

SERIE EL NUEVO CTE-HE (2013)



Por ANDIMAT

AISLAR TU VIVIENDA ES TU INVERSIÓN MÁS RENTABLE

Caso de estudio 2

Simulación energética de un edificio plurifamiliar de 7 plantas entre medianeras

Objetivo del caso de estudio 2

Se trata del mismo edificio del caso 1 pero en zonas climáticas C 1 y C2, 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 C, en concreto se analizan las zonas C2 (Barcelona, Gerona, Orense) y la zona C1 (Bilbao, Cuenca, Coruña, Oviedo, Pontevedra, San Sebastián, Santander). Estas dos zonas climáticas representan el 24% del parque de viviendas.

Descripción del edificio

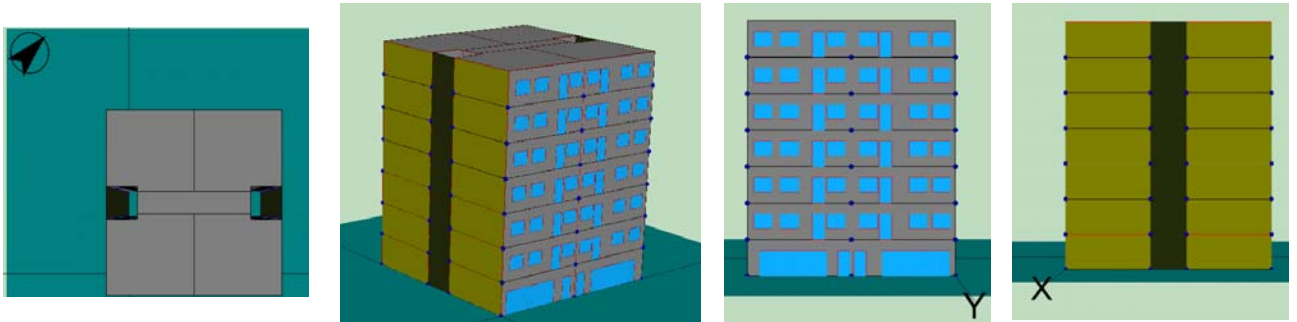
Edificio plurifamiliar con una altura de siete plantas situado entre medianeras
Bloque en forma de H con dos patios de luces
Dos fachadas en orientación sureste y noreste
Distribución por planta: cuatro viviendas de aproximadamente 70 m² más escalera
Hay 24 viviendas y dos locales comerciales
Del estudio se ha excluido la planta baja con el fin de obtener resultados propios de una vivienda.
Superficie total del edificio: 1743 m²
Superficie por planta 289 m²
Altura libre de las viviendas: 2,7 m

Elemento constructivo:

Fachada noreste-sureste 375 m² - Participación de huecos 26%

Fachada medianera 375 m² – Participación huecos patio 3%

Suelo en contacto con el terreno



Composición de los cerramientos del edificio para la zona climática C

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 ² .K)	R _{AT} (m ² .K/W)	Valor U (W/m ² .K)	R _{AT} (m ² .K/W)
FACHADA	½ pie de ladrillo perforado	0,73	0,90	0,29	2,95
	Mortero de cemento				
	Cámara de aire				
	Aislamiento térmico				
	Ladrillo hueco sencillo				
	Enlucido de yeso interior				
DIVISORIOS INTERIORES	Enlucido de yeso	1,2	0,35	0,57	1,25
	Tabicón de ladrillo hueco				
	Aislamiento térmico				
	placa de yeso laminado				
PARED MEDIANERA	Revoco de mortero de cemento	1,00	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 sin RPT UVA4-12-4	Zona C2 1,7 Zona C1 1,4	Marco PVC UVA ATR 4-14-4
	Unidad de Vidrio Aislante				

CERRAMIENTO HORIZONTAL	MATERIAL	CTE DB-HE-1 2006		Apéndice E CTE DB-HE-1 2013	
		Valor U (W/m ² .K)	R _{AT} (m ² .K/W)	Valor U (W/m ² .K)	R _{AT} (m ² .K/W)
SOLERA	Plaqueta o baldosa de gres	0,50	1,70	0,36	2,50
	Mortero de cemento				
	Aislamiento térmico				
	Forjado de bovedilla cerámica				
FORJADO ENTRE PLANTAS	Pavimento gres	1,20	0,40	0,75	0,90
	Mortero				
	Aislamiento térmico				
	Forjado cerámico				
	Enlucido interior				
CUBIERTA	Pavimento baldosa cerámica	0,41	1,85	0,23	3,85
	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 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 €	6.853,61 €	3.634,57 €
HUECOS DE FACHADA	53.764,60 €	70.828,80 €	17.064,60 €
SOLERA	2.688,05 €	3.546,03 €	857,98 €
CUBIERTA	2.848,92 €	4.993,88 €	2.144,96 €
Totales	62.520,61 €	86.222,32 €	23.702,11 €

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 2.605€ a 3.592€ por vivienda, es decir, es de 987,59 € más por vivienda, lo que supone 12,35 €/m².

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 C se muestran en la siguiente tabla.

	Superficie útil de los espacios habitables	Fcal,base	D cal, límite
Demanda de calefacción	1743 m ²	1000	20,6 kWh/m².año
			D ref, límite
Demanda de refrigeración			15 kWh/m².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 20,6 kWh/m².año para cumplir con el DB-HE1 del 2013.

Resultados de la simulación

Una vez simulado el edificio para la **zona C2** las demandas y consumos se muestran en la siguiente tabla. En el anexo 1 se muestran los valores generados por el programa.

Zona climática C2	Edificio cumpliendo HE1 2006 \ Edificio aislado conforme con el apéndice E del HE-1 2013 % Ahorro	
Demanda de calefacción	36,2 kWh/m ² .año	17,5 kWh/m ² .año 48 %
Demanda de refrigeración	4,3 kWh/m ² .año	4,4 kWh/m ² .año -2 %
Consumo de energía final		
Consumo de energía final de calefacción	61,9 kWh/m ² .año	33,8 kWh/m ² .año
Consumo de energía final de refrigeración	1,7 kWh/m ² .año	1,7 kWh/m ² .año
Consumo de energía final de ACS	9,5 kWh/m ² .año	9,6 kWh/m ² .año
Consumo de energía final total	73,1 kWh/m ² .año	45,1 kWh/m ² .año 54 %
Consumo de energía primaria		
Consumo energía 1 ^{aria} calefacción	63 kWh/m ² .año	34,4 kWh/m ² .año
Consumo energía 1 ^{aria} refrigeración	4,4 kWh/m ² .año	4,4 kWh/m ² .año
Consumo energía 1 ^{aria} ACS	9,6 kWh/m ² .año	9,7 kWh/m ² .año
Consumo energía 1 ^{aria} Total	77 kWh/m ² .año	48,5 kWh/m ² .año 37 %
Calificación energética	D	C
Coste total energía (€/año)	10.110 €	6.746 €

La amortización de la inversión se produce en poco más de seis años ya que los ahorros anuales son de 140 €/año por vivienda. El plazo de amortización en este caso se debe al incremento en coste debido a la sustitución de los cerramientos acristalados, ya que se pasa de marcos metálicos a marcos de mejores prestaciones. El ahorro energético al cabo de 10 años obtenido es de 1.534 €/vivienda suponiendo una subida lineal de los precios medios de la energía del 2%. Lo que supone una rentabilidad de la inversión inicial del 62% por vivienda.

La simulación para la **zona C1** cumpliendo apéndice E del CTE HE1 2006 se muestra en la siguiente tabla:

Zona climática C1	Edificio cumpliendo HE1 2006 \ Edificio aislado conforme con el apéndice E del HE-1 2013 % Ahorro	
Demanda de calefacción	49,5 kWh/m ² .año	25,6 kWh/m ² .año 48 %
Demanda de refrigeración	0,0 kWh/m ² .año	0,0 kWh/m ² .año 0 %
Consumo de energía final		
Consumo de energía final de calefacción	82,9 kWh/m ² .año	47,8 kWh/m ² .año
Consumo de energía final de refrigeración	0,0 kWh/m ² .año	0,0 kWh/m ² .año
Consumo de energía final de ACS	9,5 kWh/m ² .año	9,5 kWh/m ² .año
Consumo de energía final total	92,3 kWh/m ² .año	57,2 kWh/m ² .año 38 %
Consumo de energía primaria		
Consumo energía 1 ^{aria} calefacción	84,3 kWh/m ² .año	48,5 kWh/m ² .año
Consumo energía 1 ^{aria} refrigeración	0,0 kWh/m ² .año	0,0 kWh/m ² .año
Consumo energía 1 ^{aria} ACS	9,6 kWh/m ² .año	9,6 kWh/m ² .año
Consumo energía 1 ^{aria} Total	93,9 kWh/m ² .año	58,1 kWh/m ² .año 37 %
Calificación energética	D	C
Coste total energía (€/año)	11.081 €	6.856 €

La demanda de calefacción límite del CTE HE1 2013 para este edificio es de 20,6 kWh/m².año y la demanda obtenida es de 25,6 kWh/m².año. Dicha reducción supone un 48% pero no es suficiente para cumplir la normativa. Por ello se propone una mejora en las prestaciones térmicas de los cerramientos acristalados proponiendo valores de transmitancia de 1,7 a 1,4 W/m².K y adicionalmente se mejora el tratamiento de los puentes térmicos a los niveles de ψ indicados en el anexo 2. Esta propuesta de mejora se estima que no tiene repercusión en el coste al emplearse valores de transmitancia existentes en el mercado y su diferencia en coste entre cerramientos con prestaciones de 1,7 a 1,4 W/m².K se puede despreciar.

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 C1.

Una vez analizado el edificio con valores mejorados al apéndice E del HE 2013 en la zona C1 se ha obtenido una demanda energética en calefacción de 19,7 kWh/m².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 menos de cinco años ya que los ahorros anuales son de 5.228 € para el edificio. El ahorro energético es de 217 € el primer año por vivienda, por tanto al cabo de 10 años los ahorros obtenidos son de 2.385 €/vivienda suponiendo que el coste energético tiene una subida lineal del 2%. Lo que supone una rentabilidad de la inversión inicial del 240% 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 48% en zona C2 y se cumple el CTE DB-HE1. En cambio para la zona C1 la demanda energética en calefacción obtenida de 25,6 kWh/m².año NO CUMPLE el CTE DB-HE1 y se debería reducir la demanda energética al valor de 20,6 kWh/m².año. Para alcanzar dicha demanda se propone mejorar las prestaciones térmicas de los cerramientos acristalados y mejorar el tratamiento de los puentes térmicos.

Los incrementos de aislamiento en la parte ciega de los cerramientos suponen incrementar los espesores de aislamiento entre 2 y 3 veces el aislamiento propuesto por el CTE 2006 y duplicar las prestaciones térmicas de los cerramientos acristalados. Estos incrementos podrían verse aumentados 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 C, 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 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 se duplica

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 35% (equivalente a 987 €/vivienda o 12,3€/m²).

CONCLUSIÓN 6: La aplicación del CTE 2013 respecto al CTE 2006, produce un incremento del ahorro energético superior al 35% para zona C2 y superior al 45% para la zona C1.

CONCLUSIÓN 7: En 50 años de vida del edificio, se habrá recuperado como mínimo 12 veces la inversión en la zona C2 y más de 18 veces la inversión en la zona C1.

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 C2

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	36,2	69467,8	36,3	69659,7
Refrigeración	4,3	8251,7	6,2	11897,8

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	61,9	118823,5	48,5	93025,4
Refrigeración	1,7	3255,0	3,6	6947,5
ACS	9,5	18163,5	16,2	31107,8
Total	73,1	140241,9	68,3	131080,7

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	63,0	120933,0	52,6	100922,4
Refrigeración	4,4	8472,7	9,6	18424,7
ACS	9,6	18363,3	14,2	27296,2
Total	77,0	147769,0	76,4	146643,3

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	13,1	25138,9	11,6	22260,4
Refrigeración	1,1	2110,9	2,4	4605,6
ACS	1,9	3646,1	3,4	6524,6
Total	16,1	30895,9	17,4	33390,6

Resultados

Gráfico | Resultados

Certificación Energética de Edificios

Indicador kgCO₂/m²

Indicador	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	Clase	kgCO ₂ /m ²	Clase	kgCO ₂ /m ²
Demanda calefacción	D	36.2	D	36.3
Demanda refrigeración	B	4.3	C	6.2
Emisiones CO ₂ calefacción	D	13.1	D	11.6
Emisiones CO ₂ refrigeración	C	1.1	D	2.4
Emisiones CO ₂ ACS	A	1.9	D	3.4
Emisiones CO ₂ totales		30895.9		33390.6

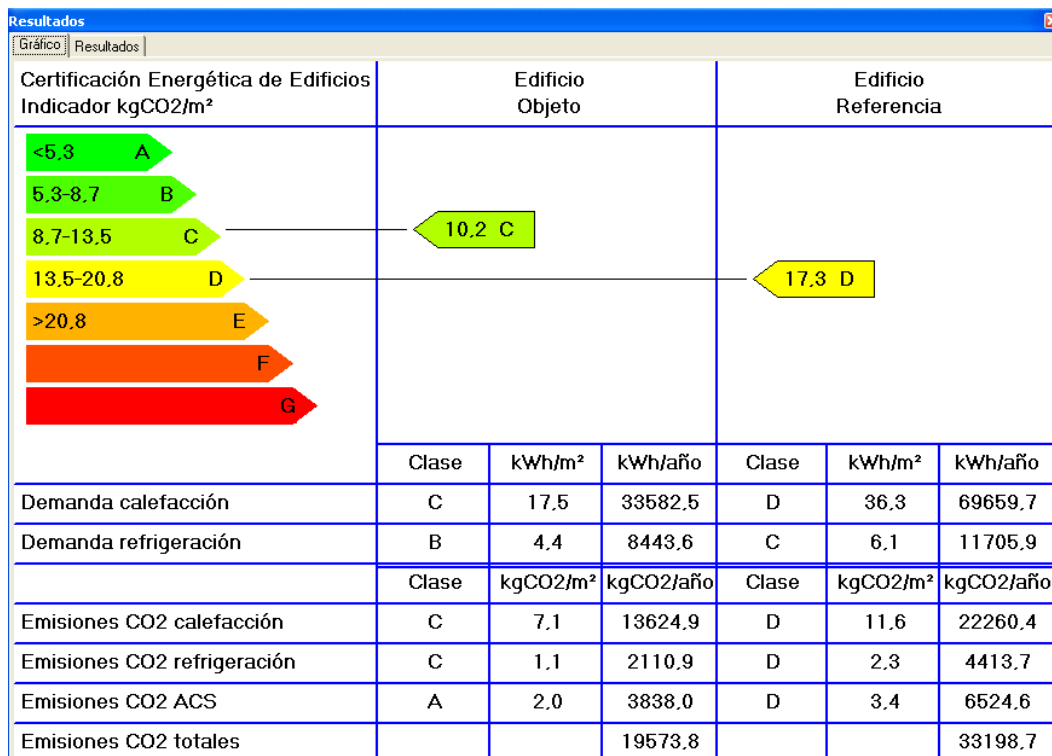
Edificio aislado conforme con el apéndice E CTE DB-HE-1 2013 para la zona C2

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	17,5	33582,5	36,3	69659,7
Refrigeración	4,4	8443,6	6,1	11705,9

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	33,8	64864,7	48,5	92984,5
Refrigeración	1,7	3254,9	3,6	6929,9
ACS	9,6	18457,9	16,2	31107,8
Total	45,1	86577,6	68,3	131022,2

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	34,4	65963,3	52,6	100878,0
Refrigeración	4,4	8472,6	9,6	18378,1
ACS	9,7	18661,0	14,2	27296,2
Total	48,5	93096,8	76,4	146552,3

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	7,1	13624,9	11,6	22260,4
Refrigeración	1,1	2110,9	2,3	4413,7
ACS	2,0	3838,0	3,4	6524,6
Total	10,2	19573,8	17,3	33198,7



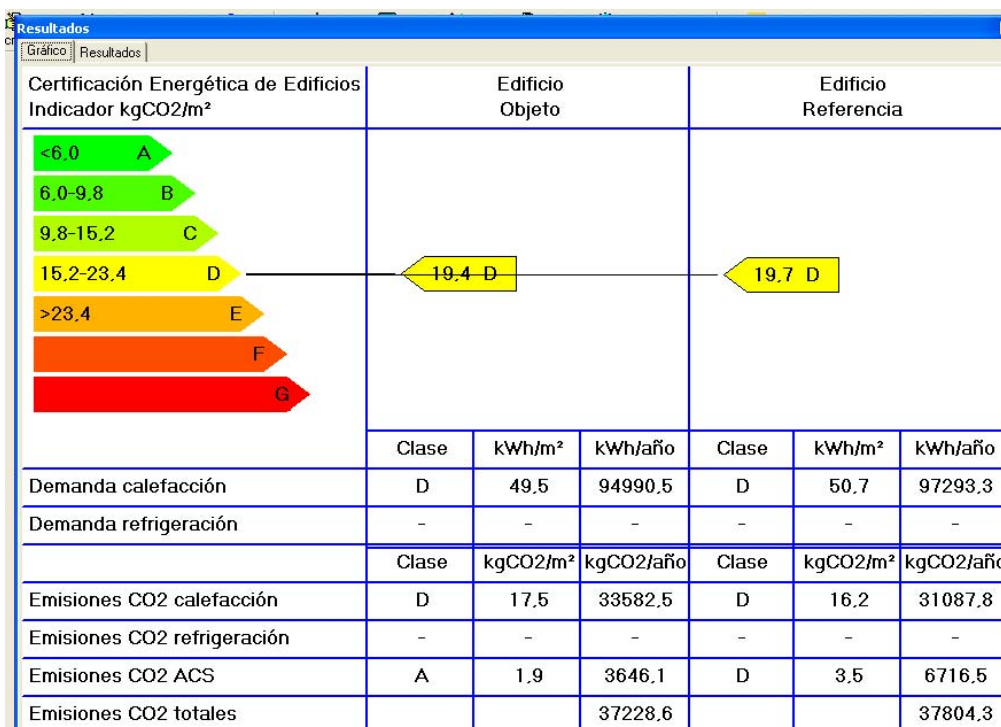
Edificio cumpliendo CTE DB-HE1 2006 para la zona C1

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	49,5	94990,5	50,7	97293,3
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	82,9	159031,5	67,7	129961,4
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	9,5	18163,5	16,6	31780,4
Total	92,3	177195,0	84,3	161741,8

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	84,3	161817,6	73,5	140993,8
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	9,6	18363,3	14,5	27886,4
Total	93,9	180180,9	88,0	168880,3

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	17,5	33582,5	16,2	31087,8
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	1,9	3646,1	3,5	6716,5
Total	19,4	37228,6	19,7	37804,3



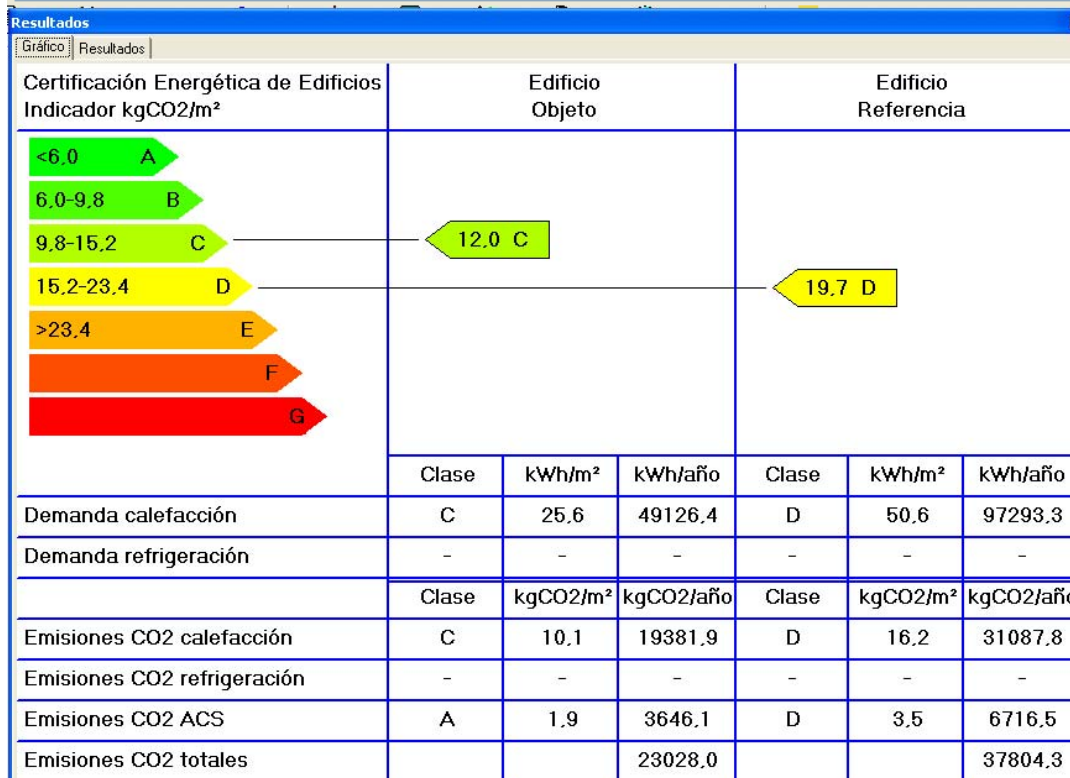
Edificio aislado conforme con el apéndice E CTE DB-HE-1 2013 para la zona C1

Demandas	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	25,6	49126,4	50,7	97293,3
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0

Consumos Energía Final	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	47,8	91626,1	67,7	129907,3
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	9,5	18163,5	16,6	31780,4
Total	57,2	109789,6	84,3	161687,7

Consumos Energía Primaria	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kWh/m ²	kWh/año	kWh/m ²	kWh/año
Calefacción	48,5	93140,6	73,4	140935,1
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	9,6	18363,3	14,5	27886,4
Total	58,1	111503,9	88,0	168821,6

Emisiones	Edificio Objeto		Edificio Referencia	
	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Calefacción	10,1	19381,9	16,2	31087,8
Refrigeración	0,0	0,0	0,0	0,0
ACS	1,9	3646,1	3,5	6716,5
Total	12,0	23028,0	19,7	37804,3



Anexo 2

Valores de Transmitancia térmica lineal ψ (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	
	ψ	f_s	ψ	f_s	ψ	f_s
Forjados						
Encuentro forjado	0,18	0,82	-0,03	0,88	0,41	0,76
Enc. suelo ext fachada	0,20	0,84	0,19	0,82	0,46	0,74
Enc. Cub fachada	0,20	0,84	0,19	0,82	0,46	0,74
Cerramiento vertical						
Esquina saliente	0,16	0,81	0,02	0,66	0,16	0,81
Hueco de ventana	0,20	0,76	0,04	0,77	0,27	0,64
Esquina entrante	0,13	0,84	-0,13	0,84	0,13	0,84
Pilar	0,08	0,87	0,08	0,87	0,77	0,64
Contacto terreno						
unión solera pared ext.	0,12	0,72			0,13	0,75

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 17,5 kWh/m² año para la zona C2 y 19,7 kWh/m² año para la zona C1. 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 32,6 kWh/m² y 31,4 kWh/m² año para zonas C 2 y C1 siendo el límite 20.6 kWh/m² año.