

# SERIE EL NUEVO CTE-HE (2013)



Por ANDIMAT

AISLAR TU VIVIENDA ES TU INVERSIÓN MÁS RENTABLE

## Caso de estudio 3

### Simulación energética de un edificio plurifamiliar de 7 plantas entre medianeras

#### Objetivo del caso de estudio 3

Se trata del mismo edificio del caso 1 pero en la zona climática B3, pretendiendo mostrar las diferencias entre el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de un edificio de acuerdo con las exigencias de la Opción Simplificada del CTE HE1 2006 y un predimensionado a partir de los valores orientativos del Apéndice E del CTE HE1 2013. La zona climática considerada en este caso es la zona B, en concreto se analiza la zona B3 (Castellón de la Plana, Ceuta, Murcia, Palma de Mallorca, Tarragona y Valencia). Esta zona climática representa el 18% del parque de viviendas.

#### Descripción del edificio

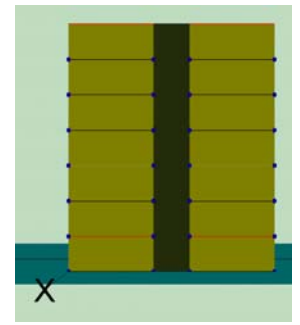
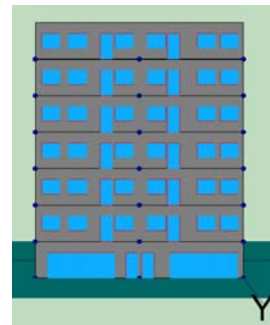
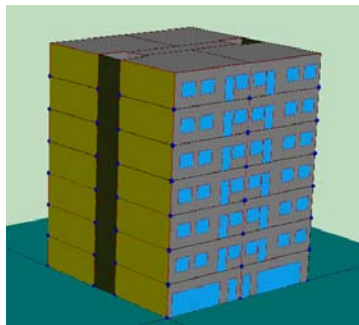
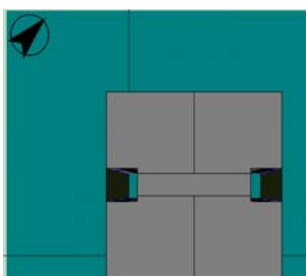
Edificio plurifamiliar con una altura de siete plantas situado entre medianeras  
Bloque en forma de H con dos patios de luces  
Dos fachadas en orientación sureste y noreste  
Distribución por planta: cuatro viviendas de aproximadamente 70 m<sup>2</sup> más escalera  
Hay 24 viviendas y dos locales comerciales  
Del estudio se ha excluido la planta baja con el fin de obtener resultados propios de una vivienda.  
Superficie total del edificio: 1743 m<sup>2</sup>  
Superficie por planta 289 m<sup>2</sup>  
Altura libre de las viviendas: 2,7 m

Elemento constructivo:

Fachada noreste-sureste 375 m<sup>2</sup> - Participación de huecos 26%

Fachada medianera 375 m<sup>2</sup> - Participación huecos patio 3%

Suelo en contacto con el terreno



## Composición de los cerramientos del edificio para la zona climática B

Los valores de transmitancia térmica de los cerramientos se describen en la siguiente tabla. Por un lado los valores de la Opción Simplificada del CTE HE 2006 y, por otro, los del Apéndice E del CTE HE1 2013. Para estos últimos también se ha tenido en cuenta el tratamiento de los puentes térmicos de los frentes de forjados, encuentro suelo exterior, encuentro de la cubierta con la fachada, esquina entrante y saliente, pilares, contorno de huecos y unión de la solera con la pared exterior.

CERRAMIENTO VERTICAL	MATERIAL	CTE DB-HE-1 2006		Apéndice E CTE DB-HE-1 2013	
		Valor U (W/m <sup>2</sup> .K)	R <sub>AT</sub> (m <sup>2</sup> .K/W)	Valor U (W/m <sup>2</sup> .K)	R <sub>AT</sub> (m <sup>2</sup> .K/W)
FACHADA	½ pie de ladrillo perforado	0,82	0,9	0,38	2,15
	Mortero de cemento				
	Cámara de aire				
	Aislamiento térmico				
	Ladrillo hueco sencillo				
	Enlucido de yeso interior				
DIVISORIOS INTERIORES	Enlucido de yeso	0,57	1,25	0,57	1,25
	Tabicón de ladrillo hueco				
	Aislamiento térmico				
	placa de yeso laminado				
PARED MEDIANERA	Revoco de mortero de cemento	0,57	1,25	0,57	1,25
	Ladrillo hueco triple				
	Aislamiento térmico				
	placa de yeso laminado				
HUECOS DE FACHADA	Marco del cerramiento acristalado	3,4	Marco AL UVA4-6-4	2,1	Marco PVC UVA ATR 4-10-4
	Unidad de Vidrio Aislante				

CERRAMIENTO HORIZONTAL	MATERIAL	CTE DB-HE-1 2006		Apéndice E CTE DB-HE-1 2013	
		Valor U (W/m <sup>2</sup> .K)	R <sub>AT</sub> (m <sup>2</sup> .K/W)	Valor U (W/m <sup>2</sup> .K)	R <sub>AT</sub> (m <sup>2</sup> .K/W)
SOLERA	Plaqueta o baldosa de gres	0,52	1,7	0,45	2,65
	Mortero de cemento				
	Aislamiento térmico				
	Forjado de bovedilla cerámica				
FORJADO ENTRE PLANTAS	Pavimento gres	0,75	0,9	0,75	0,9
	Mortero				
	Aislamiento térmico				
	Forjado cerámico				
	Enlucido interior				
CUBIERTA	Pavimento baldosa cerámica	0,45	1,75	0,33	2,45
	Tela asfáltica				
	Hormigón de pendientes				
	Aislamiento térmico				
	Forjado cerámico				
	Enlucido interior				

## Costes estimados debido al aislamiento de la envolvente térmica del edificio

Se analizan los costes debidos a los cerramientos de fachada y cubierta del edificio sin tener en cuenta las fachadas medianeras, divisorios interiores ni forjados.

Para los cerramientos opacos se toman precios promedio de referencia en función de la resistencia térmica, obtenidos de las curvas de regresión que aportó ANDIMAT a la Universidad de Sevilla para el estudio de revisión del Código Técnico de la Edificación encargado por el Ministerio de Fomento.

Para los cerramientos acristalados se toman precios del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Guadalajara ([www.preciocentro.com](http://www.preciocentro.com) base de datos on-line). Se considera una repercusión en precio de los marcos por mejorar sus prestaciones al cambiar de un marco de aluminio sin rotura de puente térmico frente a un marco de PVC.

CERRAMIENTO	Coste aislar HE2006	Coste Aislar HE2013	Diferencia
FACHADA	3.219,04 €	5.435,24 €	2.216,20 €
HUECOS DE FACHADA	53.764,20 €	64.831,20 €	11.067,00 €
SOLERA	2.688,05 €	2.902,54 €	214,50 €
CUBIERTA	2.741,67 €	3.492,41 €	750,74 €
Totales	62.412,96 €	76.661,39 €	14.248,43 €

El incremento en coste debido a la mejora de las prestaciones térmicas de envolvente térmica del edificio del nuevo Código Técnico de la Edificación pasa de 2.600€ a 3.194€ por vivienda, es decir, es de 593,68 € más por vivienda, lo que supone 7,42 €/m<sup>2</sup>.

## Procedimiento empleado

Se ha utilizado el programa de calificación energética CALENER-VYP que facilita el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio para la certificación energética de los edificios de viviendas. Se han introducido en este programa los datos que describen al edificio con las características térmicas fijadas en el Código Técnico de la Edificación del año 2006 para la situación de partida y, después, los valores orientativos de los parámetros característicos de la envolvente térmica descritos en el apéndice E del CTE DB-HE1 del año 2013, habiendo tratado los puentes térmicos en este caso.

Para este estudio se ha tenido en cuenta un equipo de rendimiento constante de calefacción empleando gas natural con un rendimiento del (0,75) y refrigeración empleando electricidad con un rendimiento de 2,6. La variación en la elección del sistema, afectará únicamente a la calificación energética del edificio y no tiene repercusión sobre las demandas energéticas de calefacción y refrigeración que son el objetivo del estudio.

## Justificación de las demandas energéticas del edificio según el CTE HE-1 2013

Las demandas energéticas del edificio aplicando el apartado 2.2 del DB-HE1 para la zona climática B se muestran en la siguiente tabla.

	Superficie útil de los espacios habitables	Fcal,base	D cal, límite
Demanda de calefacción	1743 m <sup>2</sup>	0	<b>15 kWh/m<sup>2</sup>.año</b>
			D ref, límite
Demanda de refrigeración			<b>15 kWh/m<sup>2</sup>.año</b>

La demanda energética límite en calefacción se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$D_{CAL, Lim} = D_{cal, base} + \frac{F_{cal, sup}}{Sup}$$

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio deberá ser inferior o igual a 15 kWh/m<sup>2</sup>.año en cada caso para cumplir con el DB-HE1 del 2013.

### Resultados de la simulación

Una vez simulado el edificio para la **zona B3** las demandas y consumos se muestran en la siguiente tabla. En el anexo 1 se muestran los valores generados por el programa.

<b>Zona climática B3</b>	Edificio cumpliendo HE1 2006 \ Edificio aislado conforme con el apéndice E del HE-1 2013 y puentes térmicos tratados % Ahorro	
Demanda de calefacción	27,7 kWh/m <sup>2</sup> .año	12,6 kWh/m <sup>2</sup> .año 55 %
Demanda de refrigeración	8,3 kWh/m <sup>2</sup> .año	7,9 kWh/m <sup>2</sup> .año 5 %
Consumo de energía final		
Consumo de energía final de calefacción	47,6 kWh/m <sup>2</sup> .año	24,2 kWh/m <sup>2</sup> .año
Consumo de energía final de refrigeración	3,4 kWh/m <sup>2</sup> .año	3,2 kWh/m <sup>2</sup> .año
Consumo de energía final de ACS	9,6 kWh/m <sup>2</sup> .año	9,6 kWh/m <sup>2</sup> .año
Consumo de energía final total	60,6 kWh/m <sup>2</sup> .año	36,7 kWh/m <sup>2</sup> .año 39%
Consumo de energía primaria		
Consumo energía 1 <sup>aria</sup> calefacción	48,4 kWh/m <sup>2</sup> .año	24,6 kWh/m <sup>2</sup> .año
Consumo energía 1 <sup>aria</sup> refrigeración	8,8 kWh/m <sup>2</sup> .año	8,4 kWh/m <sup>2</sup> .año
Consumo energía 1 <sup>aria</sup> ACS	9,7 kWh/m <sup>2</sup> .año	9,7 kWh/m <sup>2</sup> .año
Consumo energía 1 <sup>aria</sup> Total	66,9 kWh/m <sup>2</sup> .año	42,4 kWh/m <sup>2</sup> .año 37%
Calificación energética	D	C
Coste total energía (€/año)	9.941,13 €	6.992,10 €

La demanda de calefacción límite del CTE HE1 2013 para este edificio es de 15 kWh/m<sup>2</sup>.año y la demanda obtenida es de 16,9 kWh/m<sup>2</sup>.año (véase anexo 2). Dicha reducción supone un 39% pero no es suficiente para cumplir la normativa. Por ello se propone una mejora en el tratamiento de los puentes térmicos a los niveles de  $\psi$  indicados en el anexo 3. Esta propuesta de mejora se estima que no tiene repercusión en el coste.

En relación con el tratamiento de los puentes térmicos en el caso de la simulación del edificio de acuerdo con el CTE HE-1 2006 se han mantenido los valores por defecto indicados en el programa. Para la simulación del edificio empleando los valores del apéndice E del CTE HE1 2013 se ha mejorado la transmitancia térmica lineal de los puentes térmicos y el factor superficial de temperatura a valores más restrictivos. Debido a la importancia que tienen los puentes térmicos a medida que se aumentan las presentaciones térmicas de los elementos constructivos se ha considerado valores más exigentes para cumplir el CTE HE-1 2013 en la zona climática B3.

Una vez analizado el edificio con valores mejorados al apéndice E del HE 2013 en la zona B3 se ha obtenido una demanda energética en calefacción de 12,6 kWh/m<sup>2</sup>.año. Valor que cumple el nuevo CTE HE1. Los valores de la simulación se muestran en la tabla superior y la amortización de la inversión se produce en cuatro años y medio ya que los ahorros anuales son de 2.949 € para el edificio. El ahorro energético es de 123 € el primer año por vivienda, por tanto al cabo de 10 años los ahorros obtenidos son de 1.345 €/vivienda suponiendo que el coste energético tiene una subida lineal del 2%. Lo que supone una rentabilidad de la inversión inicial del 226 % por vivienda.

## **Conclusiones**

La simulación del edificio comparando las prestaciones mínimas del Código Técnico de la Edificación (CTE) DB-HE1 del año 2006 respecto al 2013 suponen una reducción de la demanda energética en calefacción del 55% en zona B3 y se cumple el CTE DB-HE1.

Los incrementos de aislamiento en la parte ciega de los cerramientos suponen incrementar los espesores de aislamiento casi 3 veces el aislamiento propuesto por el CTE 2006 en fachadas, un 40% más de aislamiento en cubiertas y suelos y duplicar las prestaciones térmicas de los cerramientos acristalados. Estos incrementos deberían ser mayores en caso de no tratar adecuadamente los puentes térmicos.

Los valores orientativos de transmitancia térmica para la envolvente indicados en el Apéndice E del DB-HE1 del CTE 2013 para la zona climática B, no aseguran el cumplimiento del mismo, pero dan un orden de magnitud para empezar a proyectar el edificio.

CONCLUSIÓN 1: El aislamiento necesario en la fachada casi se triplica

CONCLUSIÓN 2: La capacidad aislante de los huecos en fachada se duplica

CONCLUSIÓN 3: El aislamiento necesario en los suelos aumenta un 40%

CONCLUSIÓN 4: El aislamiento necesario en la cubierta aumenta un 40%

Mejorar el aislamiento de la envolvente del edificio es la medida con mejor relación coste beneficio, ya que una vez instalado los ahorros producidos son constantes a lo largo de la vida útil del edificio y no requieren mantenimiento.

CONCLUSIÓN 5: El incremento en coste de aislamiento de la envolvente conforme al CTE 2013 respecto al CTE 2006 es del orden del 22% (equivalente a 593 €/vivienda o 7,4 €/m<sup>2</sup>).

CONCLUSIÓN 6: La aplicación del CTE 2013 respecto al CTE 2006, produce un incremento del ahorro energético del 37% para la zona B3.

CONCLUSIÓN 7: En 50 años de vida del edificio, se habrá recuperado como mínimo 17 veces la inversión en la zona B3.

## Anexo 1

**Resultados obtenidos del programa CALENER VYP al simular el mismo edificio de acuerdo con las exigencias del Código Técnico de la Edificación (DB-HE1) del 2006 y los valores orientativos del apéndice E del CTE 2013.**

Edificio cumpliendo CTE DB-HE1 2006 para la zona B3

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	27,7	53156,3	27,3	52388,7
Refrigeración	8,3	15927,7	11,7	22452,3

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	47,6	91315,7	36,4	69912,6
Refrigeración	3,4	6476,3	6,9	13240,9
ACS	9,6	18457,9	9,1	17456,9
Total	60,6	116250,0	52,4	100610,3

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	48,4	92925,4	39,5	75847,5
Refrigeración	8,8	16857,8	18,3	35114,8
ACS	9,7	18661,0	8,0	15317,9
Total	66,9	128444,2	65,8	126280,2

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	10,1	19381,9	8,7	16695,3
Refrigeración	2,2	4221,8	4,5	8635,5
ACS	2,0	3838,0	1,9	3646,1
Total	14,3	27441,7	15,1	28976,9

Resultados							
Certificación Energética de Edificios							
Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto			Edificio Referencia			
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	
	Demanda calefacción	D	27.7	53156.3	D	27.3	52388.7
	Demanda refrigeración	C	8.3	15927.7	C	11.7	22452.3
	Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	D	10.1	19381.9	D	8.7	16695.3
	Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	C	2.2	4221.8	D	4.5	8635.5
	Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	D	2.0	3838.0	D	1.9	3646.1
	Emisiones CO <sub>2</sub> totales			27441.7			28976.9

Edificio aislado conforme con el apéndice E CTE DB-HE-1 2013 para la zona B3 y puentes térmicos tratados

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	12,6	24179,4	27,3	52388,7
Refrigeración	7,9	15160,1	11,7	22452,3

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	24,2	46378,4	36,4	69912,6
Refrigeración	3,2	6171,2	6,9	13240,9
ACS	9,3	17837,7	9,1	17456,9
Total	36,7	70387,2	52,4	100610,3

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	24,6	47173,7	39,5	75847,5
Refrigeración	8,4	16063,6	18,3	35114,8
ACS	9,4	18033,9	8,0	15317,9
Total	42,4	81271,2	65,8	126280,2

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	5,1	9786,9	8,7	16695,3
Refrigeración	2,1	4029,9	4,5	8635,5
ACS	1,9	3646,1	1,9	3646,1
Total	9,1	17462,9	15,1	28976,9

Resultados							
Certificación Energética de Edificios							
Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto			Edificio Referencia			
	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	
	Demanda calefacción	C	12.6	24179.4	D	27.3	52388.7
	Demanda refrigeración	C	7.9	15160.1	C	11.7	22452.3
	Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción	C	5.1	9786.9	D	8.7	16695.3
	Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración	C	2.1	4029.9	D	4.5	8635.5
	Emisiones CO <sub>2</sub> ACS	D	1.9	3646.1	D	1.9	3646.1
	Emisiones CO <sub>2</sub> totales			17462.9			28976.9



## Anexo 2

### Resultados obtenidos del programa CALENER VYP al simular el edificio de acuerdo con los valores orientativos del apéndice E del CTE 2013

Edificio aislado conforme con el apéndice E CTE DB-HE-1 2013 para la zona B3 y sin tratar los puentes térmicos (valores por defecto)

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	16,9	32431,1	27,3	52388,7
Refrigeración	8,4	16119,6	11,7	22452,3

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	30,7	58870,2	36,4	69912,6
Refrigeración	3,4	6565,8	6,9	13240,9
ACS	9,5	18163,5	9,1	17456,9
Total	43,6	83599,5	52,4	100610,3

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	31,2	59914,7	39,5	75847,5
Refrigeración	8,9	17090,7	18,3	35114,8
ACS	9,6	18363,3	8,0	15317,9
Total	49,7	95368,7	65,8	126280,2

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	6,5	12473,5	8,7	16695,3
Refrigeración	2,2	4221,8	4,5	8635,5
ACS	1,9	3646,1	1,9	3646,1
Total	10,6	20341,4	15,1	28976,9

Certificación Energética de Edificios		Edificio Objeto			Edificio Referencia		
Indicador	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año	Clase	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
	<3.4	A					
	3.4-6.5	B					
	6.5-11.0	C	10.6				
	11.0-17.7	D			15.1		
	>17.7	E					
	>17.7	F					
	>17.7	G					
Demanda calefacción		C	16.9	32431.1	D	27.3	52388.7
Demanda refrigeración		C	8.4	16119.6	C	11.7	22452.3
Emisiones CO <sub>2</sub> calefacción		D	6.5	12473.5	D	8.7	16695.3
Emisiones CO <sub>2</sub> refrigeración		C	2.2	4221.8	D	4.5	8635.5
Emisiones CO <sub>2</sub> ACS		D	1.9	3646.1	D	1.9	3646.1
Emisiones CO <sub>2</sub> totales				20341.4			28976.9

### Anexo 3

#### Valores de Transmitancia térmica lineal $\psi$ (W/mK) de puentes térmicos y factor de temperatura superficial $f_{RSI}$

Tratamiento de los puentes térmicos

	CTE-HE2013		CTE-HE2013 mejorados Zona C1		CTE-HE2006	
	$\psi$	$f_s$	$\psi$	$f_s$	$\psi$	$f_s$
<b>Forjados</b>						
Encuentro forjado	0,42	0,72	0,14	0,79	0,42	0,72
Enc. suelo ext fachada	0,43	0,71	0,19	0,81	0,43	0,71
Enc. Cub fachada	0,43	0,71	0,19	0,81	0,43	0,71
<b>Cerramiento vertical</b>						
Esquina saliente	0,15	0,78	0,15	0,78	0,15	0,78
Hueco de ventana	0,24	0,63	0,19	0,76	0,24	0,63
Esquina entrante	0,13	0,8	0,13	0,84	0,13	0,8
Pilar	0,77	0,64	0,09	0,85	0,77	0,64
<b>Contacto terreno</b>						
Unión solera pared ext.	0,13	0,73	0,12	0,68	0,13	0,73

#### Otras consideraciones

-Los forjados y divisorios interiores están aislados con valores más exigentes que los indicados en el DB-HE1 2013 para dar cumplimiento a otros Documentos básicos del CTE.

-El edificio aislado conforme con el HE1 2013 aumenta en décimas la demanda en refrigeración comparado con el HE 2006, podría deberse a la mejora en las prestaciones de los cerramientos acristalados y por disponer de una mejor envuelta.

-La calificación energética del edificio según CTE HE 2006 y 2013, es D y C respectivamente. Si se mejoran los sistemas de climatización será fácil alcanzar la calificación B en el edificio que cumple el CTE HE 2013.

-En la simulación de este ejemplo se han empleado los valores de U del apéndice E del DB-HE1 2013 y se han mejorado sustancialmente los puentes térmicos, obteniendo una demanda de calefacción de 12,6 kWh/m<sup>2</sup> año. En caso de aislar con los valores del apéndice E y no tratar los puentes térmicos (mantener los valores por defecto de CALENER) la demanda de calefacción sube a 16,9 kWh/m<sup>2</sup> siendo el límite 15 kWh/m<sup>2</sup> año.