtenido resultados satisfactorios. Como se puede observar (tablas 6 y 7), en el mes de enero del año 2004 en la cartera de empresas pequeñas he conseguido una rentabilidad media diaria de 0,4644% mientras que en las grandes ha sido solo del 0,1003% lo que supone un aumento en la rentabilidad media diaria de la cartera de empresas pequeñas sobre la cartera de empresas grandes para el mes de enero de 2004 del 362,96% cuando la media anual estaba como hemos dicho en 32,97%. Para el mes de enero de 2005 la cartera de empresas pequeñas ha obtenido una rentabilidad media diaria de 0,3532% y la de empresas grandes de 0,1812% lo que supone un aumento del 94,92%. Como vemos, el efecto tamaño según los resultados sí que se intensifica en enero por lo que también apoyo las críticas de Keim y Rubio.

Para ratificar este resultado se ha calculado la rentabilidad media diaria de todos los meses del año 2004 (tabla 8). Como se puede observar, la mayor diferencia en las rentabilidades medias diarias de cada mes del año 2004 se produce en el mes de enero por lo que los resultados que han obtenido apoyan la crítica de ambos autores.

## 5. CONCLUSIONES

Una vez aplicado el modelo CAPM y obtenidos los resultados sobre el mismo son varias las conclusiones que puedo realizar.

En primer lugar, creo que el CAPM es un modelo que sirve para conocer la rentabilidad esperada teórica por parte de activos que se encuentran en un mercado. Las previsiones que elabora el CAPM pueden ser certeras y fiables en periodos de estabilidad pero en periodos en los que los mercados gozan de cierta continuidad creciente o decreciente puede ser no fiable ya que no cuenta con algunos aspectos como la posibilidad de que algún sector quiebre o que exista una crisis económica o financiera como la aquí analizada. Es por ello que creo que una de las variables a añadir en el modelo sería un parámetro que mida la probabilidad de que exista una crisis económica o una crisis en algún sector. Esta crítica la baso principalmente en mi trabajo, ya que como se ha visto se esperaba un gran crecimiento del precio de las acciones pero sucedió lo contrario debido al surgimiento de la crisis mundial del año 2008.

También debo resaltar el hecho de falta de variables como son las del efecto tamaño u otras que han nombrado distintos autores (*PER* y *book-to-market ratio*). En mi caso, he demostrado como este modelo debería tener en cuenta el tamaño de las empresas ya que a menor tamaño de las compañías mayor es la rentabilidad que se obtiene. Esto es algo que el CAPM no contempla, ya que solo cuenta con un parámetro que es la beta. A la vista de los resultados obtenidos, habría que tener en cuenta dentro de la variable que representase el factor tamaño en el modelo que en el mes de enero se produce una intensificación del mismo.

Una de las partes positivas de este modelo es que nos muestra que acciones están sobrevaloradas e infravaloradas ya que calculamos lo que teóricamente nos deberían retribuir las acciones en un año y lo podemos comparar con lo que se espera que suceda con la rentabilidad esperada de Sharpe.

En general, no me parece el modelo más apropiado para las empresas de valoración de activos ya que tiene una falta de variables explicativas. Es por ello que no me parece un buen modelo en el que basar las inversiones ya que como se ha demostrado, si un inversor hubiese invertido en base a lo que se preveía mediante el CAPM, en 2008 sus pérdidas hubiesen sido muy grandes.

La conclusión principal que tengo sobre el modelo CAPM es que es un modelo que puede ayudar a conocer lo que debería suceder en un mercado dentro de un tiempo determinado pero la falta de variables explicativas dentro del mismo hace que no sea muy fiable y que haya sido un foco de críticas desde su creación. A pesar de ello, el CAPM supuso un gran avance en la valoración de los activos y ayudó a desarrollar nuevos modelos predictivos.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Banz, R. (1981): "The relationship between return and market value of common stocks". *Journal of Financial Economics*, Vol. 9, Num. 1, páginas 3-18.
- Basu, S. (1977): "Investment performance of common stocks in relation to their price-earning ratios: A test of the efficient market hypothesis". *The Journal Finance*, Vol. 32, Num. 3, páginas 663-682.
- Bhandari, L. (1988): "Debt/equity ratio and expected common stock returns: Empirical evidence". *The Journal os Finance*, Vol. 43, Num. 2, páginas 507-528.
- Black, F. (1972): "Capital market with restricted borrowing". *The Journal of Business*, Vol. 45, Num. 3, páginas 444-455.
- Blume, M.; Friend, I. (1973): "A new look at the Capital Asset Pricing Model". *The Journal of Finance*, Vol. 28, Num. 1, páginas 10-33.
- Douglas, G. (1969): "Risk in the equity markets: An empirical appraisal of market efficiency". *Yale economics Essays*, Vol. 9, páginas 3-45.
- Fama, E.; French, K. (1992): "The Capital Asset Pricing Model: Theory and Evidence". *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 18, Num. 3, páginas 25-46.
- García Padrón, Y.; García Boza, J. (2005): "El Modelo CAPM a través de los tiempos revisión de la evidencia empírica". *Ciencia y Sociedad*, Vol. XXX, Núm. 3, Páginas 411 - 437.
- Keim, D. (1983): "Size-related anomalies and stock seasonality: Further empirical evidence". *Journal of Financial Economics*, Vol. 12, Num. 1, páginas 13-32
- Lam, K. (2002): "The relationship between size, book-to-market equity ratio, earnings-price ratio, and return for the Hong Kong stock market". *Global Finance Journal*, Vol. 13, Num. 2, páginas 163-179.
- Levy, H. (1978): "Equilibrium in an imperfect market: A constraint on the number of securities in the portfolio". *The American Economic Review*, Vol. 68, Num. 4, páginas 643-658.

Lintner, J. (1965): “The valuation of risk assets and selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets”. *Review of Economic and Statistics*, Vol. 47, Num. 1, páginas 13-37.

Malkiel, B.; Xu, Y. (1997): “Risk and return revisited”. *The Journal of Portfolio Management*, Vol. 23, Num. 3, páginas 9-14.

Reinganum, M. (1981): “Misspecification of Capital Asset Pricing”. *Journal of Financial Economics*, Vol. 9, Num. 1, páginas 19-46.

Roll, R (1977): “A critique of Asset Pricing Theory’s tests”. *Journal of Financial Economics*, Vol. 49, Num. 2, páginas 129-176.

Rubio, G. (1988): “Further international evidence on asset pricing”. *Journal of Banking and Finance*, Vol. 12, Num. 2, páginas 221-242.

Sharpe, W. (1964): “Capital Asset Prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk”. *The Journal of Finance*, Vol. 19, Num. 3, páginas 425-442.

## 7. WEBGRAFÍA

elEconomista.es. El Ibex 35 subirá un 10% en 2008, según las previsiones de Caja Madrid – Eleconomista.es [Internet]. [Citado el 11 de junio de 2016] Disponible en: <http://www.eleconomista.es/mercados-cotizaciones/noticias/326803/12/07/El-Ibex-35-subira-un-10-en-2008-segun-las-previsiones-de-Caja-Madrid.html>

elEconomista.es. Deutsche Bank prevé que el Ibex subirá un 10% en 2008: apuesta por Santander, BBVA y REE – Eleconomista.es [Internet]. [Citado el 11 de junio de 2016] Disponible en:

<http://www.eleconomista.es/mercados-cotizaciones/noticias/329680/12/07/Deutsche-Bank-preve-que-el-Ibex-subira-un-10-en-2008-apuesta-por-Santander-BBVA-y-REE-.html>

Modelo CAPM. Modelo de valoración de activos financieros – Wikipedia.es [Internet]. [Citado el 05 de mayo de 2016] Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_de\\_valoraci%C3%B3n\\_de\\_activos\\_financieros](https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_valoraci%C3%B3n_de_activos_financieros)

## 8. ANEXO

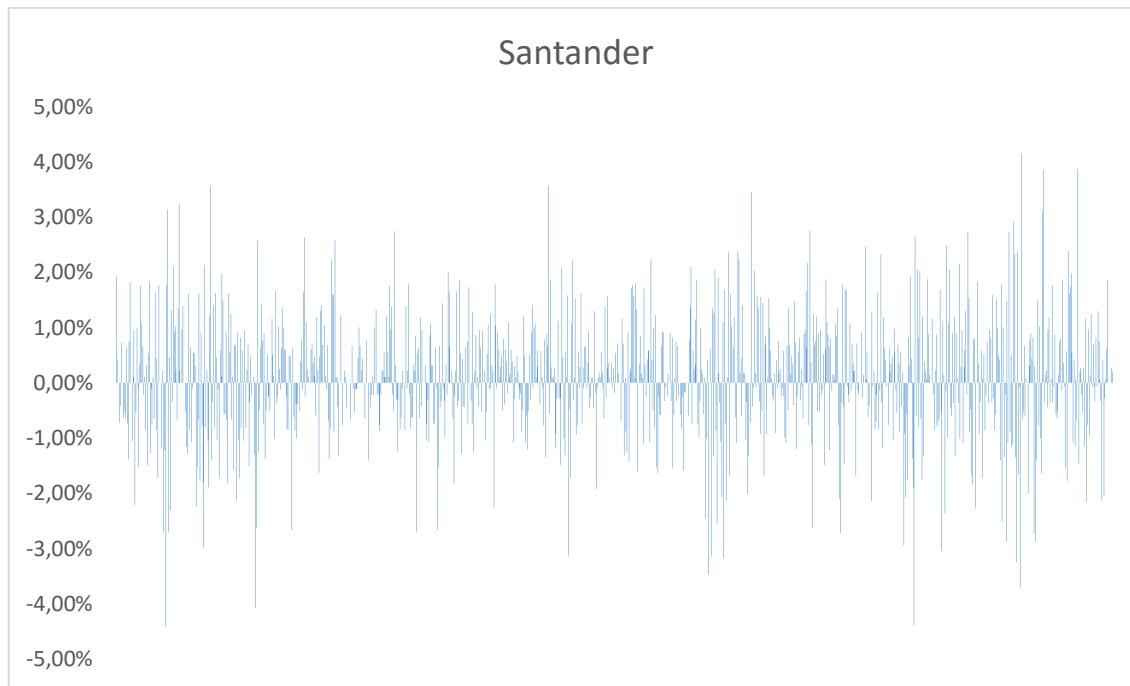


Figura 5: Rentabilidades medias diarias de Banco Santander. 2004-2007

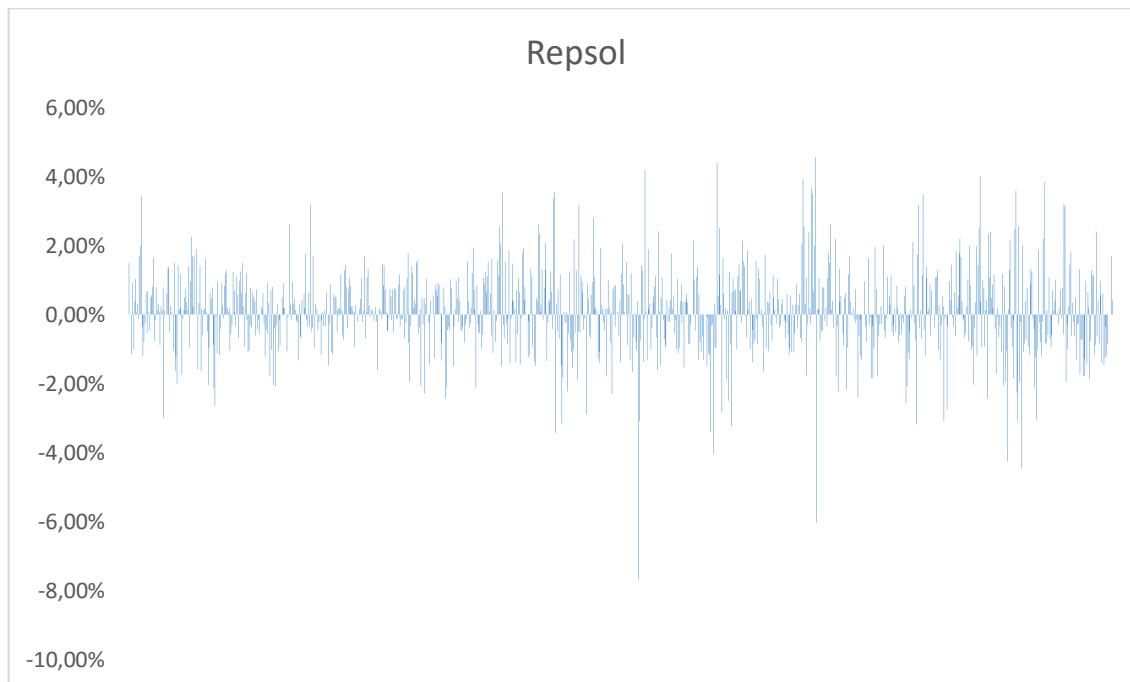


Figura 6: Rentabilidades medias diarias de Repsol. 2004-2007



Figura 7: Rentabilidades medias diarias de Telefónica. 2004-2007

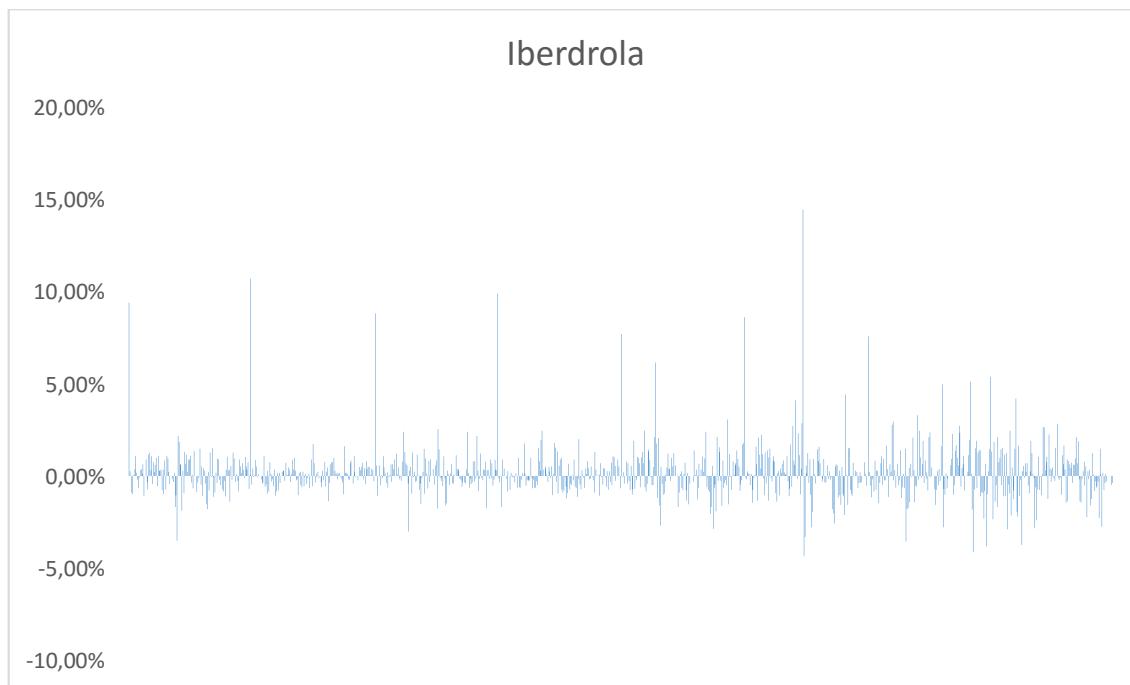


Figura 8: Rentabilidades medias diarias de Iberdrola. 2004-2007

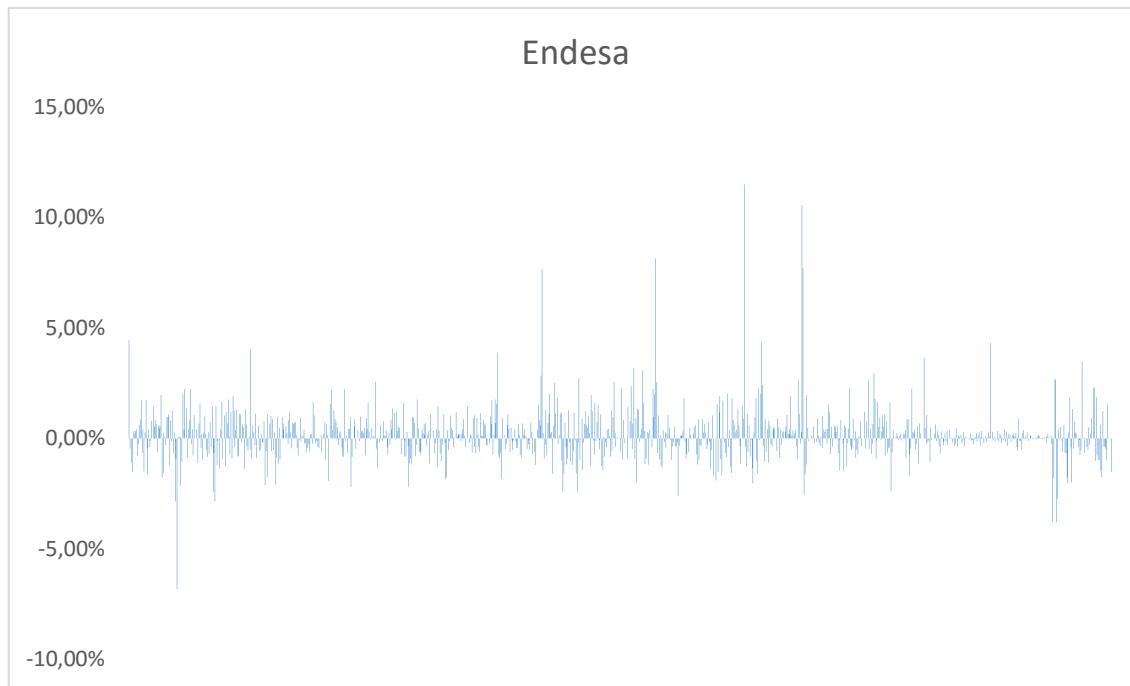


Figura 9: Rentabilidades medias diarias de Endesa. 2004-2007

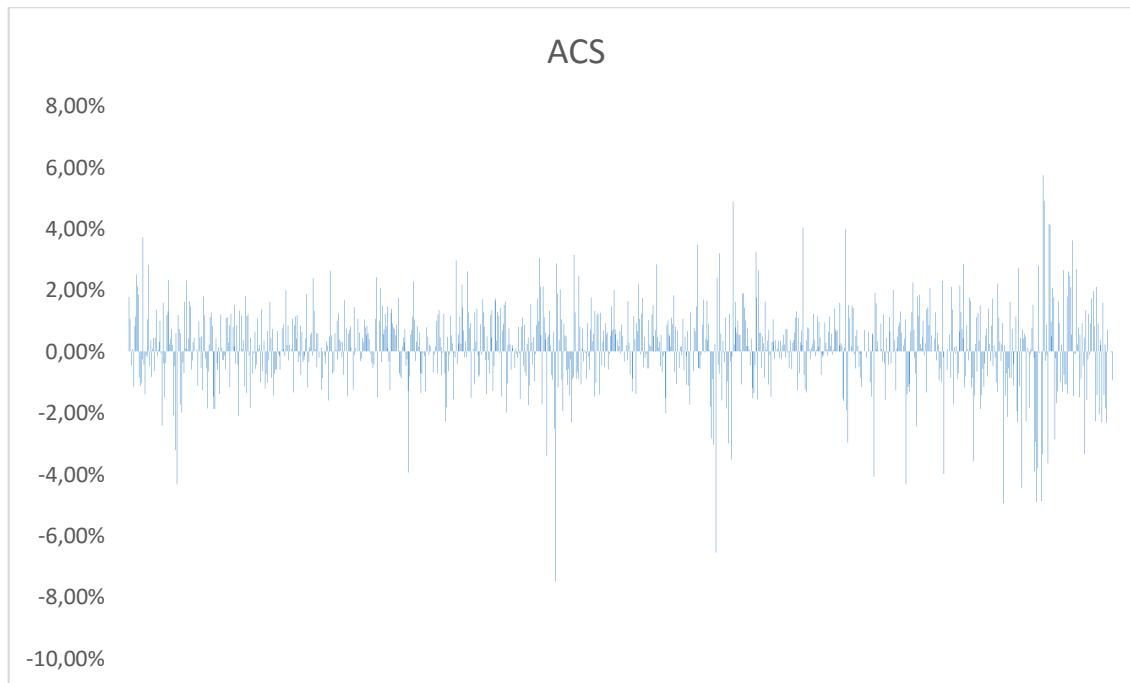


Figura 10: Rentabilidades medias diarias de ACS. 2004-2007

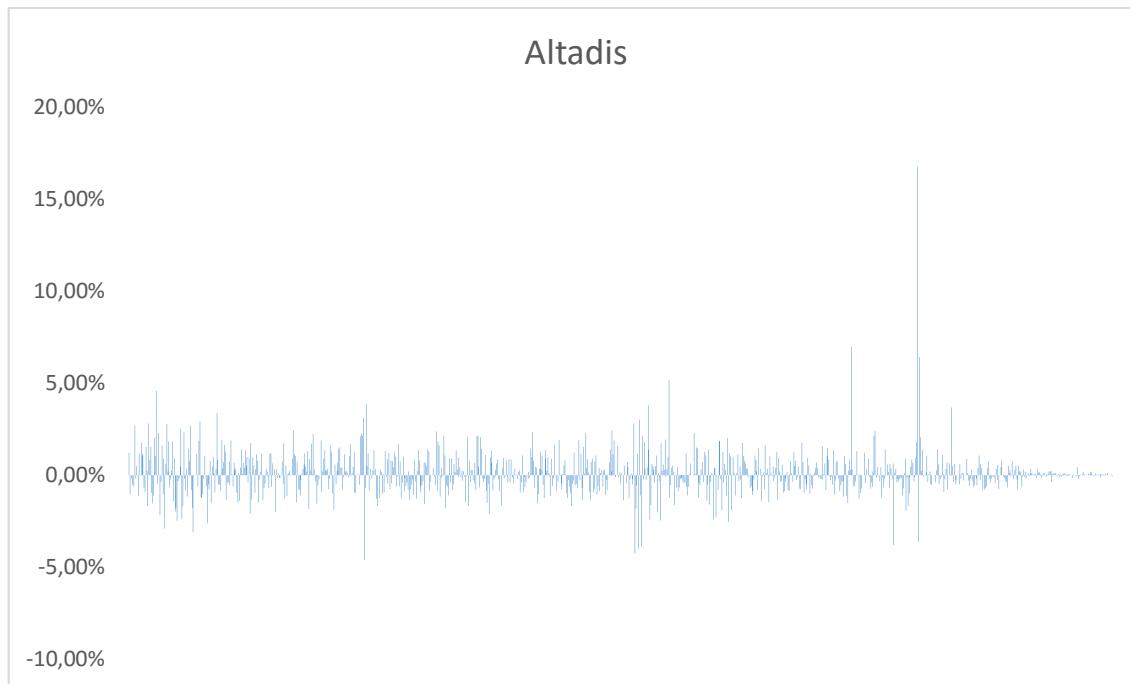


Figura 11: Rentabilidades medias diarias de Altadis. 2004-2007

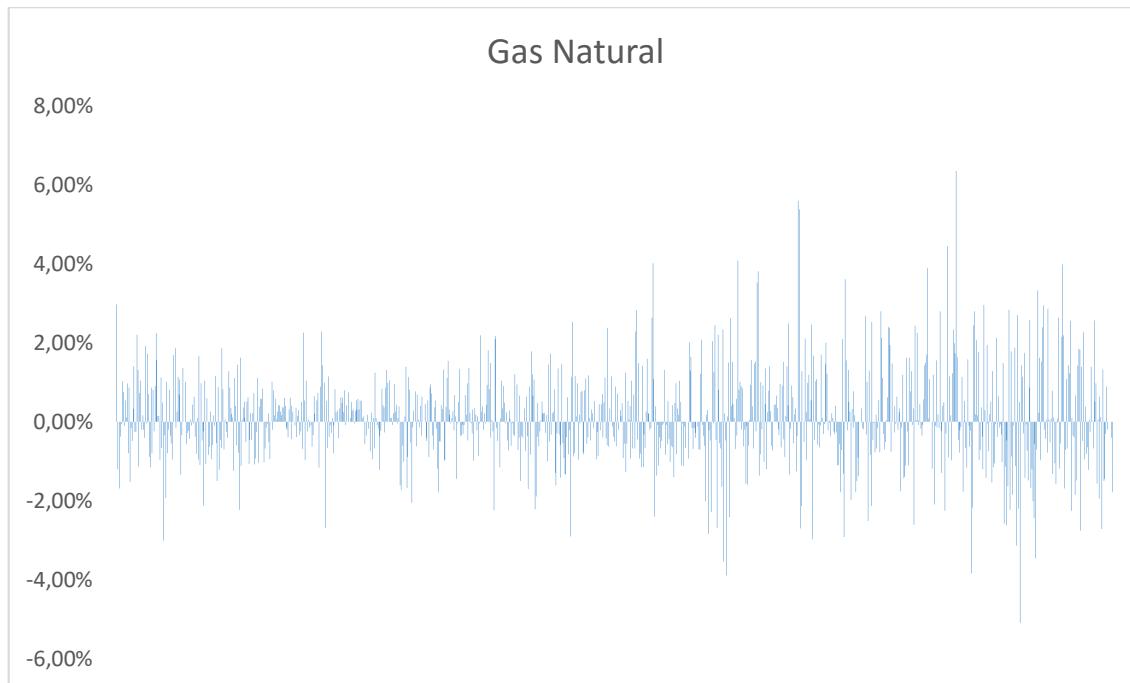


Figura 12: Rentabilidades medias diarias de Gas Natural. 2004-2007

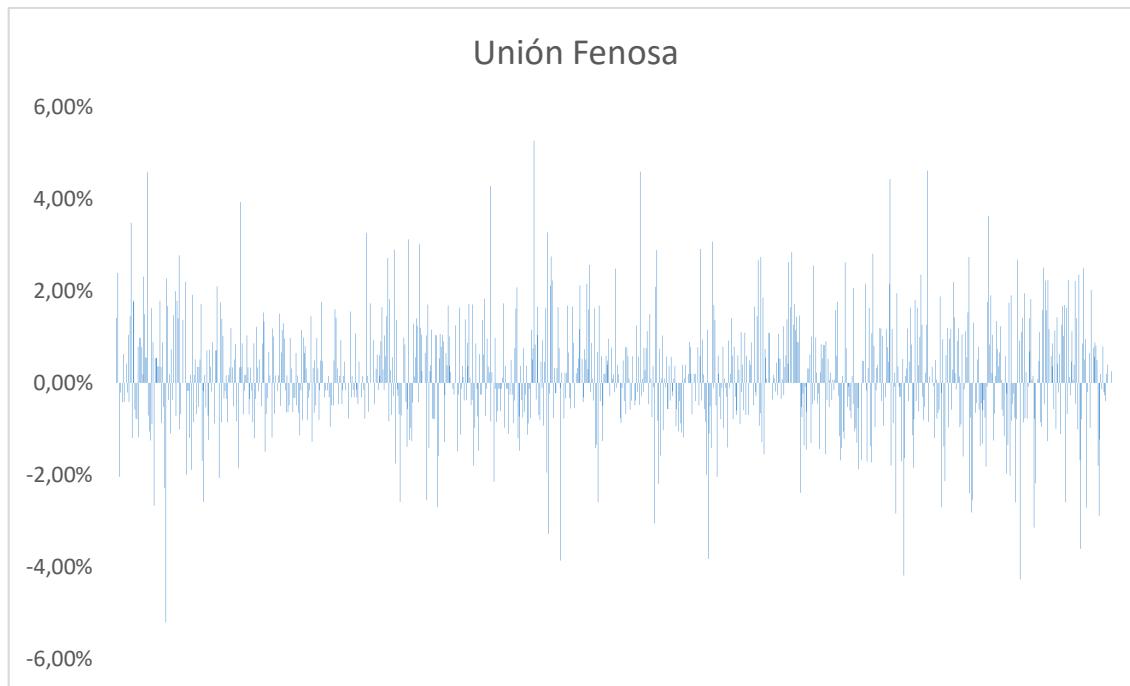


Figura 13: Rentabilidades medias diarias de Unión Fenosa. 2004-2007

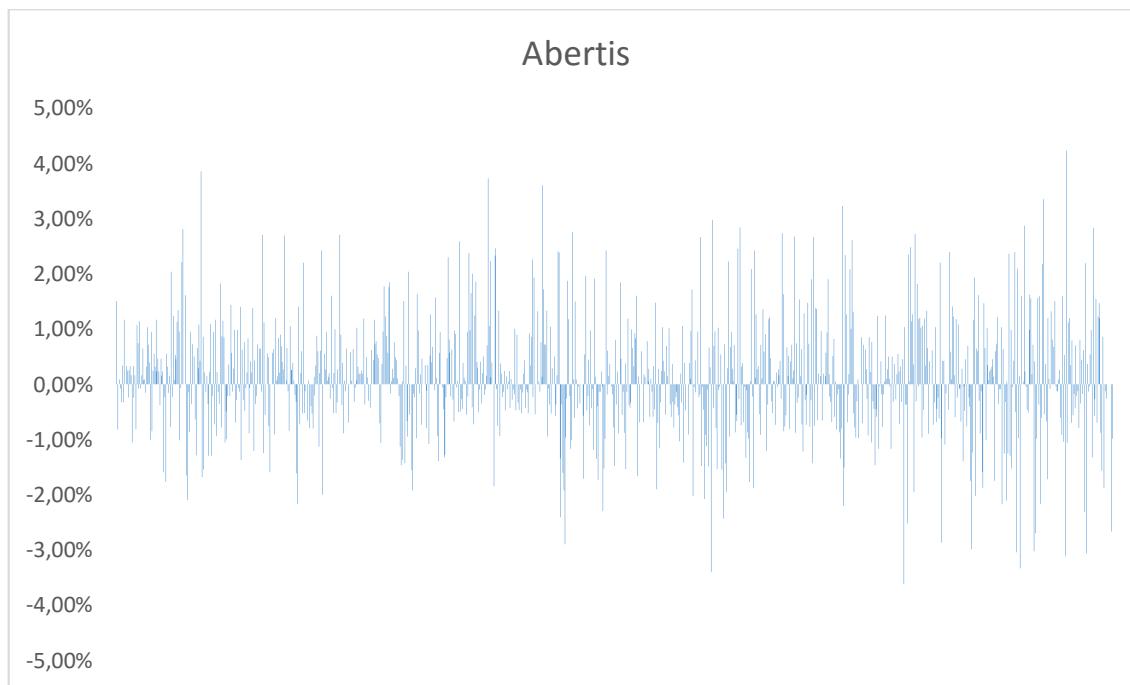


Figura 14: Rentabilidades medias diarias de Abertis. 2004-2007

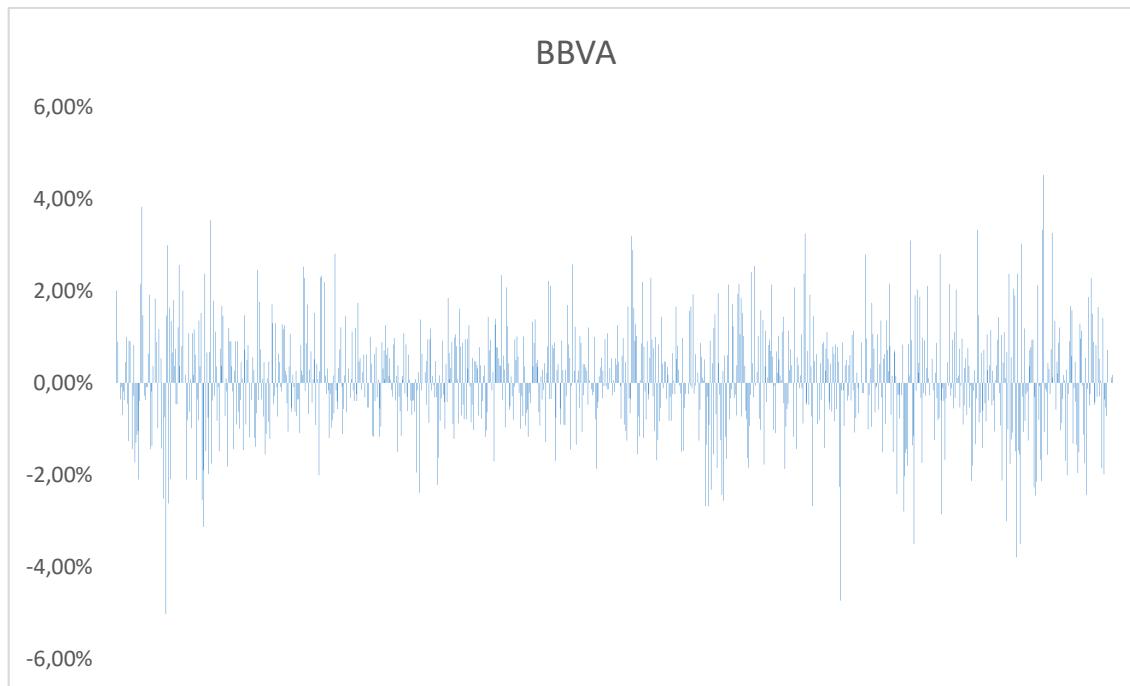


Figura 15: Rentabilidades medias diarias de BBVA. 2004-2007

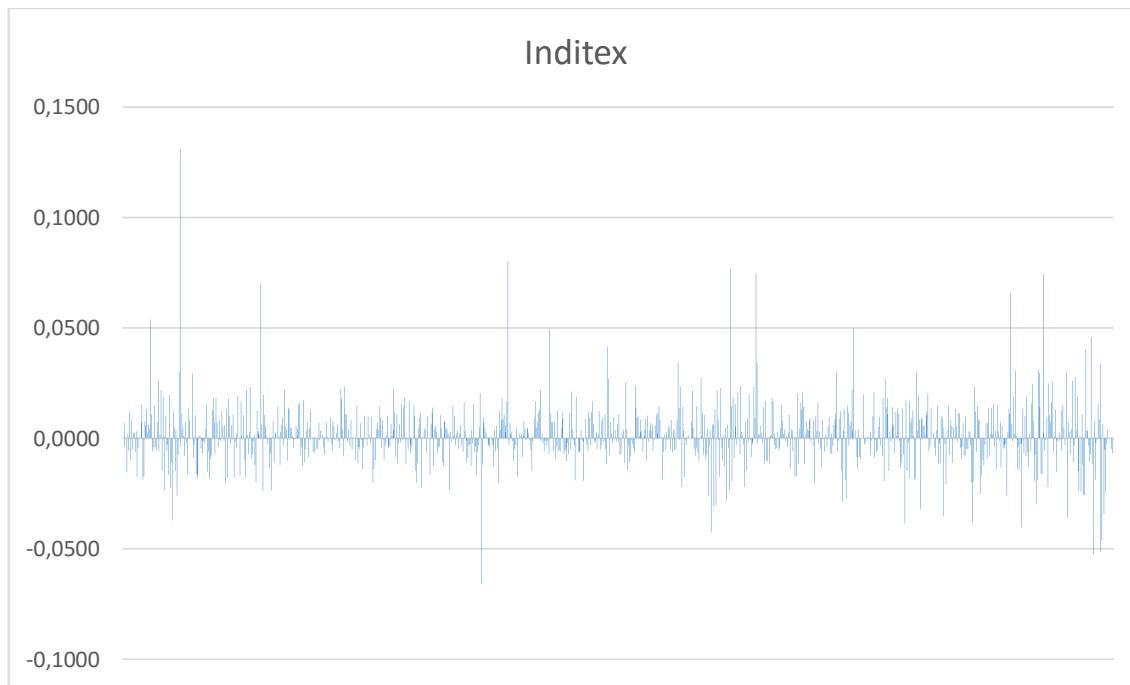


Figura 16: Rentabilidades medias diarias de Inditex. 2004-2007

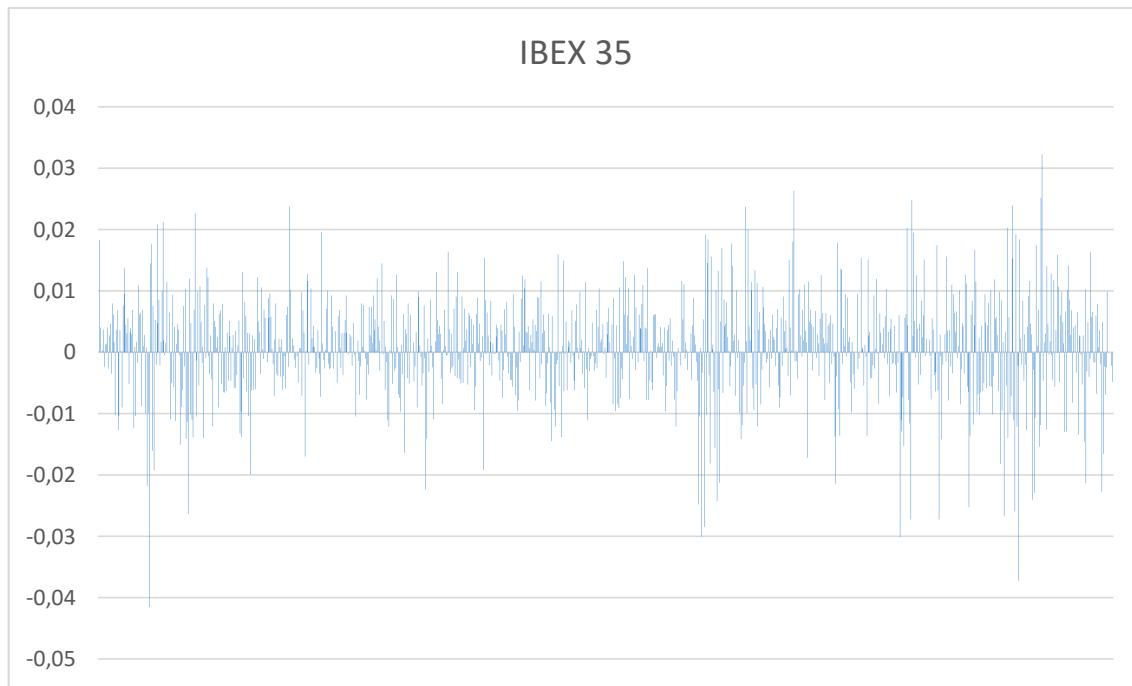


Figura 17: Rentabilidades medias diarias de IBEX 35. 2004-2007