

**AHORRO DE ENERGIA EN VIVIENDAS MEDIANTE EL INCREMENTO DE  
AISLAMIENTO**

**FRANCISCO JOSE SERNA, MIGUEL MONREAL, FLORENCIO MANTECA**

**CENER (CENTRO NACIONAL DE ENERGIAS RENOVABLES)**

# **AHORRO DE ENERGIA EN VIVIENDAS MEDIANTE EL INCREMENTO DE AISLAMIENTO**

## **1. Introducción**

### **a. Objeto del estudio**

El objeto del estudio<sup>1</sup> es mostrar el ahorro de energía producido y la disminución de emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzadas cuando incrementamos el espesor del aislamiento térmico en viviendas de nueva construcción. Para identificar correctamente dicho potencial de ahorro, se han analizado dos tipología edificatorias diferenciadas, un bloque de viviendas y un unifamiliar. Estas dos tipologías se han simulado en tres zonas climáticas bastante diferenciadas, (Sevilla-B4, Madrid-D3, y Burgos-D1), obteniendo así seis casos de estudio, en los cuales se basa este informe. Estas simulaciones se han realizado en dos escenarios diferentes, El escenario base, correspondiente a los estándares de la “limitación de la demanda energética” fijados por el Código Técnico de la Edificación, y el escenario 2 basado en el espesor de aislamiento matemáticamente óptimo.

### **b. Metodología usada en el estudio**

El estudio se ha basado en simulaciones paramétricas, sobre dos modelos de edificios, un bloque de viviendas y un unifamiliar. Los pasos que se han llevado a cabo han sido:

#### **i. Simulaciones paramétricas**

Para cada zona climática seleccionada el espesor de aislamiento ha sido incrementada cm. a cm. a partir de los requerimientos del CTE para cada zona climática, obteniendo las disminuciones de la demanda en cada caso dando lugar a una curva de demanda en función del espesor de aislamiento. Estas simulaciones se han llevado a cabo con el programa CALENER 2.02

#### **ii. Ahorro energético**

El valor del ahorro energético se ha obtenido en función de un determinado precio de la energía

#### **iii. Inversión inicial del aislamiento**

Para el cálculo de las inversiones iniciales se ha tenido en cuenta un precio de aislamiento por m<sup>3</sup>, no contemplándose la inclusión de la mano de obra debido a que ya esta incluida en la colocación del aislamiento obligatorio (Se desprecia el incremento de coste de mano de obra por colocar aislamiento de más espesor)

---

<sup>1</sup> Este estudio esta basado en “ El potencial de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> en viviendas” realizado por CENER para ROCKWOOL

#### iv. Periodo de amortización

Para el cálculo de la amortización de la inversión se ha utilizado el método simple de payback-time.

#### c. Metodología usada en el estudio

El estudio, ha tratado por todos los medios de ser lo mas objetivo posible, y por ello se han utilizado datos y programas oficiales en todo momento.

##### i. Programa de simulación usado

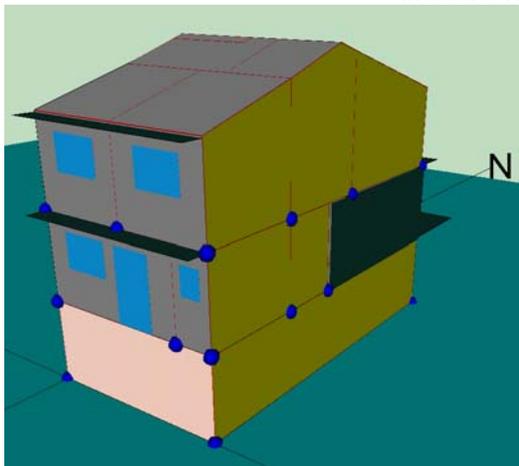
El estudio ha sido desarrollado, usando el programa de simulación CALENER 2.02, que ha sido el programa oficial de cálculo de demandas energéticas en viviendas hasta la entrada en vigor de la nueva directiva Europea. Este programa utiliza como motor de cálculo DOE 2.2

##### ii. Modelos usados

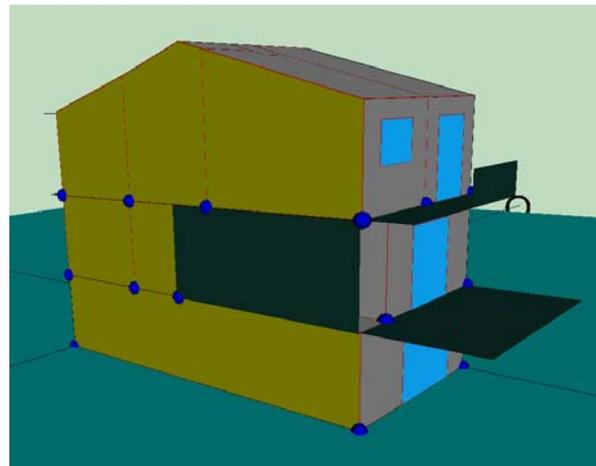
Se han utilizado los mismos modelos que en el estudio oficial del Ministerio de economía, E4<sup>2</sup>. Los modelos se describen a continuación y corresponden a una vivienda individual y un bloque de viviendas:

- Geometría, orientación y dimensiones

##### Modelo vivienda unifamiliar



*Fachada sur*



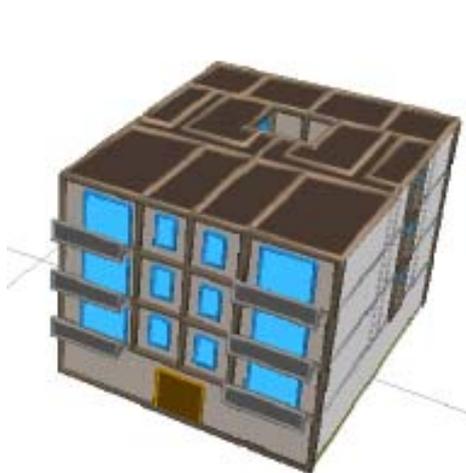
*Fachada norte*

---

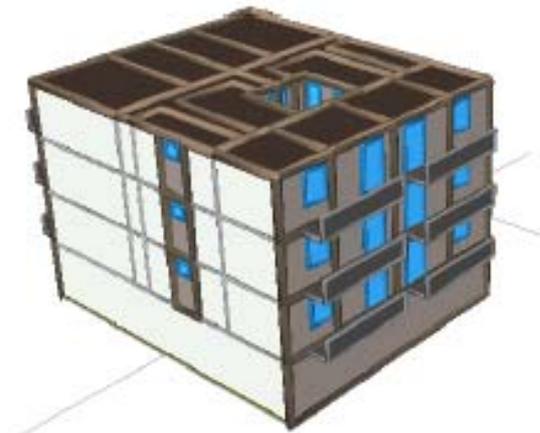
<sup>2</sup> E4 "Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012, sector Edificación, Noviembre 2003

Planta	Espacio	Area (m2)	Altura (m)	Climatizada o no climatizada	Description
Floor 0-	ESP_0-01	57.50	2.40	NC	Garaje
Floor 0+	ESP_0+01	16.90	2.55	NC	Cocina-Baño
Floor 0+	ESP_0+02	9.81	2.55	NC	Hall
Floor 0+	ESP_0+03	24.58	2.55	C	Cuarto de estar
Floor 1+	ESP_1+01	8.21	2.55	C	Dormitorio
Floor 1+	ESP_1+02	8.68	2.55	C	Dormitorio
Floor 1+	ESP_1+03	7.28	2.55	NC	Pasillo
Floor 1+	ESP_1+04	5.75	2.55	NC	Baño
Floor 1+	ESP_1+05	14.97	2.55	C	Dormitorio
Floor 1+	ESP_1+06	12.60	2.55	C	Dormitorio
Floor 2+	ESP_2+01	57.50	0.80	NC	Bajo cubierta
<b>TOTAL</b>		<b>166.28</b>	<i>(Sin considerar bajo cubierta)</i>		

### Modelo vivienda en bloque



*Fachada este*



*Fachada oeste*

Planta	Espacio	Area (m2)	Altura (m)	Climatizada o no climatizada	Description
Floor 0-	ESP_0+01	146.30	2.5	NC	Commercial
Floor 1+	ESP_1+01	6.96	2.3	C	Dormitorio
Floor 1+	ESP_1+02	5.59	2.3	NC	Baño
Floor 1+	ESP_1+03	9.22	2.3	NC	Pasillo
Floor 1+	ESP_1+04	17.68	2.3	C	Cuarto de estar
Floor 1+	ESP_1+05	8.99	2.3	C	Dormitorio
Floor 1+	ESP_1+06	9.44	2.3	C	Dormitorio
Floor 1+	ESP_1+07	10.92	2.3	NC	Cocina
Floor 1+	ESP_1+08	8.99	2.3	C	Dormitorio
Floor 1+	ESP_1+09	9.44	2.3	C	Dormitorio
Floor 1+	ESP_1+10	9.22	2.3	NC	Pasillo
Floor 1+	ESP_1+11	10.92	2.3	NC	Cocina
Floor 1+	ESP_1+12	6.96	2.3	C	Dormitorio
Floor 1+	ESP_1+13	5.59	2.3	NC	Baño
Floor 1+	ESP_1+14	17.68	2.3	C	Cuarto de estar
Floor 2+	ESP_2+01	6.96	2.3	C	Dormitorio
Floor 2+	ESP_2+02	5.59	2.3	NC	Baño
Floor 2+	ESP_2+03	9.22	2.3	NC	Pasillo

Floor 2+	ESP_2+04	17.68	2.3	C	Cuarto de estar
Floor 2+	ESP_2+05	8.99	2.3	C	Dormitorio
Floor 2+	ESP_2+06	9.44	2.3	C	Dormitorio
Floor 2+	ESP_2+07	10.92	2.3	NC	Cocina
Floor 2+	ESP_2+08	8.99	2.3	C	Dormitorio
Floor 2+	ESP_2+09	9.44	2.3	C	Dormitorio
Floor 2+	ESP_2+10	9.22	2.3	NC	Pasillo
Floor 2+	ESP_2+11	10.92	2.3	NC	Cocina
Floor 2+	ESP_2+12	6.96	2.3	C	Dormitorio
Floor 2+	ESP_2+13	5.59	2.3	NC	Baño
Floor 2+	ESP_2+14	17.68	2.3	C	Cuarto de estar
Floor 3+	ESP_3+01	6.96	2.3	C	Dormitorio
Floor 3+	ESP_3+02	5.59	2.3	NC	Baño
Floor 3+	ESP_3+03	9.22	2.3	NC	Pasillo
Floor 3+	ESP_3+04	17.68	2.3	C	Cuarto de estar
Floor 3+	ESP_3+05	8.99	2.3	C	Dormitorio
Floor 3+	ESP_3+06	9.44	2.3	C	Dormitorio
Floor 3+	ESP_3+07	10.92	2.3	NC	Cocina
Floor 3+	ESP_3+08	8.99	2.3	C	Dormitorio
Floor 3+	ESP_3+09	9.44	2.3	C	Dormitorio
Floor 3+	ESP_3+10	9.22	2.3	NC	Pasillo
Floor 3+	ESP_3+11	10.92	2.3	NC	Cocina
Floor 3+	ESP_3+12	6.96	2.3	C	Dormitorio
Floor 3+	ESP_3+13	5.59	2.3	NC	Baño
Floor 3+	ESP_3+14	17.68	2.3	C	Cuarto de estar
<b>TOTAL</b>		<b>559</b>			

o Materiales constructivos en sus cerramientos

A continuación se muestran la composición de los cerramientos utilizados en el estudio:

**Cubierta- Vivienda individual CTE\_B4**

Descripcion	Espesor (m)	Conduct. (W/m K)	Densidad (kg/m3)	Calor específico (J/kg K)	R-Value (m2 K/W)
Teja	0.1	1.0	2000	800	0.1000
Impermeabilizante	0.003	0.23	1000	1680	0.0130
Mortero de cemento	0.01	1.4	2000	1050	0.0071
Ladrillo ceramico	0.04	0.4900	1200	920	0.0816
Camara de aire					0.16
Poliestireno expan TII	0.066 (*)	0.043	12.0	1450	1.535 (*)
Forjado de hormigon	0.21	1.38	1500	1000	0.1522
Enlucido de yeso	0.01	0.30	800	920	0.0333

(\*) El espesor de aislamiento varía en función de la zona climática hasta cumplir con los requerimientos del CTE<sup>3</sup>

<sup>3</sup> CTE- Documento Básico HE sección 1. Limitación de la demanda energética (borrador). Abril 2005

**Cubierta- Bloque de viviendas. CTE\_B4**

Descripcion	Espesor (m)	Conduct. (W/m K)	Densidad (kg/m3)	Calor especifico (J/kg K)	R-Value (m2 K/W)
Baldosin catalan	0.02	1.05	2000	880	0.0190
Mortero de cemento	0.01	1.4	2000	1050	0.0071
Poliestireno expan TII	0.066 (*)	0.043	12.0	1450	1.53 (*)
Lamina bituminosa	0.003	0.19	1100	1680	0.0158
Mortero de cemento	0.01	1.4	2000	1050	0.0071
Hormigon celular	0.02	0.09	305	1050	0.222
Forjado de hormigon	0.21	1.38	1500	1000	0.1522
Enlucido de yeso	0.01	0.30	800	920	0.0333

(\*) El espesor de aislamiento varía en función de la zona climática hasta cumplir con los requerimientos del CTE

**Muro exterior- Vivienda unifamiliar y vivienda en bloque. CTE\_B4**

Descripcion	Espesor (m)	Conduct. (W/m K)	Densidad (kg/m3)	Calor especifico (J/kg K)	R-Value (m2 K/W)
Ladrillo macizo	0.11	0.87	1800	1380	0.1264
Mortero de cemento	0.01	1.4	2000	1050	0.0071
Poliestireno expan TII	0.035(*)	0.043	12.0	1450	0.814(*)
Ladrillo hueco	0.03	0.49	1200	920	0.0612
Enlucido de yeso	0.01	0.3	800.0	920	0.0333

(\*) El espesor de aislamiento varía en función de la zona climática hasta cumplir con los requerimientos del CTE

**Suelo en contacto con superficie no calefactada. Vivienda unifamiliar y vivienda en bloque CTE\_B4**

Descripción	Espesor (m)	Conduct. (W/m K)	Densidad (kg/m3)	Calor especifico (J/kg K)	R-Value (m2 K/W)
Terrazo	0.02	1.16	2000	1050	0.017
Hormigon armado	0.02	1.4	2000	1050	0.014
Poliestireno expan TII	0.028 (*)	0.043	12.0	1450	0.651 (*)
Forjado ceramico	0.11	0.4	1250	880	0.2750
Enlucido de yeso	0.015	0.30	800	920	0.05

**Suelo en contacto con el terreno. Vivienda unifamiliar y vivienda en bloque. CTE\_B4**

Descripción	Espesor (m)	Conduct. (W/m K)	Densidad (kg/m3)	Calor específico (J/kg K)	R-Value (m2 K/W)
Encachado	0.15	1.4	2000	1000	0.1071
Hormigon armado	0.020	1.63	2400	1050	0.0123
Mortero de cemento	0.02	1.4	2000	1050	0.0143
Poliestireno expan TII	0.076	0.043	12.0	1450	1.7674
Terrazo	0.02	1.16	2000	1050	0.017

- Otras consideraciones:

Separación con edificios adyacentes: En vivienda unifamiliar se consideraran adiabáticas las fachadas este y oeste mientras que en la vivienda en bloque las que se consideran adiabáticas son las fachadas norte y sur, como se ven en las figuras de los modelos anteriormente expuestos.

Muros interiores: Se consideran muros con un valor de  $U = 3.317 \text{ W/m}^2$  en todos los casos

Puertas exteriores: Se consideran puertas exteriores con un valor de  $U = 1.876 \text{ W/m}^2$  en todos los casos

Elementos de sombras: De junio a Septiembre se considera una reducción de las ganancias solares en un 30%

Como resumen, y como punto de partida, se muestra a continuación una tabla donde aparecen los valores de los coeficientes de transmisión térmica para cerramientos y para vidrios, así como espesores de aislamiento requeridos y ratios de infiltraciones.

caso	Muro exterior		Cubierta		Muros en contacto		vidrios		infiltraciones	
	U (W/m <sup>2</sup> K)	Espesor aislam. (cm)	U (W/m <sup>2</sup> K)	Espesor aislam. (cm)	U (W/m <sup>2</sup> K)	Espesor aislam. (cm)	U (W/m <sup>2</sup> K)	Solar factor	Marco	Renov/h
Adosado										
CTE_B4	0.82	3.5	0.45	6.6	0.75	2.8	3	0.72	A1	1.5*
CTE_D3	0.66	4.7	0.38	8.3	0.66	4.1	2.2	0.72	A2	0.8*
CTE_E1	0.57	5.8	0.35	9.3	0.57	5.1	2.2	0.72	A2	0.8*
Bloque										
CTE_B4	0.82	3.5	0.47	6.6	0.75	2.8	3.4	0.55	A1	1.5*
CTE_D3	0.66	4.7	0.38	8.3	0.66	4.1	2.6	0.72	A2	0.8*
CTE_E1	0.57	5.8	0.35	9.3	0.57	5.1	2.7	0.72	A2	0.8*

\* los valores de infiltración usados corresponden directamente a la calidad del marco. Se considera también ventilación nocturna durante las noches de verano.

- o Ganancias internas y ratios de ventilación

A continuación se muestran los valores usados para estos dos conceptos

Espacio	Ocupacion m <sup>2</sup> /persona	Sensible (W/person)	Latent (W/person)	Equipment (W/m2)	Iluminacion (W/m2)	Infiltraciones (renov/h)
Vivienda Adosada	30	71.79	45.42	4.40	4.40	0.5
Vivienda Adosada (bajo cubierta)		-	-	0	0	0.5
Bloque (locales comerciales)	23.23	71.79	45.42	4.40	4.40	0.5
Resto de espacios	23.23	71.79	45.42	4.40	4.40	(*)

\* Depende de la calidad del marco

- o Sistemas de calefacción y refrigeración

Se han considerado los siguientes equipos de calefacción y refrigeración, con sus respectivos usos:

Calefacción: Caldera de eficiencia = 0.85  
 Temperatura de consigna = 20°C  
 Horario de funcionamiento = de 10:00 a 22:00. De octubre a mayo

Refrigeración: Bomba de calor de eficiencia = 2.0  
 Temperatura de consigna = 25°C  
 Horario de funcionamiento = de 10:00 a 22:00. De junio a Septiembre

#### d. Modelo de calculo

A continuación se describen los dos modelos de cálculo utilizados en este informe

##### i. Modelo de calculo para el aislamiento óptimo

Para encontrar el optimo espesor de aislamiento, se ha utilizado un análisis de coste/beneficio. Para ello se crea una función llamada beneficio económico B(e) como la diferencia entre los ingresos I(e) ( como el coste anual de la energía no consumida por la colocación del aislamiento), y los gastos G(e) (como el coste anual derivado de la inversión realizada al colocar mayor espesor de aislamiento)

$$B(e) = I(e) - G(e)$$

Para obtener el máximo de la función, basta derivar la función e igualarla a cero, es decir B(e) es máximo si:

$$\forall e / \frac{\partial B'(e)}{\partial e} = 0$$

Siendo “e” el espesor de aislamiento que hace el beneficio máximo.

En este caso los ingresos I(e) están expresados por la siguiente formula:

$$I(e) = \Delta E \times P \text{ energía}$$

Donde  $\Delta E$  es el la cantidad de energía ahorrada al incrementar “e” cm. de aislamiento por encima de los valores requeridos por el CTE para cada zona climática, y P energía es el precio medio de la energía durante el tiempo equivalente a la vida útil del aislamiento.

Los gastos G(e) se expresan por la siguiente formula:

$$G(e) = C_{\text{aislamiento}} \times \text{anualidad} \times Fc \quad \text{siendo:}$$

$C_{\text{aislamiento}}$  = Coste de aislamiento + Costes indirectos + Beneficio industrial + iva

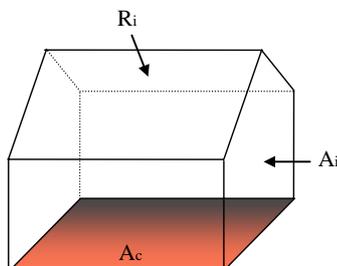
$$\text{Anualidad} = \frac{(1+i)^n * i}{(1+i)^n - 1} \quad \text{siendo:}$$

i = IPC

n = vida útil del aislamiento

Fc = Factor de conversión.(\*)

(\*) Debido a que la cantidad de energía ahorrada se expresa en kWh/m<sup>2</sup> de vivienda calefactada y no en kWh/m<sup>2</sup> de cerramiento, es necesario usar una constante Fc. Este factor de conversión se usa para relacionar los metros cuadrados de vivienda acondicionada en metros cuadrados de aislamiento colocado, esto significa que para cada tipología de vivienda habrá un valor diferente del Fc.



$$Fc = (\sum A_i + \sum R_i) / A_c$$

## ii. Modelo de calculo para el tiempo de amortización

Para el cálculo de amortización, se ha utilizado un método simple, que consiste en dividir el coste total de la inversión empleada en la colocación del aislamiento por los ingresos generados por la energía no consumida gracias a este incremento de aislamiento.

$$\text{Tiempo de amortización} = C_{\text{aislamiento}} / I (e)$$

### e. Parámetros usados

A continuación se exponen los parámetros usados, en este estudio y que servirán de base para analizar la rentabilidad económica del uso de un mayor aislamiento en la edificación:

#### i. Precio de la energía

Predecir la evolución de la energía es muy complicado, ya que la evolución historia no tiene una clara tendencia que sea cuantificable. A partir de los datos de precios de la energía en los últimos años en Eurostat-05, se decidió usar un incremento del precio de la energía en un 1.5% anual. En la tabla siguiente se pueden ver los precios de la energía para el gas y para la electricidad:

	ANNUAL RATE OF INCREASE	ENERGY PRICE 2004 (€/kWh)	AVERAGE ENERGY PRICE 2004-2044 (€/kWh)
<b>GAS</b>	1,5%	0,0348	0,0479
<b>ELECTRICITY</b>	1,5%	0,1097	0,1511

Precio de la energía

No obstante, para el cálculo del coste de la energía ahorrada, es necesario saber “en que concepto se está ahorrando (calefacción o refrigeración)” y “donde se esta ahorrando (zona climática)” ya que dependiendo de estos factores el precio de la energía ahorrada en €/kWh, es diferente.

Por esta razón hay que recurrir a una ponderación en el precio de la energía, y esta ponderación viene dada por la siguiente formula:

$$P_{\text{energía}(i)} = \% \text{ calefacción}(i) \times P_{\text{gas}} + \% \text{ refrigeración}(i) \times P_{\text{electricidad}}$$

Siendo i cada caso diferente.

Para calcular estos porcentajes, se han realizado unas simulaciones con diferentes espesores de aislamiento con cada unas de las configuraciones y para cada zona climática. Con los resultados de estas simulaciones se han obtenido los siguientes porcentajes de ponderación, y los consiguientes precios de la energía para cada caso:

VIVIENDA UNIFAMILIAR			
ZONA CLIMATICA	AHORROS		PRECIO DE LA ENERGIA PONDERADO €/kWh
	CALEFACCION (%)	REFRIGERACION (%)	
B4	97%	3%	0,051
D3	100%	0%	0,0479
E1	100%	0%	0,0479

EDIFICIO EN BLOQUE			
ZONA CLIMATICA	AHORROS		PRECIO DE LA ENERGIA PONDERADO €/kWh
	CALEFACCION (%)	REFRIGERACION (%)	
B4	88%	12%	0,0603
D3	100%	0%	0,0479
E1	100%	0%	0,0479

## ii. Precio del aislamiento

Consultados varios fabricantes, se ha utilizado un precio medio de coste de aislamiento igual a 36€ m<sup>3</sup>, independientemente del espesor empleado. Este precio no considera el coste de la colocación, ya que se considera incluido en el mínimo que obligatoriamente hay que colocar según el CTE. Esto implica una ligera simplificación, ya que no se considera incremento del coste de mano de obra por colocar mayor espesor de aislamiento.

## iii. Vida útil del aislamiento

Para el cálculo del periodo de amortización se ha supuesto una vida útil del aislamiento de 40 años.

## iv. Precio de canon de penalización del CO<sub>2</sub>

Para obtener el valor de los ahorros de CO<sub>2</sub> se ha tomado un valor de 20€/ton CO<sub>2</sub>, Para seleccionar este valor, se ha analizado la evolución histórica de este parámetro junto con las conclusiones incluidas en un informe de la firma Price Waterhouse Cooper<sup>4</sup>, en el que considera un precio entre 10 y 30€/ton de CO<sub>2</sub> como unos valores probables.

## v. Valores de conversión

Para convertir los valores de energía a emisiones de CO<sub>2</sub> es necesario definir unos valores de conversión. En este caso se han usado los valores que usa CALENER en su programa, y que se muestran a continuación:

Tipo de Energía	Valores de Conversion (kg CO <sub>2</sub> / kWh)
Natural Gas	0,20
Electricidad	0,486

<sup>4</sup> “Efectos de la aplicación del protocolo de Kyoto en la economía Española”

## vi. Resto de parámetros

El resto de parámetros adoptados son:

- Beneficio Industrial: 6%
- Costes Indirectos: 17%
- IVA : 16%
- Tipo de interés: 3%

## f. Datos estadísticos

Para analizar el impacto que la colocación de un espesor de aislamiento superior al que marca el CTE, tiene en el ahorro energético nacional, es necesario saber el número de viviendas que van a ser construidas en los próximos años. Este dato es difícil de averiguar ya que está condicionado por multitud de factores (Inflación, flujos de población, precio del dinero...). No obstante, para conocer la evolución del parque inmobiliario entre el 2005-2012, se ha aventurado una línea evolutiva en el mercado inmobiliario, para ello se han utilizado los datos del Ministerio de fomento<sup>5</sup>, así como un informe de APCE-AFI<sup>6</sup>.

## g. Consideraciones finales

### i. Estimación del porcentaje de área acondicionada

En España no todas las viviendas están acondicionadas por igual, así por ejemplo en el sur no es usual calefactar los baños, ni los pasillos, ni la cocina, por el contrario en el norte si lo es. Como contemplar todos los casos, sería muy complicado (casuística enorme), y para seguir acorde con el modelo E4 mencionado anteriormente, se han tomado las configuración de las viviendas tal y como vienen en dicho documento, y que están descritas anteriormente. A continuación se muestran los coeficientes de área acondicionada para los dos modelos de viviendas:

VIVIENDA UNIFAMILIAR		
AREA TOTAL (M2)	AREA CALEFACTADA (M2)	PORCENTAJE
559,1	258,4	46,22%

EDIFICIO EN BLOQUE		
AREA TOTAL (M2)	AREA CALEFACTADA (M2)	PORCENTAJE
166,28	69,04	41,52%

<sup>5</sup> Estadísticas sobre las licencias de obras en viviendas del Ministerio de Fomento, a partir de datos del Ministerio de Vivienda y de Instituto nacional de Estadística.

<sup>6</sup> Demanda de vivienda: proyecciones al 2013. Análisis del stock de viviendas. Indicadores de accesibilidad a la vivienda. Estudio APCE-AFI. Septiembre 2004

## ii. Diferencia entre el E4 y el modelo reproducido

Al introducir el modelo del E4 en CALENER, se han observado ligeras diferencias:

Block of dwellings (kW h year/m <sup>2</sup> ) conditioned area= 258.4 m <sup>2</sup>						
B4		D3		E1		
Heating	Cooling	Heating	Cooling	Heating	Cooling	
E4 document	25.4	22.7	32.7	10.5	68.7	0.4
Model reproduction	19.39	20.82	29.61	10.24	64.92	0.28

Single house (kW h year/m <sup>2</sup> ) conditioned area= 69.4 m <sup>2</sup>						
B4		D3		E1		
Heating	Cooling	Heating	Cooling	Heating	Cooling	
E4 document	32.9	20.7	48.9	5.6	99.3	0.1
Model reproduction	30	21	53.64	5.7	106.42	0.1

Como se ve, estas diferencias no son demasiado grandes, y los resultados no van a verse afectados.

## 2. Cálculos y resultados

### a. Coste total de aislamiento

El coste total del aislamiento en función del espesor, viene expresado en la siguiente tabla:

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	MATERIAL COST (€/m <sup>2</sup> )	INDUSTRIAL PROFIT (6%)	OVERHEADS (17%)	TOTAL INVESTMENT COST (IVA NOT INC.) (€/m <sup>2</sup> )	IVA (16%)	TOTAL INVESTMENT COST (IVA INC.) (€/m <sup>2</sup> )
1	0,36	0,02	0,06	0,44	0,07	0,51
2	0,72	0,04	0,12	0,89	0,14	1,03
3	1,08	0,06	0,18	1,33	0,21	1,54
4	1,44	0,09	0,24	1,77	0,28	2,05
5	1,8	0,11	0,31	2,21	0,35	2,57
6	2,16	0,13	0,37	2,66	0,43	3,08
7	2,52	0,15	0,43	3,10	0,50	3,60
8	2,88	0,17	0,49	3,54	0,57	4,11
9	3,24	0,19	0,55	3,99	0,64	4,62
10	3,6	0,22	0,61	4,43	0,71	5,14
11	3,96	0,24	0,67	4,87	0,78	5,65
12	4,32	0,26	0,73	5,31	0,85	6,16
13	4,68	0,28	0,80	5,76	0,92	6,68
14	5,04	0,30	0,86	6,20	0,99	7,19
15	5,4	0,32	0,92	6,64	1,06	7,70
16	5,76	0,35	0,98	7,08	1,13	8,22
17	6,12	0,37	1,04	7,53	1,20	8,73
18	6,48	0,39	1,10	7,97	1,28	9,25
19	6,84	0,41	1,16	8,41	1,35	9,76
20	7,2	0,43	1,22	8,86	1,42	10,27

### b. Inversión inicial derivada del incremento de aislamiento

Teniendo en cuenta el valor de conversión Fc., el coste del aislamiento de la tabla anterior y las formulas del método de cálculo explicado anteriormente,

obtenemos la siguiente tabla de los costes de inversión anual en función del espesor:

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	TOTAL INVESTMENT COST (€/m <sup>2</sup> )	SINGLE DWELLING		BLOCKS OF DWELLINGS	
		TOTAL INVESTMENT COST (€/m <sup>2</sup> CONDITIONED)	ANNUAL INVESTMENT COST (€/m <sup>2</sup> CONDITIONED)	TOTAL INVESTMENT COST (€/m <sup>2</sup> CONDITIONED)	ANNUAL INVESTMENT COST (€/m <sup>2</sup> CONDITIONED)
1	0,51	0,85	0,037	0,66	0,028
2	1,03	1,70	0,074	1,32	0,057
3	1,54	2,56	0,111	1,97	0,085
4	2,05	3,41	0,147	2,63	0,114
5	2,57	4,26	0,184	3,29	0,142
6	3,08	5,11	0,221	3,95	0,171
7	3,60	5,96	0,258	4,61	0,199
8	4,11	6,82	0,295	5,26	0,228
9	4,62	7,67	0,332	5,92	0,256
10	5,14	8,52	0,369	6,58	0,285
11	5,65	9,37	0,406	7,24	0,313
12	6,16	10,23	0,442	7,90	0,342
13	6,68	11,08	0,479	8,55	0,370
14	7,19	11,93	0,516	9,21	0,399
15	7,70	12,78	0,553	9,87	0,427
16	8,22	13,63	0,590	10,53	0,455
17	8,73	14,49	0,627	11,19	0,484
18	9,25	15,34	0,664	11,84	0,512
19	9,76	16,19	0,700	12,50	0,541
20	10,27	17,04	0,737	13,16	0,569

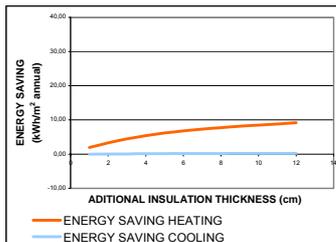
### c. Ahorros de energía

La variación de energía consumida, según vamos incrementando el aislamiento, se calcula, como hemos comentado, mediante simulaciones en el programa CALENER. A continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos:

#### Vivienda individual

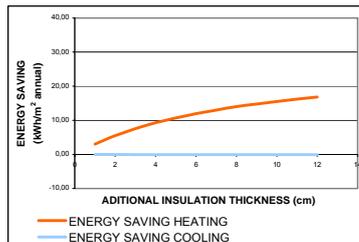
SINGLE DWELLING / CASE 0 / B4

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	ENERGY SAVING HEATING (kWh/m <sup>2</sup> annual)	ENERGY SAVING COOLING (kWh/m <sup>2</sup> annual)	TOTAL ENERGY SAVING (kWh/m <sup>2</sup> annual)
1	1,95	0,02	1,97
2	3,30	0,04	3,34
3	4,43	0,07	4,51
4	5,38	0,09	5,48
5	6,16	0,12	6,28
6	6,81	0,14	6,94
7	7,33	0,16	7,49
8	7,77	0,18	7,95
9	8,15	0,19	8,35
10	8,49	0,21	8,70
11	8,82	0,22	9,04
12	9,15	0,23	9,38



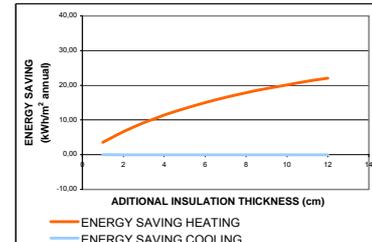
SINGLE DWELLING / CASE 0 / D3

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	ENERGY SAVING HEATING (kWh/m <sup>2</sup> annual)	ENERGY SAVING COOLING (kWh/m <sup>2</sup> annual)	TOTAL ENERGY SAVING (kWh/m <sup>2</sup> annual)
1	3,04	0,00	3,04
2	5,51	-0,03	5,48
3	7,55	-0,05	7,50
4	9,25	-0,07	9,19
5	10,70	-0,08	10,62
6	11,95	-0,09	11,86
7	13,02	-0,09	12,93
8	13,98	-0,10	13,88
9	14,81	-0,10	14,71
10	15,55	-0,10	15,45
11	16,22	-0,10	16,12
12	16,82	-0,10	16,72



SINGLE DWELLING / CASE 0 / E1

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	ENERGY SAVING HEATING (kWh/m <sup>2</sup> annual)	ENERGY SAVING COOLING (kWh/m <sup>2</sup> annual)	TOTAL ENERGY SAVING (kWh/m <sup>2</sup> annual)
1	3,59	-0,01	3,59
2	6,61	-0,02	6,60
3	9,18	-0,02	9,16
4	11,40	-0,03	11,37
5	13,34	-0,04	13,30
6	15,03	-0,04	14,99
7	16,54	-0,05	16,49
8	17,87	-0,05	17,82
9	19,08	-0,06	19,02
10	20,16	-0,06	20,10
11	21,14	-0,06	21,08
12	22,04	-0,06	21,98



## Vivienda en bloque

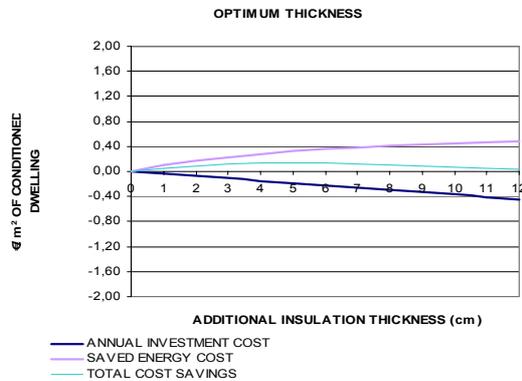


### d. Espesor de aislamiento óptimo

Con los datos obtenidos de las simulaciones, y utilizando el método de cálculo descrito en el punto 1.d.i, se han calculado el óptimo aislamiento para cada uno de los casos (en total seis). Se muestra un caso a modo de ejemplo:

### Vivienda individual- Zona climática B4

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	TOTAL ENERGY SAVING (kWh / a.m <sup>2</sup> of conditioned dwelling)	AVERAGE ENERGY PRICE (€ / kWh)	SAVED ENERGY COST (€ / m <sup>2</sup> .a)	ANNUAL INVESTMENT COST (€ / m <sup>2</sup> conditioned)	TOTAL COST SAVINGS (€ / m <sup>2</sup> of conditioned dwelling)
0	0,00	0,051	0,000	0,000	0,000
1	1,97	0,051	0,100	-0,037	0,064
2	3,34	0,051	0,171	-0,074	0,097
3	4,51	0,051	0,230	-0,111	0,119
4	5,48	0,051	0,279	-0,147	0,132
5	6,28	0,051	0,320	-0,184	0,136
6	6,94	0,051	0,354	-0,221	0,133
7	7,49	0,051	0,382	-0,258	0,124
8	7,95	0,051	0,406	-0,295	0,111
9	8,35	0,051	0,426	-0,332	0,094
10	8,70	0,051	0,444	-0,369	0,075
11	9,04	0,051	0,461	-0,406	0,055
12	9,38	0,051	0,479	-0,442	0,036



Los resultados finales obtenidos, se resumen en la siguiente tabla:

VIVIENDA UNIFAMILIAR	
ZONA CLIMATICA	ESPESOR DE AISLAMIENTO OPTIMO (CM)
B4	5,02
D3	9,16
E1	13,27

EDIFICIO EN BLOQUE	
ZONA CLIMATICA	ESPESOR DE AISLAMIENTO OPTIMO (CM)
B4	6,83
D3	8,32
E1	14,21

### e. Periodo de amortización

Usando los datos obtenidos, y las formulas del modelo de cálculo de amortización, obtenemos los siguientes datos para cada configuración:

#### VIVIENDA UNIFAMILIAR- B4

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	TOTAL INVESTMENT COST (€/ m <sup>2</sup> CONDITIONED)	SAVED ENERGY COST (€/ m <sup>2</sup> .a)	PAYBACK TIME (a)
1	0,85	0,10	8,5
2	1,70	0,17	10,0
3	2,56	0,23	11,1
4	3,41	0,28	12,2
5	4,26	0,32	13,3
6	5,11	0,35	14,4
7	5,96	0,38	15,6
8	6,82	0,41	16,8
9	7,67	0,43	18,0
10	8,52	0,44	19,2
11	9,37	0,46	20,3
12	10,23	0,48	21,4

#### BLOQUE DE VIVENDAS- B4

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	TOTAL INVESTMENT COST (€/ m <sup>2</sup> CONDITIONED)	SAVED ENERGY COST (€/ m <sup>2</sup> .a)	PAYBACK TIME (a)
1	0,66	0,13	5,2
2	1,31	0,21	6,2
3	1,97	0,29	6,9
4	2,63	0,35	7,6
5	3,29	0,40	8,3
6	3,94	0,44	9,1
7	4,60	0,47	9,9
8	5,26	0,49	10,7
9	5,92	0,51	11,5
10	6,57	0,53	12,3
11	7,23	0,55	13,1
12	7,89	0,57	13,8

#### VIVIENDA UNIFAMILIAR- D3

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	TOTAL INVESTMENT COST (€/ m <sup>2</sup> CONDITIONED)	SAVED ENERGY COST (€/ m <sup>2</sup> .a)	PAYBACK TIME (a)
1	0,85	0,15	5,9
2	1,70	0,26	6,5
3	2,56	0,36	7,1
4	3,41	0,44	7,7
5	4,26	0,51	8,4
6	5,11	0,57	9,0
7	5,96	0,62	9,6
8	6,82	0,67	10,2
9	7,67	0,70	10,9
10	8,52	0,74	11,5
11	9,37	0,77	12,1
12	10,23	0,80	12,8

#### BLOQUE DE VIVENDAS- D3

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	TOTAL INVESTMENT COST (€/ m <sup>2</sup> CONDITIONED)	SAVED ENERGY COST (€/ m <sup>2</sup> .a)	PAYBACK TIME (a)
1	0,66	0,12	5,3
2	1,31	0,22	6,0
3	1,97	0,29	6,7
4	2,63	0,36	7,4
5	3,29	0,41	8,1
6	3,94	0,45	8,8
7	4,60	0,49	9,5
8	5,26	0,52	10,2
9	5,92	0,54	10,9
10	6,57	0,57	11,5
11	7,23	0,59	12,2
12	7,89	0,61	12,9

#### VIVIENDA UNIFAMILIAR- E1

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	TOTAL INVESTMENT COST (€/ m <sup>2</sup> CONDITIONED)	SAVED ENERGY COST (€/ m <sup>2</sup> .a)	PAYBACK TIME (a)
1	0,85	0,17	5,0
2	1,70	0,32	5,4
3	2,56	0,44	5,8
4	3,41	0,54	6,3
5	4,26	0,64	6,7
6	5,11	0,72	7,1
7	5,96	0,79	7,5
8	6,82	0,85	8,0
9	7,67	0,91	8,4
10	8,52	0,96	8,8
11	9,37	1,01	9,3
12	10,23	1,05	9,7
13	11,08	1,09	10,1
14	11,93	1,13	10,6
15	12,78	1,16	11,0

#### BLOQUE DE VIVENDAS- E1

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	TOTAL INVESTMENT COST (€/ m <sup>2</sup> CONDITIONED)	SAVED ENERGY COST (€/ m <sup>2</sup> .a)	PAYBACK TIME (a)
1	0,66	0,18	3,7
2	1,32	0,32	4,1
3	1,97	0,44	4,5
4	2,63	0,54	4,9
5	3,29	0,63	5,3
6	3,95	0,70	5,6
7	4,61	0,76	6,0
8	5,26	0,82	6,4
9	5,92	0,87	6,8
10	6,58	0,91	7,2
11	7,24	0,95	7,6
12	7,90	0,99	8,0
13	8,55	1,02	8,4
14	9,21	1,05	8,7
15	9,87	1,08	9,1

Las tablas anteriores las podemos resumir en la siguiente:

ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)	PAYBACK TIME (ANNUAL) - SUMMARY TABLE					
	SINGLE DWELLING			BLOCK OF DWELLINGS		
	B4	D3	E1	B4	D3	E1
1	8,5	5,9	5,0	5,2	5,3	3,7
2	10,0	6,5	5,4	6,2	6,0	4,1
3	11,1	7,1	5,8	6,9	6,7	4,5
4	12,2	7,7	6,3	7,6	7,4	4,9
5	13,3	8,4	6,7	8,3	8,1	5,3
6	14,4	9,0	7,1	9,1	8,8	5,6
7	15,6	9,6	7,5	9,9	9,5	6,0
8	16,8	10,2	8,0	10,7	10,2	6,4
9	18,0	10,9	8,4	11,5	10,9	6,8
10	19,2	11,5	8,8	12,3	11,5	7,2
11	20,3	12,1	9,3	13,1	12,2	7,6
12	21,4	12,8	9,7	13,8	12,9	8,0
13	22,5	13,4	10,1	14,5	13,6	8,4
14	23,6	14,0	10,6	15,2	14,3	8,7
15	24,8	14,6	11,0	16,1	15,0	9,1

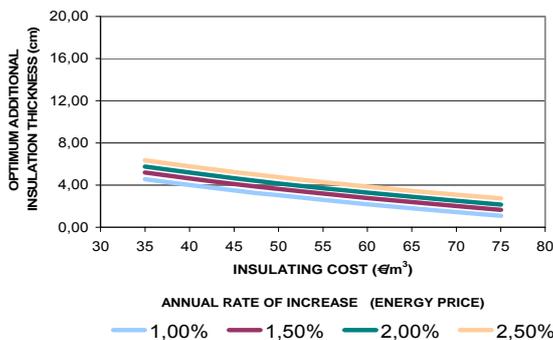
### f. Análisis de sensibilidad

Con el objeto de analizar, la influencia que tienen en este estudio diferentes parámetros utilizados, se ha realizado un análisis de sensibilidad, tendiendo en cuenta dos de las variables, que por un lado más influyen en los resultados y por otro lado que más incertidumbre intrínseca poseen. Estas dos variables son el precio del aislamiento, y por otro el precio de la energía, para ellos se ha elegido un intervalo de 35 a 45 € el m<sup>3</sup> de aislamiento, y de 1% a 2.5% el incremento anual del precio de la energía.

En las figuras y cuadros siguientes podemos ver los resultados obtenidos:

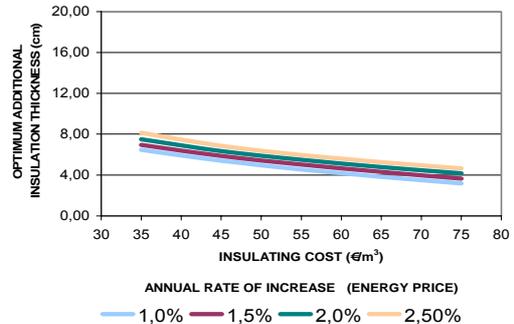
#### VIVENDA UNIFAMILIAR- B4

INSULATING COST (€/m <sup>3</sup> )	OPTIMUM ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)			
	ANNUAL RATE OF INCREASE (ENERGY PRICE)			
	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%
75	1,10	1,65	2,15	2,75
65	1,80	2,40	2,90	3,45
55	2,60	3,20	3,70	4,30
45	3,50	4,10	4,65	5,25
35	4,55	5,20	5,75	6,35



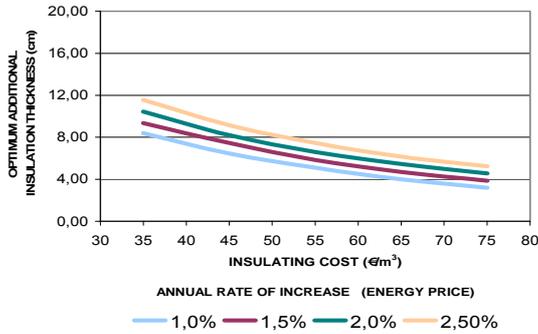
#### BLOQUE DE VIVENDAS- B4

INSULATING COST (€/m <sup>3</sup> )	OPTIMUM ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)			
	ANNUAL RATE OF INCREASE (ENERGY PRICE)			
	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%
75	3,17	3,65	4,16	4,66
65	3,82	4,30	4,78	5,27
55	4,55	5,02	5,49	5,97
45	5,40	5,86	6,34	6,84
35	6,46	6,96	7,49	8,13



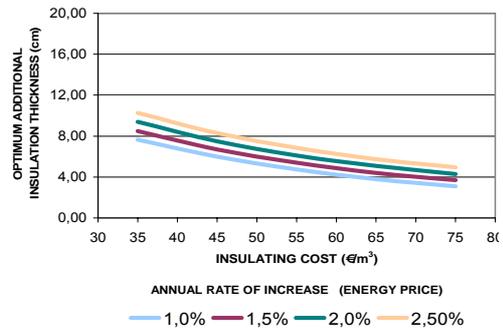
### VIVENDA UNIFAMILIAR- D3

INSULATING COST (€/m <sup>3</sup> )	OPTIMUM ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)			
	ANNUAL RATE OF INCREASE (ENERGY PRICE)			
	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%
75	3,20	3,85	4,55	5,25
65	4,00	4,70	5,45	6,15
55	5,10	5,85	6,60	7,45
45	6,45	7,45	8,20	9,15
35	8,40	9,35	10,45	11,55



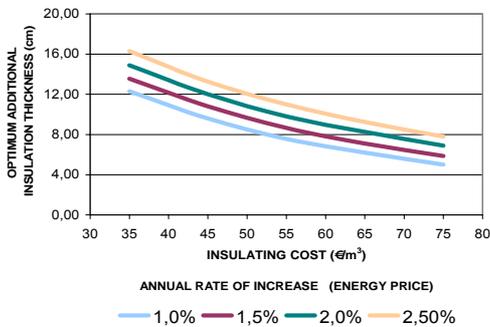
### BLOQUE DE VIVENDAS- D3

INSULATING COST (€/m <sup>3</sup> )	OPTIMUM ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)			
	ANNUAL RATE OF INCREASE (ENERGY PRICE)			
	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%
75	3,10	3,70	4,30	4,95
65	3,80	4,40	5,10	5,75
55	4,75	5,40	6,10	6,85
45	6,00	6,70	7,50	8,30
35	7,65	8,50	9,40	10,25



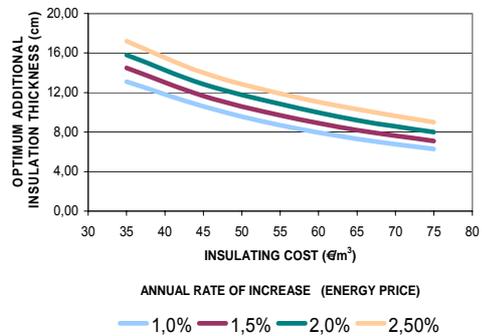
### VIVENDA UNIFAMILIAR- E1

INSULATING COST (€/m <sup>3</sup> )	OPTIMUM ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)			
	ANNUAL RATE OF INCREASE (ENERGY PRICE)			
	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%
75	5,00	5,85	6,90	7,80
65	6,20	7,10	8,25	9,25
55	7,55	8,65	9,80	11,00
45	9,60	10,80	12,00	13,25
35	12,30	13,55	14,90	16,30



### BLOQUE DE VIVENDAS- E1

INSULATING COST (€/m <sup>3</sup> )	OPTIMUM ADDITIONAL INSULATION THICKNESS (cm)			
	ANNUAL RATE OF INCREASE (ENERGY PRICE)			
	1,0%	1,5%	2,0%	2,5%
75	6,30	7,10	8,00	9,00
65	7,30	8,20	9,20	10,30
55	8,70	9,70	10,85	11,90
45	10,60	11,65	12,85	14,00
35	13,10	14,50	15,80	17,20



. La pendiente de la curva indica la sensibilidad al precio del aislamiento (a mayor pendiente mayor sensibilidad al precio del aislamiento), mientras que la separación de las curvas indica la sensibilidad al incremento del precio de la energía. Comparando estas graficas podemos observar que, cuanto mas fría es la zona climática, las curvas tienen más pendiente y a la vez están mas separadas, es decir es mas sensible a las dos variables.

### 3. Propuesta de aislamiento. Ahorros obtenidos

Con el objeto de analizar y comparar los ahorros obtenidos mediante el incremento de aislamiento, se han comparado las demandas energéticas, para las configuraciones anteriormente citadas, ampliándolas al resto de las zonas climáticas de España, para dos escenarios distintos:

- Escenario 1 : espesores que marca el CTE
- Escenario 2 : espesores próximos al óptimo calculado:

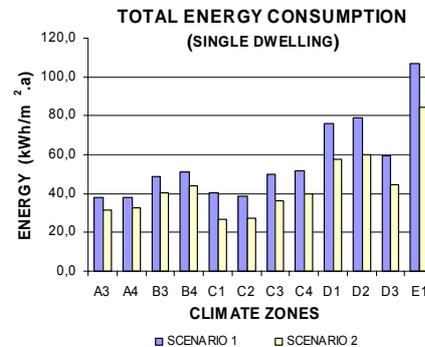
ZONA CLIMATICA	INCREMENTO DEL ESPESOR DE AISLAMIENTO ESCENARIO 2 (CM)
A3, A4, B3, B4	5
C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3	9
E1	13

Obteniéndose los siguientes resultados:

#### b. Vivienda unifamiliar

Las tablas siguientes muestran el consumo producido en ambos escenarios desglosado para calefacción y refrigeración en todas las zonas climáticas de España, así como el ahorro porcentual conseguido, para vivienda unifamiliar:

SINGLE DWELLING						
ENERGY CONSUMPTION (kWh/m <sup>2</sup> .a)						
CLIMATIC ZONES	SCENARIO 1			SCENARIO 2		
	HEATING	COOLING	TOTAL	HEATING	COOLING	TOTAL
A3	23,5	14,5	37,9	17,1	14,6	31,7
A4	18,5	19,5	38,0	13,0	19,6	32,6
B3	38,5	10,1	48,6	30,1	10,1	40,2
B4	30,0	21,0	51,0	23,2	20,8	44,0
C1	40,3	0,2	40,6	26,4	0,4	26,8
C2	33,9	5,0	38,9	22,2	5,3	27,5
C3	42,0	6,7	48,7	28,4	6,7	35,1
C4	37,2	13,5	50,8	25,4	13,6	38,9
D1	78,0	0,2	78,2	59,8	0,3	60,1
D2	80,2	0,8	81,0	61,6	0,8	62,4
D3	53,6	5,7	59,3	38,8	5,8	44,6
E1	107,1	0,1	107,1	84,2	0,1	84,3

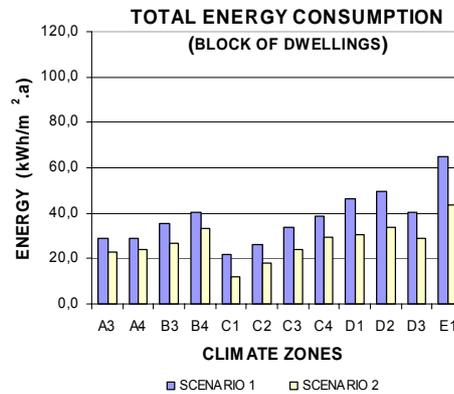


SINGLE DWELLING				
CLIMATE ZONES	ENERGY CONSUMPTION (kWh/m <sup>2</sup> .a)		ENERGY SAVINGS (kWh/m <sup>2</sup> .a)	ENERGY SAVINGS (%)
	SCENARIO 1	SCENARIO 2		
A3	37,9	31,7	6,3	16,6%
A4	38,0	32,6	5,4	14,1%
B3	48,6	40,2	8,4	17,3%
B4	51,0	44,0	7,0	13,7%
C1	40,6	26,8	13,8	34,0%
C2	38,9	27,5	11,4	29,2%
C3	49,7	36,0	13,7	27,5%
C4	51,6	39,7	11,9	23,0%
D1	76,0	57,8	18,2	24,0%
D2	78,8	60,0	18,8	23,8%
D3	59,3	44,6	14,7	24,8%
E1	107,1	84,3	22,8	21,3%

### c. Vivienda en bloque

Las tablas siguientes muestran el consumo producido en ambos escenarios desglosado para calefacción y refrigeración en todas las zonas climáticas de España, así como el ahorro porcentual conseguido, para vivienda en bloque:

BLOCK OF DWELLINGS						
ENERGY CONSUMPTION (kWh/m <sup>2</sup> .a)						
CLIMATIC ZONES	SCENARIO 1			SCENARIO 2		
	HEATING	COOLING	TOTAL	HEATING	COOLING	TOTAL
A3	14,5	14,6	29,0	8,7	14,3	23,0
A4	10,7	18,2	28,9	6,1	17,7	23,9
B3	25,7	9,6	35,3	17,6	9,4	27,0
B4	19,4	20,8	40,2	13,1	20,0	33,1
C1	21,2	0,9	22,0	10,4	1,8	12,2
C2	17,9	8,4	26,3	8,1	9,7	17,8
C3	22,7	11,4	34,0	12,1	12,2	24,3
C4	21,3	17,5	38,8	11,4	18,3	29,7
D1	45,1	1,4	46,5	28,7	2,0	30,7
D2	46,2	3,3	49,4	29,8	4,0	33,8
D3	29,9	10,3	40,2	17,4	11,4	28,8
E1	64,4	0,3	64,7	42,6	0,8	43,4



BLOCK OF DWELLINGS				
CLIMATE ZONES	ENERGY CONSUMPTION (kWh/m <sup>2</sup> .a)		ENERGY SAVINGS (kWh/m <sup>2</sup> .a)	ENERGY SAVINGS (%)
	SCENARIO 1	SCENARIO 2		
A3	29,0	23,0	6,0	20,7%
A4	28,9	23,9	5,0	17,4%
B3	35,3	27,0	8,3	23,5%
B4	40,2	33,1	7,1	17,8%
C1	22,0	12,2	9,9	44,8%
C2	26,3	17,8	8,5	32,4%
C3	34,0	24,3	9,8	28,7%
C4	38,8	29,7	9,1	23,5%
D1	46,5	30,7	15,8	33,9%
D2	49,4	33,8	15,7	31,7%
D3	40,2	28,8	11,4	28,5%
E1	64,7	43,4	21,3	32,9%

### 4. Extrapolación de resultados

Establecer una predicción de la evolución del mercado inmobiliario en España, es muy complicado, como ya hemos comentado, no obstante y con el objeto de estimar unos ahorros aproximados de energía y de emisiones de CO<sub>2</sub> se ha estimado unos valores de construcción de vivienda para el periodo 2005-2012, a partir del estudio de APCE-AFI, y de los datos del Ministerio de Fomento de licencias de obra de vivienda nueva.

Según estos análisis se establece un volumen de construcción de vivienda nueva:

CHECK FORECAST  
Nº OF DWELLINGS

2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	638.957	549.503	500.048	465.045	451.093	442.072	433.230	424.565

La estimación de los ahorros energéticos acumulados (2005-2012), si incorporamos el espesor de aislamiento que coincide con el óptimo, serían:

TOTAL NATIONAL

TOTAL ENERGY SAVINGS ANNUAL (GWh)									
	2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010	2.011	2.012	
2.005	337,3	337,3	337,3	337,3	337,3	337,3	337,3	337,3	
2.006		290,1	290,1	290,1	290,1	290,1	290,1	290,1	
2.007			264,0	264,0	264,0	264,0	264,0	264,0	
2.008				245,5	245,5	245,5	245,5	245,5	
2.009					238,1	238,1	238,1	238,1	
2.010						233,3	233,3	233,3	
2.011							228,7	228,7	
2.012								224,1	
TOTAL	337,3	627,3	891,3	1.136,8	1.374,9	1.608,2	1.836,9	2.061,0	9.873,6

El ahorro energético nacional estimado estaría cerca de **10.000 GWh**

La estimación de las emisiones evitadas acumuladas (2005-2012), si incorporamos el espesor de aislamiento que coincide con el óptimo, serían:

TOTAL NATIONAL

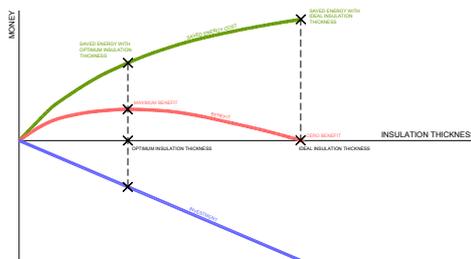
TOTAL ANNUAL REDUCED EMISSIONS (tCO2)									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
2005	65.158	65.158	65.158	65.158	65.158	65.158	65.158	65.158	
2006		56.036	56.036	56.036	56.036	56.036	56.036	56.036	
2007			50.993	50.993	50.993	50.993	50.993	50.993	
2008				47.424	47.424	47.424	47.424	47.424	
2009					46.001	46.001	46.001	46.001	
2010						45.081	45.081	45.081	
2011							44.179	44.179	
2012								43.296	
TOTAL	65.158	121.195	172.188	219.611	265.612	310.693	354.872	398.168	1.907.497

Las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas se estiman cerca de **2.000.000 Ton CO<sub>2</sub>**

### 5. Conclusiones

Partiendo de los parámetros iniciales, discutibles o no, la conclusión clara es que aun queda margen para la colocación de un espesor aun mayor de lo que marca el CTE, aunque sólo sea desde el punto de vista de beneficio económico, consiguiendo además , un considerable ahorro energético, y evitar la emisión de grandes cantidades de CO<sub>2</sub>.

Si nos atenemos a aspectos menos lucrativos (ver figura siguiente), existe además mucho más margen de incremento de aislamiento, hasta llegar al punto donde la curva beneficio se hace cero.



Sin entrar en detalles de otra índole (constructivos, normativos, políticos....) este sería el punto que marcaría el espesor de aislamiento óptimo.

## 6. Bibliografía

- El potencial de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO2 en viviendas” realizado por CENER para ROCKWOOL. Año 2005
- E4 “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012, sector Edificación, Noviembre 2003
- CTE- Documento Básico HE sección 1. Limitación de la demanda energética (borrador). Abril 2005
- Efectos de la aplicación del protocolo de Kyoto en la economía Española. 2004
- Estadísticas sobre las licencias de obras en viviendas del Ministerio de Fomento, a partir de datos del Ministerio de Vivienda y de Instituto nacional de Estadística
- Demanda de vivienda: proyecciones al 2013. Análisis del stock de viviendas. Indicadores de accesibilidad a la vivienda. Estudio APCE-AFI. Septiembre 2004