

Por ANDIMAT

AISLAR TU VIVIENDA ES TU INVERSIÓN MÁS RENTABLE

## Caso de estudio 6

### Simulación energética de un edificio plurifamiliar de 7 plantas sin medianeras.

#### Objetivo del caso de estudio 6

En este caso se pretende 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 zona B3 (Castellón, Ceuta, Murcia, Palma de Mallorca, Tarragona y Valencia). Esta zona climática representa el 18% de la población.

#### Descripción del edificio

Edificio plurifamiliar con una altura de siete plantas aislado (sin medianerías).  
Cuatro fachadas en orientación norte, sur, este y oeste.  
Distribución por planta: cuatro viviendas de aproximadamente 100 m<sup>2</sup> más escalera y zonas comunes con un total de 24 viviendas excluyendo la planta baja.

Superficie total del edificio: 2.800 m<sup>2</sup>

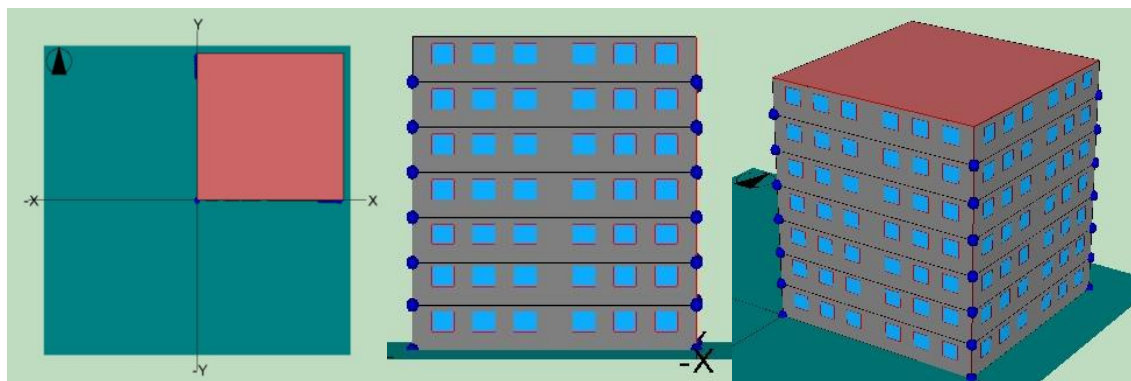
Superficie por planta: 400 m<sup>2</sup>

Superficie de Fachadas 1.427 m<sup>2</sup> con una participación de huecos del 20%

Superficie de suelo en contacto con el terreno: 400 m<sup>2</sup>

Superficie de cubierta plana: 400 m<sup>2</sup>

Altura libre: 2,9 m



### Composición de los cerramientos del edificio para la zona climática B3

Los valores de transmitancia térmica de los cerramientos se describen en la siguiente tabla. Se indican los valores de la Opción Simplificada del CTE HE 2006 y 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	Mínimos CTE DB-HE-1 2013		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				
HUECOS DE FACHADA	Marco del cerramiento acristalado	3,4	Marco AL UVA 4-6-4	2,1	Marco PVC UVA 4-10-4 ATR
	Unidad de Vidrio Aislante				

*UVA = Unidad de Vidrio Aislante  
ATR= aislamiento térmico reforzado o vidrio bajo emisivo*

CERRAMIENTO HORIZONTAL	MATERIAL	Mínimos CTE DB-HE-1 2013		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	1,2	0,4	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 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).

Precio de las prestaciones térmicas de envolvente del edificio			
Cerramiento	HE- 2006	HE- 2013	Diferencia
Fachada	106.288 €	112.769 €	6.481 €
Huecos de fachada	51.051 €	92.986 €	41.935 €
Solera	3.721 €	5.130 €	1.410 €
Cubierta	24.800,00 €	30.400,00 €	5.600,00 €
Total Edificio	182.139 €	236.154 €	54.015 €
Total por vivienda	7.589 €/viv.	9.840 €/viv.	2.251 €/viv.
Coste de aislamiento por m <sup>2</sup>	65 €/m <sup>2</sup>	84 €/m <sup>2</sup>	19 €/m <sup>2</sup>

Aislar la envolvente térmica del edificio con los valores del CTE HE-1 2006 y CTE HE-1 2013 representan un coste de 65 €/m<sup>2</sup> construido y 84 €/m<sup>2</sup> construido respectivamente lo que supone un incremento del 22 %.

El incremento en coste debido a la mejora de las prestaciones térmicas de envolvente térmica del edificio del nuevo Código Técnico de la Edificación es de 2.251 € por vivienda, lo que supone un sobrecoste de 19 €/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 (0,85) 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 B3 se muestran en la siguiente tabla.

	Superficie útil	F cal.base	D cal. límite
Demanda de calefacción	2.800 m <sup>2</sup>	0	15 kWh/m <sup>2</sup> .año
			D ref. límite
Demanda de refrigeración			15 kWh/m <sup>2</sup> .año

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 del edificio deberá ser inferior o igual a 15 kWh/m<sup>2</sup>.año para cumplir con el DB-HE1 del 2013.

### Resultados de la simulación

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

Calener VYP	CTE 2013 DB-HE-1	CTE 2013 apéndice E
Demandas	(Kwh/m2.año)	(Kwh/m2.año)
Calefacción	19,50	10,60
% Ahorro	45,6%	
Refrigeración	9,50	8,40
% Ahorro	11,6%	
Consumos Energía Final	(Kwh/m2.año)	(Kwh/m2.año)
Calefacción	25,20	13,90
Refrigeración	5,60	5,00
ACS	14,20	14,20
Total	45,00	33,10
% Ahorro	26,4%	
Consumos Energía Primaria	(Kwh/m2.año)	(Kwh/m2.año)
Calefacción	25,40	14,10
Refrigeración	18,90	16,70
ACS	14,40	14,40
Total	58,70	45,20
% Ahorro	23,0%	
Calificación Energética	C	C
Coste total Energía (€/año)	16.518,80 €	13.447,90 €
Ahorro en factura entre HE 2006 y HE 2013	3.071 €	
	128 €/viv.	

El sobrecoste por aislar una vivienda con los valores del apéndice E CTE 2013 respecto a los mínimos marcados por el CTE 2013 es de 2.251€ por vivienda y los ahorros en factura suponiendo que el coste energético no varíe es de 128 €/año por vivienda. Si suponemos una subida lineal de los precios medios de la energía del 2% los ahorros serían de 6.400 €/vivienda al cabo de 50 años.

## Conclusiones

La simulación del edificio comparando las prestaciones mínimas del Código Técnico de la Edificación (CTE) DB-HE1 del año 2013 respecto al apéndice E del CTE 2013 suponen una reducción de la demanda energética en calefacción del 46%.

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 siempre aseguran el cumplimiento del mismo, pero dan un orden de magnitud para empezar a proyectar el edificio. Empleando sólo los valores del apéndice E del CTE 2013 en este caso sí se cumple con la demanda límite de calefacción.

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 1: El aislamiento necesario en la fachada se duplica.

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

CONCLUSIÓN 3: El aislamiento necesario en los suelos aumenta en 1,5.

CONCLUSIÓN 4: El aislamiento necesario en la cubierta aumenta en 1,5.

CONCLUSIÓN 5: El incremento en coste de aislamiento de la envolvente conforme al Apéndice E del CTE 2013 respecto a los mínimos del CTE 2013 es del orden del 22% (equivalente a 2.250 €/vivienda o 19 €/m<sup>2</sup>).

CONCLUSIÓN 6: La aplicación de apéndice E CTE 2013 respecto a los mínimos produce un incremento del ahorro energético del 26%.

CONCLUSIÓN 7: La inversión de aplicar el CTE 2013 en lugar del CTE 2006 se amortiza en aproximadamente 17 años.

CONCLUSIÓN 8: En 50 años de vida del edificio, se habrá recuperado como mínimo 4 veces la inversión suponiendo un incremento del precio en la factura energética del 2%.

## 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-HE-1 2006

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto		
<4,4 A			
4,4-8,3 B			
8,3-14,0 C	13,5 C		
14,0-22,6 D			
22,6-39,9 E			
39,9-45,1 F			
>45,1 G			
	<b>Clase</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>kWh/año</b>
<b>Demanda calefacción</b>	C	19,5	54714,7
<b>Demanda refrigeración</b>	C	9,5	26674,1
	<b>Clase</b>	<b>kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup></b>	<b>kgCO<sub>2</sub>/año</b>
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> calefacción</b>	C	5,1	14280,0
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> refrigeración</b>	D	5,5	15400,0
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> ACS</b>	E	2,9	8120,0
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> totales</b>	C	13,5	37800,0
	<b>Clase</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>kWh/año</b>
<b>Consumo energía primaria calefacción</b>	C	25,4	71180,3
<b>Consumo energía primaria refrigeración</b>	D	18,9	52836,3
<b>Consumo energía primaria ACS</b>	E	14,4	40252,8
<b>Consumo energía primaria totales</b>	D	58,7	164269,5

Edificio Objeto		
Demandas	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	19,5	54714,7
Refrigeración	9,5	26674,1

Edificio Objeto		
Consumos Energía Final	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	25,2	70405,9
Refrigeración	5,6	15786,2
ACS	14,2	39814,9
<b>Total</b>	<b>45,0</b>	<b>126006,9</b>

Edificio Objeto		
Consumos Energía Primaria	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	25,4	71180,3
Refrigeración	18,9	52836,3
ACS	14,4	40252,8
<b>Total</b>	<b>58,7</b>	<b>164269,5</b>

Edificio Objeto		
Emisiones	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	5,1	14280,0
Refrigeración	5,5	15400,0
ACS	2,9	8120,0
<b>Total</b>	<b>13,5</b>	<b>37800,0</b>

### Edificio aislado conforme con el apéndice E CTE DB-HE-1 2013

Certificación Energética de Edificios Indicador kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Edificio Objeto		
<4,4 A			
4,4-8,3 B			
8,3-14,0 C	10,6 C		
14,0-22,6 D			
22,6-39,9 E			
39,9-45,1 F			
>45,1 G			
	<b>Clase</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>kWh/año</b>
<b>Demanda calefacción</b>	B	10,6	29724,2
<b>Demanda refrigeración</b>	C	8,4	23547,4
	<b>Clase</b>	<b>kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup></b>	<b>kgCO<sub>2</sub>/año</b>
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> calefacción</b>	B	2,8	7840,0
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> refrigeración</b>	D	4,9	13720,0
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> ACS</b>	E	2,9	8120,0
<b>Emisiones CO<sub>2</sub> totales</b>	C	10,6	29680,0
	<b>Clase</b>	<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	<b>kWh/año</b>
<b>Consumo energía primaria calefacción</b>	B	14,1	39329,8
<b>Consumo energía primaria refrigeración</b>	D	16,7	46715,1
<b>Consumo energía primaria ACS</b>	E	14,4	40252,8
<b>Consumo energía primaria totales</b>	C	45,1	126297,8

Edificio Objeto		
Demandas	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	10,6	29724,2
Refrigeración	8,4	23547,4

Edificio Objeto		
Consumos Energía Final	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	13,9	38901,9
Refrigeración	5,0	13957,3
ACS	14,2	39814,9
<b>Total</b>	<b>33,1</b>	<b>92674,1</b>

Edificio Objeto		
Consumos Energía Primaria	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/año
Calefacción	14,1	39329,8
Refrigeración	16,7	46715,1
ACS	14,4	40252,8
<b>Total</b>	<b>45,1</b>	<b>126297,8</b>

Edificio Objeto		
Emisiones	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /año
Calefacción	2,8	7840,0
Refrigeración	4,9	13720,0
ACS	2,9	8120,0
<b>Total</b>	<b>10,6</b>	<b>29680,0</b>

## Anexo 2

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

Tratamiento de los puentes térmicos	CTE-HE 2006		CTE-HE 2013	
	$\psi$	$f_{RSI}$	$\psi$	$f_{RSI}$
Forjados				
Encuentro forjado - fachada	0,41	0,76	0,18	0,82
Encuentro suelo exterior - fachada	0,46	0,74	0,20	0,84
Encuentro cubierta - fachada	0,46	0,74	0,20	0,84
Cerramiento vertical				
Esquina saliente	0,16	0,81	0,16	0,81
Hueco de ventana	0,27	0,64	0,20	0,76
Esquina entrante	0,13	0,84	0,13	0,84
Pilar	0,77	0,64	0,08	0,87
Contacto terreno				
Unión solera - pared exterior	0,13	0,75	0,12	0,72

### Otras consideraciones

- Los forjados y divisorios interiores están aislados con valores más exigentes que los indicados en el DB-HE-1 2013 para dar cumplimiento a otros Documentos básicos del CTE.
- En el edificio aislado conforme con el Apéndice E del HE-1 CTE 2013 demanda en refrigeración es un 11% menos que el aislado con los mínimos del HE-1 2013.
- La calificación energética del edificio para ambos CTE HE 2006 y 2013 es C. 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 10,60 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 25,20 kWh/m<sup>2</sup>. año siendo el límite 15 kWh/m<sup>2</sup> año.