

En las últimas décadas hemos asistido en España a un incremento sostenido del consumo de energía en consonancia con la mejora del bienestar y de la favorable evolución de la economía.

La bonanza económica ha propiciado que en los hogares españoles se incremente el número de aparatos que consumen energía ya sea para ocio (ordenadores, impresoras), para mejor confort térmico (equipos de aire acondicionado, bombas de calor) o para comodidad de sus inquilinos (secadoras, lavaplatos). Este gasto en ocasiones desmesurado de energía y la adopción de hábitos que invitan al derroche no son en absoluto sostenibles a medio y largo plazo. El ciudadano medio ignora el importe de sus recibos y que existen medidas simples para ahorrar energía.

Paralelamente, la vida en el planeta se ve acosada por el deterioro de la capa de ozono como consecuencia de la proliferación de los gases producto del consumo de combustibles de origen fósil, que provocan el llamado efecto invernadero y que amenaza el mantenimiento del ecosistema, lo que se traduce en cambios en el clima y que pueden, con el tiempo, obligarnos a modificar nuestros hábitos de vida.

Europa ha tomado conciencia del problema y, desde hace varios años, diferentes directivas han sido publicadas con el ánimo de reducir el consumo de energía y, en consecuencia, las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Un nuevo problema se añade al consumo de energía, se trata de la dependencia que tiene Europa (y España) de la importación de combustibles fósiles para el correcto funcionamiento de la industria y el comercio: se estima que en 2030 en Europa el 90% del petróleo y el 80% del gas será de importación <sup>(1)</sup>. El considerable aumento del precio de estos carburantes ya sea por exceso de la demanda (desarrollo de países emergentes como la India o China) como por problemas en la oferta (falta de estabilidad política en los países productores: Irak, Venezuela), se traduce en un incremento imparable del coste de la energía.

Los gobiernos europeos se apresuran a poner en marcha medidas tendentes a neutralizar los efectos del exceso de consumo energético en el medio ambiente y el incremento del coste de los combustibles en el nivel de vida de los ciudadanos. Para ello se han implementado diferentes medidas que van desde programas de concienciación y educación de los ciudadanos para que en sus hábitos de vida reduzcan los consumos excesivos de energía, pasando por favorecer las tecnologías que permiten producir energías renovables, o el incremento de los niveles de aislamiento en los edificios.

Este estudio pretende contribuir al debate sobre las medidas para reducir el incremento imparable de los costes de la energía y el deterioro de nuestro entorno, mediante una propuesta para el incremento sostenible del aislamiento térmico en los edificios. Estas medidas deben aplicarse sin tardanza tanto en la edificación nueva como en el parque de edificios existente.

(1) Green Paper-Comisión Europea 2005

## 1-1 Objetivos del estudio

Con la firma del Protocolo de Kioto en 1997, los países industrializados tomaron el compromiso de reducir durante el periodo 2008-2012 las emisiones de los 6 gases responsables del efecto invernadero, entre los que destaca el CO<sub>2</sub>. España se comprometió a que sus emisiones no superarían el 15% de las generadas en 1990. El 4 de Enero de 2006 entró en vigor en la Comunidad Europea la Directiva 91/2002, de Eficiencia Energética, que implicará la adopción por parte de los países miembros de toda una serie de medidas que fomenten la reducción del consumo energético de los edificios y la calificación de estos en función de su eficiencia energética. A partir de esa fecha toda vivienda vendida o alquilada deberá disponer del correspondiente documento acreditativo de su eficiencia energética.

La normativa relativa al aislamiento térmico en los edificios en España se encuentra recogida en la NBE-CT-79. Esta norma obsoleta será substituida por el “Código Técnico de la Edificación” (CTE) cuya aplicación se espera para 2006. Uno de los documentos que forman el mencionado CTE, es el DB-HE1 (Documento Básico Ahorro Energético), donde se indican las medidas para limitar la demanda energética del edificio.

En 2004 el Ministerio de Economía y Hacienda publicó el documento llamado E4 “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004 - 2012”, donde, en el apartado dedicado al sector de la Edificación, incluye un estudio del potencial de ahorro energético comparando la existente y la futura reglamentación:

- El escenario existente con la NBE-CT 79
- El escenario futuro con el CTE

Para la realización del estudio e identificar el potencial, se utilizaron tres modelos diferentes de edificios, dos de tipo residencial, y un tercero de oficinas. Éstos fueron simulados en tres zonas climáticas diferentes (Sevilla-B4, Madrid-D3 y Burgos-E1). La media de ahorro potencial fue calculada aplicando una distribución de la población (63% en la zona climática B4, el 34% en la D3 y el 3% restante en la zona E1).

El primer objetivo de este estudio es mostrar el impacto positivo que el incremento de espesores de aislamiento en los edificios nuevos puede aportar al ahorro energético y a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en España.

El segundo objetivo consiste en valorar el coste que representará para España el exceso de emisiones de CO<sub>2</sub>, dado que va a penalizarse a aquellos países que emitan en exceso CO<sub>2</sub> respecto a la cuota asignada.

En el presente trabajo se ha investigado el efecto de un posible futuro escenario con mayor demanda energética que el escenario del CTE (versión Abril 2005), mediante la comparación entre:

- El escenario normativo CTE DB-HE1 (que llamaremos CTE)
- Un escenario que llamamos CTE-PLUS basado en el “espesor matemáticamente óptimo de aislamiento”

El estudio trabaja con la hipótesis de un cambio en las características térmicas de las cubiertas y de las fachadas incrementando el espesor de aislamiento. Los resultados se refieren solamente a edificios nuevos construidos en el periodo 2005-2012. Los modelos de edificios empleados son los mismos definidos en el estudio E4, vivienda unifamiliar adosada y bloque de viviendas.

El estudio pretende ser objetivo y conservativo en lo posible en sus conclusiones.

## 1-2 Metodología empleada en el estudio

---

El estudio se ha basado en simulaciones paramétricas de dos modelos de edificios, uno de vivienda unifamiliar y otro de viviendas en bloque. Las fases para la realización del estudio fueron las siguientes:

### Para los edificios

---

Ahorro de energía obtenido con el incremento del espesor de aislamiento prescrito por el CTE, mediante el espesor óptimo y la amortización de la inversión.

#### — Simulaciones paramétricas

Sobre cada y para cada zona climática de referencia seleccionada, se han ido variando los espesores de aislamiento de centímetro en centímetro, para determinar los ahorros obtenidos en función de cada espesor, obteniendo una gráfica que determina los ahorros energéticos en función del espesor.

#### — Ahorro de energía

Se ha determinado el coste de esa energía ahorrada, en función de un precio de energía medio considerado.

#### — Coste del aislamiento

En cada caso se ha determinado el coste del aislamiento, en función del espesor aplicado.

#### — Espesor matemáticamente óptimo

Se ha hallado el espesor del aislamiento óptimo matemático para cada modelo y zona climática de referencia mediante la utilización de los “ahorros de energía” y “costes inversión”. Se ha seleccionado finalmente un valor de incremento de espesor matemáticamente óptimo para cada zona climática de referencia.

#### — Amortización

Se ha realizado un cálculo del tiempo estimado de retorno de la inversión inicial, en función del grosor de aislamiento considerado, para cada modelo y zona climática de referencia

#### — Aplicación de los valores óptimos

En primer lugar, se han agrupado las 12 zonas climáticas de España en tres grupos, uno por cada zona climática de referencia. A cada grupo se le ha asignado el mismo espesor matemáticamente óptimo que el hallado para su zona de referencia. En segundo lugar se ha seleccionado un año climático tipo por cada zona climática.

#### — Obtención de los resultados en ahorro para cada zona climática con el espesor óptimo propuesto

Para cada modelo de edificio y en cada zona climática se ha calculado el ahorro energético teniendo en cuenta los correspondientes datos climáticos.

### Cálculos a nivel nacional

---

#### — Obtención de los ahorros obtenidos en cada zona climática con el óptimo propuesto

Se han hallado, con el espesor óptimo asignado y con el año meteorológico tipo elegido para cada zona climática, los ahorros de cada modelo de vivienda en cada una de las capitales de provincia de España.

#### — Extrapolación de resultados

Los resultados obtenidos para cada modelo de edificio han sido extrapolados para calcular los valores de energía ahorrada, y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, para el periodo 2005 – 2012, teniendo en cuenta la previsión de construcción de nuevos edificios en ese periodo.

### 1-3 Modelos de simulación y programas de cálculo

El estudio ha sido concebido con el propósito de ser lo más objetivo posible. Para ello se han utilizado siempre programas y datos oficiales. Para determinar el número de nuevos edificios construidos (\*) y el escenario de consumo de energía para el periodo 2005 – 2012 han sido empleados estudios y programas que han sido considerados fiables, y que se describen a continuación.

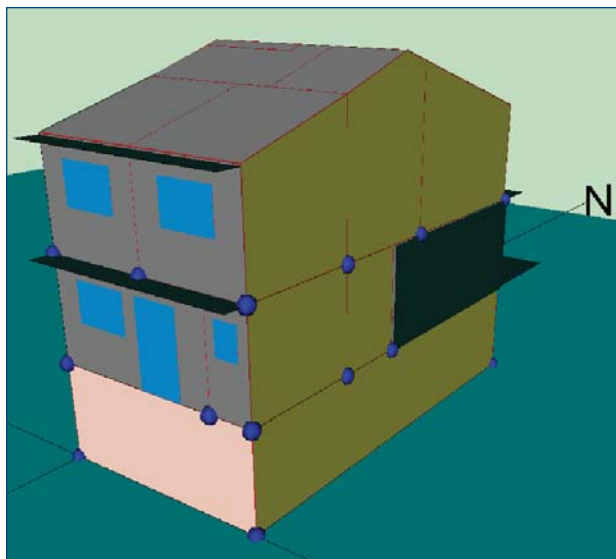
(\*) Ver 1.5 Estadísticas

#### Modelos de edificios

Se han utilizado para la realización del estudio los mismos modelos de viviendas individuales y de bloque de viviendas que fueron utilizados en el documento oficial del Ministerio de Economía E4 “Estrategia de ahorro y eficiencia energética en España 2004-2012”, sector edificación.

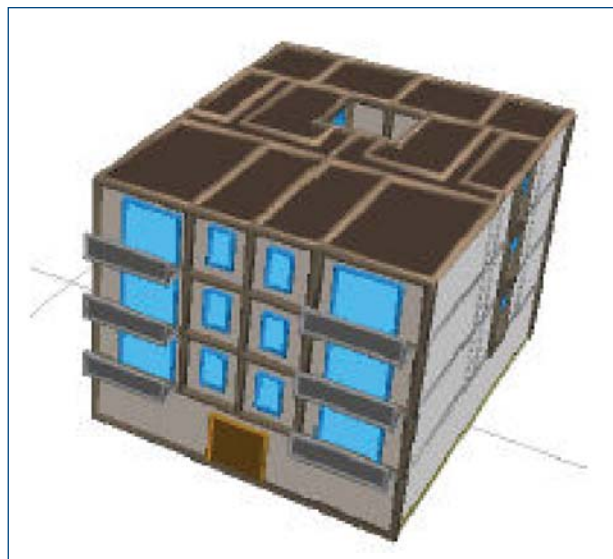
Los modelos están descritos en detalle en el Anexo 1.

**Figura 1:** Vivienda unifamiliar



*Fachada Sur*

**Figura 2:** Bloque de viviendas



*Fachada Este*

#### Programas de simulación empleados

El estudio ha sido realizado utilizando el programa de simulación CALENER 2.02, que en el futuro servirá para certificar la eficiencia energética de los edificios, de acuerdo con la Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (DEEE). El programa CALENER utiliza como motor de cálculo el programa DOE 2.2.

## 1-4 Principales parámetros utilizados

### Precio de la energía

Predecir la evolución del precio de la energía es complicado, dado que ello no sigue reglas demasiado claras. El estudio se ha basado en la base de datos del Eurostat-05, que indica los precios de la energía en los últimos años, y otros estudios <sup>(1)</sup>. En función de ello y de la opinión de expertos consultados se ha optado por aplicar un incremento anual del coste de la energía del 1,5%

(1) E.G. Ecofys report "Mitigation of CO<sub>2</sub>" 2004

**Tabla 1: Precio de la energía**

	Incremento anual	Precio de la energía 2004 (€/kWh)	Precio medio de la energía 2004-2044 (€/kWh)
Gas	1.5%	0.0348	0.0479
Electricidad	1.5%	0.1097	0.1511

### Precio del aislamiento

Se ha aplicado un precio del aislamiento fijado en 36 €/m<sup>3</sup> independientemente del espesor empleado. En el precio no se ha tenido en cuenta la mano de obra dado que el CTE ya prevé la necesidad de aplicar un mínimo de aislamiento y, consecuentemente, la mano de obra ya está contemplada. Ello implica una simplificación en el cálculo dado que la mano de obra es aproximadamente la misma, con independencia del espesor utilizado dentro del rango de espesores empleado en el presente estudio.

### Durabilidad del aislamiento

A efectos de cálculo se ha decidido considerar 40 años como tiempo de servicio de los productos, tras 40 años de uso parece adecuado pensar en una renovación de los cerramientos del edificio.

### Penalización del precio CO<sub>2</sub>

Como medio para obtener el valor del CO<sub>2</sub> no emitido, se ha empleado una penalización de 20 €/tCO<sub>2</sub>. Para obtener este valor medio se ha analizado previamente el histórico de la evolución del precio del CO<sub>2</sub>, incluyendo las indicadas en el informe de PriceWaterhouseCoopers: "Efectos de la aplicación del Protocolo de Kioto en la economía española", donde se considera que entre 10 – 30 €/tCO<sub>2</sub> es un valor de intervalo conservativo, y muestra que la media resultante de los modelos presentados en el mencionado informe es alrededor de 20 €/tCO<sub>2</sub>.

El precio máximo de penalización convenido para el primer periodo del acuerdo de Kioto se ha fijado a 50 € y 200 €/tCO<sub>2</sub>, para el segundo periodo.

### Valores de conversión de CO<sub>2</sub>

Para convertir los valores de energía en emisiones de CO<sub>2</sub> es necesario definir unos valores de conversión. En este caso, los valores de conversión utilizados son los mismos que se encuentran en el programa CALENER. Son los siguientes:

**Tabla 2: Valores de conversión de CO<sub>2</sub>**

Tipo de energía	Valores de conversión (Kg CO <sub>2</sub> /kWh)
Gas Natural	0.2
Electricidad	0.486

## 1-5 Estadísticas

## Estimación de edificios de viviendas a construir en el período 2005-2012

Para la estimación del número de edificios que se construirán en el período, se han analizado informaciones procedentes de dos orígenes diferentes:

- Licencias de Construcción de edificios procedente de la base de datos del Ministerio de Fomento.
- APCE-AFI <sup>(2)</sup> informe “Demanda de edificios:2013 pronóstico. Análisis del parque de edificios”

**Tabla 3:** Estimación de edificios de viviendas a construir en el periodo 2005-2012

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Nº Viviendas</b>	633.867	643.603	603.045	465.045	451.088	442.072	483.230	424.665

**Tabla 4:** Estimación de la superficie total de los edificios (m<sup>2</sup>)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Total Nacional</b>	76.060.840	84.840.660	84.840.660	84.840.660	84.840.660	84.840.660	84.840.660	84.840.660

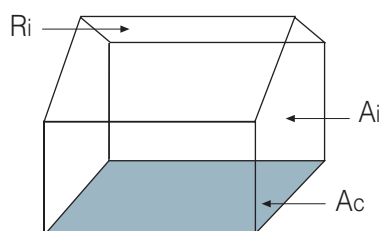
(2) AFI: International Financial Analysts, (prestigiosa compañía creada en 1987) cuya principal actividad se centra en ofrecer información financiera y sobre inversiones a empresas.

## 1-6 Estimación del porcentaje de área acondicionada

En España no todas las superficies de las viviendas son calefaccionadas o refrigeradas, por ello y para poder extrapolar los resultados es necesario conocer qué parte de la superficie de los edificios de referencia va a ir acondicionada. Este análisis debe realizarse también región a región.

Para hacer el estudio más fiable se ha procedido a emplear los mismos porcentajes de área acondicionada que en los modelos de edificios del documento E4. El porcentaje de área acondicionada varía de una zona a otra, por ejemplo en el norte de España es normal climatizar la cocina y el baño, lo cual no ocurre en las Comunidades del Sur.

**Figura 3:** Factor de conversión (Fc), Ejemplo:



$$\text{Área Acondicionada} = A_c = 80 \text{ m}^2$$

$$\text{Total área de fachada aislada} = \sum A_i = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 110 \text{ m}^2$$

$$\text{Total área de cubierta aislada} = \sum R_i = R_1 + R_2 = 95 \text{ m}^2$$

Dado que el incremento de energía se expresa en kWh por m<sup>2</sup> de vivienda acondicionada y no en kWh por m<sup>2</sup> de cerramiento, es necesario usar la constante **Fc**. Esta constante se usa para transformar m<sup>2</sup> de viviendas acondicionadas en m<sup>2</sup> de aislamiento instalado. Según la tipología de la vivienda nos dará la cantidad de m<sup>2</sup> necesarios instalar por cada m<sup>2</sup> acondicionado.

Ejemplo: Si tenemos 80 m<sup>2</sup> de vivienda acondicionada, tenemos 110 m<sup>2</sup> de fachadas aisladas + 95 m<sup>2</sup> de las cubiertas:

$$F_c = (110+95) / 80 = 2.56$$