

4<sup>th</sup> International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management  
XIV Congreso de Ingeniería de Organización  
Donostia- San Sebastián , September 8<sup>th</sup> -10<sup>th</sup> 2010

### **Aportación de la implantación de medidas de eficiencia energética a la rentabilidad de activos inmobiliarios explotados en régimen de arrendamiento: aplicación cualitativa del Capital Asset Pricing Model (CAPM).**

**Fernando Pfitz Cruzate<sup>1</sup>, Carlos Rodríguez Monroy<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Dpto. de Ingeniería de Organización, Administración de Empresas y Estadística. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid. [f.pfitz@alumnos.upm.es](mailto:f.pfitz@alumnos.upm.es), [crmonroy@etsii.upm.es](mailto:crmonroy@etsii.upm.es).

#### **Resumen**

*La actual crisis económica ha tenido una especial repercusión en el sector inmobiliario español. Por otra parte, el consumo energético en el sector residencial y terciario supone más del 20% del consumo energético anual a nivel nacional. Mediante la aplicación cualitativa del Capital Asset Pricing Model (CAPM), el artículo concluye que la inversión en medidas de eficiencia energética, en inmuebles en régimen de arrendamiento, se rentabiliza tanto con la reducción de los costes de explotación del inmueble como con la disminución del riesgo de la inversión inmobiliaria, lo cual supone un aumento del Valor Actual Neto (VAN) del activo inmobiliario.*

**Palabras clave:** eficiencia energética, rentabilidad, inmobiliario, CAPM, reducción de costes

#### **1. Introducción.**

La actual situación de crisis económica a nivel mundial ha tenido una especial repercusión en el sector inmobiliario español. En general, la crisis ha afectado tanto a pequeñas y medianas empresas como a las más grandes compañías del sector. La crisis tampoco ha hecho distinción entre compañías patrimonialistas, centradas en general en la explotación en régimen de arrendamiento de inmuebles de uso terciario (comercial, administrativo, etc.), y entre empresas no patrimonialistas más centradas en la promoción y posterior venta de inmuebles de uso residencial privado. Valgan como ejemplos de la magnitud de la situación, que grandes compañías inmobiliarias han sido protagonistas en los últimos años tanto de mil millonarios Concursos de Acreedores como de salidas del IBEX 35.

Por otra parte, hay que tener en cuenta:

Que el peso del consumo energético en el sector residencial y terciario supone más del 20% del consumo anual de energía a nivel nacional.

Que existe una creciente concienciación en materia medioambiental de la sociedad tanto a nivel de opinión pública como de las clases empresariales y políticas.

Que se han aprobado normas de obligado cumplimiento, aplicables tanto a nuevas edificaciones como a reformas de gran entidad en edificios existentes, encaminadas a mejorar la eficiencia energética de los mismos.

Que la Administración evaluará el nivel de cumplimiento de las exigencias en materia de aislamiento térmico, eficacia de los sistemas de iluminación, instalación de sistemas de energías renovables, etc. y, en consecuencia, asignará una Calificación Energética al Edificio (de la A la G siendo los edificios con calificación A los de mayor eficiencia

energética y, por tanto, los que para un mismo nivel de prestaciones y confort para el usuario supondrán un menor coste en cuanto a suministro energético).

Ante este escenario que se plantea para las nuevas edificaciones, y para las edificaciones existentes que requieran realizar una reforma de entidad y que, por tanto, también están obligadas por Ley a aplicar normativas en materia de eficiencia energética, cabe preguntarse ¿qué valor podría aportar la inversión en medidas de eficiencia energética al parque de inmuebles existentes explotados en régimen de arrendamiento y cuyo estado de conservación y mantenimiento sea tal que no obligue a hacer una reforma de entidad y, por tanto, no les sea exigida por Ley la aplicación de las nuevas normativas en materia de eficiencia energética en la edificación?

## 2. Metodología.

El artículo realiza un resumen del modelo conocido como Capital Asset Pricing Model y analiza su aplicación cualitativa a los proyectos de implantación de medidas de eficiencia energética en edificación.

Posteriormente, se analizan los datos secundarios disponibles en diversas publicaciones oficiales relativas a estadísticas de los sectores de la construcción y la energía. A partir del resultado del análisis de los datos y de la aplicación de un conjunto de hipótesis, se plantea un “proyecto tipo” de inversión inmobiliaria definiendo su uso, superficie, presupuesto de ejecución material, renta media mensual, costes de explotación, rentabilidad esperada, etc.

Finalmente, se realiza una aplicación simplificada del CAPM considerando una inversión adicional en materia de eficiencia energética y se analizan los resultados obtenidos.

## 3. Desarrollo.

El presente documento justifica, a partir del análisis cualitativo de los distintos términos que intervienen en la ecuación del Capital Asset Pricing Model, que la implantación de adecuadas medidas de eficiencia energética en edificios existentes cuyo régimen de explotación es el de alquiler supone un aumento del Valor Actual Neto (VAN) del activo inmobiliario.

### 3.1. El Capital Asset Pricing Model (CAPM)

El modelo denominado Capital Asset Pricing Model (CAPM) fue desarrollado por Sharpe teniendo en cuenta la teoría de carteras de Markowitz según la cual la diversificación es una eficaz medida de reducir el riesgo, o volatilidad, de una cartera activos.

Dicho modelo establece que, a efectos de cálculo del Valor Actual Neto (VAN) - fórmula (1) - la tasa a emplear en la actualización de los flujos de caja de una determinada inversión es igual a la tasa libre de riesgo más el producto de la prima de riesgo del mercado multiplicada por un factor, beta, que representa la mayor o menor relación que tiene la cartera seleccionada con el mercado.

$$VAN = -I + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+WACC)^i} \quad (1)$$

Siendo:

*VAN*: valor actual neto.

*I*: inversión.

*FC<sub>i</sub>*: flujo de caja esperado para el periodo *i*.

*WACC*: coste medio ponderado del capital - formula (2).

$$WACC = r_d \cdot L + E[R_i] \cdot (1 - L) \quad (2)$$

Siendo:

$E[R_i]$ : tasa de actualización de los flujos de caja o rentabilidad esperada del activo o cartera  $i$  - fórmula (3).

$r_d$ : tipo de interés del crédito.

$L$ : porcentaje de deuda del proyecto.

$$E[R_i] = r_f + \beta_i \cdot (E[R_M] - r_f) \quad (3)$$

Siendo:

$r_f$ : prima libre de riesgo.

$\beta_i$ : medida del riesgo sistemático o co-movimiento con la rentabilidad de la cartera de mercado.

$(E[R_M] - r_f)$ : prima de riesgo del mercado expresada como la rentabilidad esperada de la cartera de mercado menos la prima libre de riesgo.

El CAPM puede representarse gráficamente en un diagrama cuyo eje de abscisas representa el coeficiente beta mientras que el eje de ordenadas representa la rentabilidad esperada. El resultado es una línea recta de pendiente positiva cuya ordenada en el origen es igual a la rentabilidad libre de riesgo y que para beta igual a uno arroja una rentabilidad igual a la rentabilidad esperada para la cartera de mercado. Dicha línea se conoce como Security Market Line (SML).

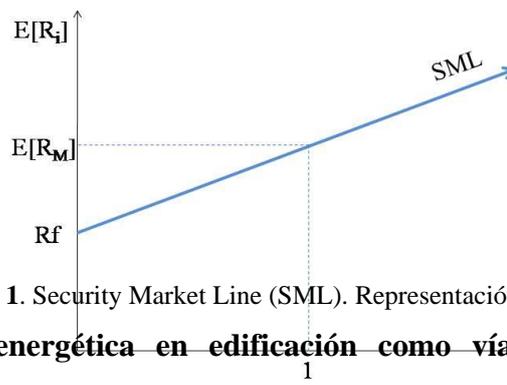


Figura 1. Security Market Line (SML). Representación gráfica del CAPM.

### 3.2. La eficiencia energética en edificación como vía para reducir los costes de explotación.

Las medidas de eficiencia energética que, razonablemente, se pueden adoptar en edificios existentes en régimen de arrendamiento son:

Mejoras en el aislamiento térmico que contribuyan a disminuir la demanda de energía.

Mejoras en las instalaciones termo-frigoríficas que optimicen el rendimiento global del sistema tanto a nivel de producción como de distribución.

Instalación de sistemas de energías renovables tales como paneles solares térmicos y/o fotovoltaicos que permitan cubrir parte de la demanda energética del inmueble.

Mejoras en los sistemas de alumbrado para hacerlos más eficientes como, por ejemplo, la instalación de temporizadores, detectores de presencia, aparatos de alumbrado de bajo consumo, etc. que contribuyan también a reducir la demanda energética del edificio.

Mejoras en los sistemas de gestión centralizada que controlan los sistemas de alumbrado, ventilación, climatización, etc. y que permiten la programación de horarios de funcionamiento, de temperaturas de consigna, etc.

Concienciación del usuario final del inmueble de la importancia de realizar un uso racional del mismo.

Estas y otras medidas aplicables a activos inmobiliarios existentes (en el caso de activos inmobiliarios en fase de proyecto se deberían de tener en cuenta otros factores como por ejemplo la orientación del edificio, los materiales de las fachadas, las sombras, etc.) permiten disminuir los requerimientos de energía del edificio, lo cual se traduce en una disminución de los costes energéticos que, a su vez, son parte fundamental de los costes totales de operación del inmueble. En general, los costes energéticos se pueden dividir en dos tipologías diferentes:

**Costes energéticos de Comunidad:** Consumos eléctricos, de gas, gasoil, etc. para dar servicio a los elementos comunes de la edificación como pueden ser aparcamiento subterráneo, alumbrado exterior, aparatos elevadores, climatización e iluminación de zonas comunes (vestíbulos de acceso, recepción, aseos públicos, escaleras y pasillos de evacuación, etc.) cuyo coste debe ser satisfecho por la Comunidad de Propietarios quien, a su vez, repercute dicho coste a cada uno de los inquilinos del inmueble de manera proporcional a la superficie de su local en régimen de arrendamiento. Sin embargo, la sociedad titular del activo inmobiliario debe sufragar la parte proporcional de los gastos comunes correspondiente al porcentaje del inmueble que, en cada momento, no tenga inquilino.

**Costes energéticos privativos:** Consumos eléctricos, de gas, gasoil, etc. para dar servicio a los elementos privativos de cada uno de los locales del edificio sujetos a un contrato de arrendamiento. Dichos consumos corresponden a la climatización, iluminación, fuerza, etc. de cada local y su coste debe ser sufragado por el inquilino de cada local en concreto. De manera similar a lo comentado en el punto anterior, la sociedad titular del activo inmobiliario debe sufragar los gastos de los servicios privativos de aquellos locales que no tengan inquilino (aunque en estos casos los consumos energéticos suelen ser muy bajos y se reducen al mínimo imprescindible).

En consecuencia, la adopción de medidas de eficiencia energética supone una disminución de los costes energéticos tanto de los inquilinos del inmueble como de la sociedad propietaria del mismo. Lo que se traduce en un incremento de los flujos netos de caja y, por tanto, en un incremento del VAN del inmueble.

### **3.3. La eficiencia energética en edificación como vía para reducir el riesgo de la actividad inmobiliaria.**

La adopción, en edificios existentes en régimen de arrendamiento, de medidas de eficiencia energética tales como las descritas en el epígrafe anterior, contribuye a reducir la tasa a la que deben ser actualizados los flujos de caja generados por el activo debido a que el riesgo de la actividad decrece. Los principales motivos que llevan a considerar una disminución del riesgo en activos inmobiliarios con determinadas medidas de eficiencia energética son los siguientes:

A igualdad de renta a abonar al arrendador, la denominada Tasa de Esfuerzo (suma de la renta más los gastos de comunidad) que un arrendatario debe afrontar es inferior en este tipo de inmuebles. Esto hace que el inmueble sea más atractivo para el arrendador puesto que requiere un menor gasto mensual en concepto de Tasa de Esfuerzo. Este hecho es especialmente significativo en una época de crisis económica como la actual que obliga a las compañías de todo ámbito a tratar de reducir sus costes en la medida de lo posible.

Teniendo en cuenta que, en la actualidad, está creciendo significativamente la concienciación en materia medio ambiental en las empresas de todos los sectores, un hipotético nuevo arrendador de un local desocupado tenderá a escoger, a igualdad de otros factores, un inmueble que sea más eficiente desde un punto de vista medio ambiental.

### 3.4. Aplicación del CAPM.

#### Proyecto inmobiliario tipo e Inversión tipo en eficiencia energética.

A partir del análisis de las Series estadísticas para la Construcción 2004-2008, se ha definido el siguiente proyecto inmobiliario tipo al que, posteriormente, se aplica el CAPM simplificado:

Año de construcción: 2004 (previo a la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación que exige la aplicación de medidas de eficiencia energética).

Uso previsto: Servicios Burocráticos (Oficinas) o Comerciales.

Superficie media construida: 2.234 metros cuadrados.

Presupuesto de ejecución material: 1.417.578 euros. Presupuesto sin IVA, sin Gastos Generales ni Beneficio Industrial, sin coste de suelo ni de servicios, licencias, financieros, etc.

Adicionalmente, se realiza una serie de hipótesis adicionales en relación al Proyecto inmobiliario tipo:

Renta media mensual: 18 €/m<sup>2</sup>×mes.

Gastos de comunidad: 5 €/m<sup>2</sup>×mes.

Porcentaje de gastos de comunidad debidos a consumos energéticos: 25%.

Gastos privativos debidos a consumos energéticos: 1,5 €/m<sup>2</sup>×mes.

Tasa de descuento considerada: 7%.

Para simplificar el análisis, no se consideran costes financieros, ni fiscales, ni amortizaciones, etc.

Porcentaje de superficie desocupada por efecto de la situación actual de crisis: 20% de la superficie del inmueble.

A partir del análisis del Plan de Acción 2008-2012 (PAE4 2008-2012) publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), se ha considerado un proyecto de implantación de medidas de eficiencia energética de las siguientes características estimadas:

Inversión: 5% del presupuesto de ejecución material del edificio.

Reducción del consumo energético obtenido: 10% a aplicar tanto a los consumos energéticos de los elementos comunes de la edificación sufragados por la Comunidad de Propietarios como de los gastos privativos debidos a consumos energéticos de cada inquilino en el interior de su local.

A continuación, se aplica de manera simplificada el CAPM considerando que el VAN del activo inmobiliario se obtiene como capitalización de una renta infinita:

$$VAN_{2010} = -I_{ef} + \frac{FC}{r} \quad (4)$$

Siendo:

$VAN_{2010}$ : Valor actual neto de la corriente infinita de flujos de caja.

$I_{ef}$ : Inversión realizada por el propietario del inmueble en materia de eficiencia energética.

$FC$ : Flujo de caja neto para el propietario del inmueble. Se obtiene como diferencia entre la renta de los alquileres de los locales arrendados y los gastos de comunidad y gastos de consumos de los locales no arrendados en cada momento y que, por tanto, deben de ser sufragados por el propietario del inmueble.

$r$ : Tasa de descuento.

Los dos casos a los que se aplica el estudio corresponden a las siguientes hipótesis:

Aplicación al Proyecto inmobiliario tipo en el año 2010 considerando una tasa de ocupación del 80% de la superficie y sin inversión realizada en materia de eficiencia energética.

Aplicación al Proyecto inmobiliario tipo en el año 2010 considerando una tasa de ocupación del 80% de la superficie y realizando una inversión en materia de eficiencia energética.

### Aplicación del CAPM a Proyecto tipo sin medidas de eficiencia energética.

Los resultados obtenidos se reflejan en la tabla adjunta.

**Tabla 1.** Valor actual neto para Proyecto tipo sin medidas de eficiencia energética.

PROYECTO TIPO SIN MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	
INVERSION EFICIENCIA ENERGÉTICA	NO
SUPERFICIE (m2)	2.234
RENTA (€/m2*mes)	18
OCUPACIÓN (%)	80%
GASTOS COMUNIDAD CONSUMOS (€/m2*mes)	1,25
GASTOS COMUNIDAD RESTO (€/m2*mes)	3,75
GASTOS PRIVATIVOS CONSUMOS (€/m2*mes)	1,50
INVERSION EFICIENCIA ENERGÉTICA (€)	-
MEJORA RENDIMIENTO EFIC. ENERG. (%)	0%
TASA DESCUENTO (%)	7,0%
<b>VAN (€)</b>	<b>5.473.300 €</b>

### Aplicación del CAPM a Proyecto tipo con medidas de eficiencia energética.

Los resultados obtenidos se reflejan en la tabla adjunta.

**Tabla 2.** Valor actual neto para Proyecto tipo con medidas de eficiencia energética.

<b>PROYECTO TIPO CON MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA</b>	
INVERSION EFICIENCIA ENERGÉTICA	SI
SUPERFICIE (m2)	2.234
RENTA (€/m2*mes)	18
OCUPACIÓN (%)	80%
GASTOS COMUNIDAD CONSUMOS (€/m2*mes)	1,25
GASTOS COMUNIDAD RESTO (€/m2*mes)	3,75
GASTOS PRIVATIVOS CONSUMOS (€/m2*mes)	1,50
INVERSION EFICIENCIA ENERGÉTICA (€)	70.930
MEJORA RENDIMIENTO EFIC. ENERG. (%)	10%
TASA DESCUENTO (%)	6,9%
<b>VAN (€)</b>	<b>5.483.474 €</b>

#### **4. Resultados.**

La investigación realizada justifica que el incremento de inversión que supone la implantación de medidas de eficiencia energética en activos inmobiliarios se puede compensar tanto con el aumento de los flujos de caja netos, motivado por una disminución de los costes de explotación, como con la disminución de la tasa a la que se deben actualizar los flujos de caja, motivada por una disminución en el riesgo global de la inversión. Ambos factores, aumento de flujos de caja netos y disminución de la tasa de actualización, contribuyen a aumentar el VAN del activo.

#### **Agradecimientos**

Al claustro de profesores del Máster en Ingeniería de Organización de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid.

#### **Referencias**

- Alexander, G.; Bailey, J.; Sharpe, W. (1993). *Fundamentals of Investments*. Prentice Hall.
- Brealey, R. A.; Myers, S. C.; Allen, Franklin. (2006). *Principles of Corporate Finance*. McGraw Hill Companies, Inc.
- Fernández, P. (2008). Are calculated betas worth for anything? First versión July 7, 2004. IESE Business School, University of Navarra.
- Markowitz, H.M. (1952). Portfolio selection. *Journal of Finance*, Vol. 7, pp. 77-91.
- Martín Peña, M.L.; Díaz Garrido, E.; Carrasco Bañuelos, E. (2007). Actitudes medio ambientales de la dirección versus actuaciones medioambientales de la empresa. Una aplicación al sector de la automoción. CIO 2007.
- Pivo, G. (2008). Responsible property investing: what the leaders are doing. *Journal of Property Valuation and Investment*.
- Secretaría de Estado de Energía. (2008). *La Energía en España 2008*. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Gobierno de España.
- Sharpe, W.F. (1964). Capital Asset Prices: A theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk. *Journal of Finance*, Vol. 19, pp. 425-442.
- Varios autores. (2001). *Commercial Investment Property: Valuation Methods*. First version 1997. The Royal Institution of Chartered Surveyors Business Services Limited.

Varios autores. (2007). Plan de Acción 2008-2012 (PAE4 2008-2012). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía IDAE. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Varios autores. (2008). La energía en España 2008. Secretaría de Estado de Energía. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Varios autores. (2009). Construcción de edificios 2004 – 2008. Licencias municipales de obra. Serie estadísticas. Subdirección General de Estadística y Estudios. Dirección General de Programación Económica. Ministerio de Fomento.