

EVALUACIÓN DE LOS COSTES CONSTRUCTIVOS
Y CONSUMOS ENERGÉTICOS DERIVADOS DE LA
CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS



fundación  **asprima**

MADRID

EVALUACIÓN DE LOS COSTES CONSTRUCTIVOS
Y CONSUMOS ENERGÉTICOS DERIVADOS DE LA
CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA DE VIVIENDAS

fundación  **asprima**

www.asprima.es

asprima@asprima.es

PROMOTORES DEL ESTUDIO:



uponor



ESTUDIO ELABORADO POR:



TABLA 1. SISTEMAS DE GESTIÓN ENERGÉTICA SELECCIONADOS PARA REALIZAR EL ESTUDIO EN CADA CIUDAD

CIUDAD	MADRID	VALENCIA	SEVILLA	OVIEDO	BARCELONA
Zona climática	D3	B3	B4	C1	C2
1. SISTEMAS APOYO ACS					
1.1. Sistema individual de producción de ACS con termo eléctrico					
1.2. Sistema individual de producción de ACS con caldera estándar de gas natural					
1.3. Sistema centralizado de producción de ACS con caldera estándar de gas natural					
1.4. Sistema centralizado de producción de ACS con caldera de condensación de gas natural					
2. SISTEMAS CALEFACCIÓN + APOYO ACS					
2.1. Sistema individual de producción de ACS con termo eléctrico y calefacción con radiadores eléctricos					
2.2. Sistema individual de producción de ACS y calefacción con caldera mixta estándar de gas natural, con radiadores					
2.3. Sistema individual de producción de ACS y calefacción con caldera mixta de condensación de gas natural, con radiadores					
2.4. Sistema individual de producción de ACS y calefacción con caldera mixta de condensación de gas natural, con suelo radiante para calefacción					
2.5. Sistema centralizado de producción de ACS y calefacción con caldera mixta estándar de gas natural, con radiadores					
2.6. Sistema centralizado de producción de ACS y calefacción con caldera mixta de condensación de gas natural, con radiadores					
2.7. Sistema centralizado de producción de ACS y calefacción con caldera mixta de condensación de gas natural, con suelo radiante para calefacción					
3. SISTEMAS REFRIGERACIÓN + APOYO ACS					
3.1. Sistema individual de producción de ACS con termo eléctrico y refrigeración con equipos de expansión directa y conductos					
3.2. Sistema individual de producción de ACS con termo eléctrico y refrigeración mediante enfriadora y suelo radiante para refrigeración (enfriadora)					
3.3. Sistema individual de producción de ACS con caldera estándar de gas natural y refrigeración con equipos de expansión directa y conductos					
3.4. Sistema individual de producción de ACS con caldera estándar de gas natural y refrigeración mediante enfriadora y suelo radiante para refrigeración					
3.5. Sistema centralizado de producción de ACS con caldera estándar de gas natural y refrigeración individual con equipos de expansión directa y conductos					
3.6. Sistema centralizado de producción de ACS con caldera estándar de gas natural y refrigeración individual mediante enfriadora y suelo radiante para refrigeración					
3.7. Sistema centralizado de producción de ACS con caldera de condensación de gas natural y refrigeración individual con equipos de expansión directa y conductos					
3.8. Sistema centralizado de producción de ACS con caldera de condensación de gas natural y refrigeración individual mediante enfriadora y suelo radiante para refrigeración					
4. SISTEMAS CALEFACCIÓN + REFRIGERACIÓN + APOYO ACS					
4.1. Sistema individual de producción de ACS con termo eléctrico, calefacción con radiadores eléctricos y refrigeración con equipos de expansión directa y conductos					
4.2. Sistema individual de producción de ACS con termo eléctrico, calefacción y refrigeración mediante bomba de calor aire-agua reversible y suelo radiante para calefacción y refrigeración					
4.3. Sistema individual de producción de ACS, calefacción (suelo radiante para calefacción) con caldera mixta de condensación de GN, y refrigeración mediante enfriadora y suelo radiante para refrigeración					
4.4. Sistema individual de producción de ACS y calefacción (radiadores) con caldera mixta estándar de gas natural, y refrigeración con equipos de expansión directa y conductos					
4.5. Sistema individual de producción de ACS y calefacción (radiadores) con caldera mixta de condensación de gas natural, y refrigeración con equipos de expansión directa y conductos					
4.6. Sistema centralizado de producción de ACS y calefacción (radiadores) con caldera mixta estándar de gas natural, y refrigeración individual con equipos de expansión directa y conductos					
4.7. Sistema centralizado de producción de ACS y calefacción (radiadores) con caldera mixta de condensación de gas natural, y refrigeración individual con equipos de expansión directa conductos					
4.8. Sistema centralizado de producción de ACS con caldera estándar de gas natural, calefacción y refrigeración con bomba de calor con compresor eléctrico y suelo radiante para calefacción y refrigeración					
4.9. Sistema centralizado de producción de ACS, calefacción y refrigeración con bomba de calor de GN, y suelo radiante para calefacción y refrigeración					

Introducción

Todos los promotores asociados a ASPRIMA (Asociación de Promotores Inmobiliarios de Madrid), suscriben en el momento de su ingreso en la Asociación un Código Ético que les compromete a "buscar en todas sus actuaciones el pleno cumplimiento del Código Técnico de la Edificación y demás normas tecnológicas que le sean de aplicación".

Además, Asprima indica en su declaración de propósitos que "aspira a que el urbanismo esté al servicio del hombre, orientándole hacia el objetivo prioritario de la constante búsqueda de una más alta calidad de vida para todos los ciudadanos".

En cumplimiento de estos mandatos, y en la apuesta por un desarrollo sostenible y por una mejora de la eficiencia energética que redunde en la preservación de nuestro medio ambiente, ASPRIMA, a través de su FUNDACIÓN, entiende que son necesarias una serie de acciones, que debe liderar como Asociación de Promotores, para la Investigación, Desarrollo e Innovación en nuestro sector, en aras a la Responsabilidad Empresarial y Sectorial que, desde sus orígenes, promueve.

Así lo han entendido también sus socios colaboradores técnicos, URSA-Pladur, UPONOR Y GAS NATURAL FENOSA, por lo que todos juntos estamos aunando esfuerzos para trabajar y avanzar en este sentido.

Uno de los resultados de este sentir común (como primer paso para conocer, potenciar y difundir el compromiso de los promotores y la sociedad con la eficiencia energética), es este Estudio que, bajo el

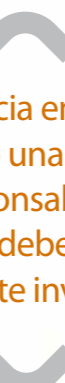
nombre de "Evaluación de los costes constructivos y consumos energéticos derivados de la clasificación energética de viviendas" (PRECOST&E), se elabora con un doble objetivo: por un lado, analizar el coste de la aplicación de esa eficiencia energética y, por otro, el ahorro en consumo que estas medidas producen y que repercuten directamente en la mejora del medio ambiente y en el ahorro económico que para el usuario final conlleva vivir en una vivienda más eficiente.

Esta evaluación permite saber que el compromiso de promotores, industria auxiliar y usuarios, además de responsable es viable económicamente y debe ser planteado no como un coste, sino como una inversión que mejora sustancialmente el rendimiento energético del principal bien de consumo en la vida del hombre: su vivienda y el hogar de su familia.

Este Estudio ha sido promovido por la Fundación Asprima y sus socios colaboradores técnicos, URSA-PLADUR, UPONOR Y GAS NATURAL-FENOSA y ha sido elaborado por una institución de reconocido prestigio en la materia y totalmente independiente, la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), a través de su Grupo de Investigación, SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCION Y EN LA INDUSTRIA, bajo la dirección del Profesor D. Justo García Navarro.

Esperamos que los resultados que en esta publicación les mostramos resulten de interés y su mensaje cale profundamente en todos: APOSTAR POR LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA ES, NO SÓLO UNA CUESTIÓN DE RESPONSABILIDAD Y COMPROMISO CON LA SOSTENIBILIDAD Y EL MEDIOAMBIENTE, SINO, TAMBIÉN DEBE SER UNA EXCELENTE INVERSIÓN.

La eficiencia energética no es sólo una cuestión de responsabilidad, también debe ser una excelente inversión



Objetivos y fases del estudio

El Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, en vigor desde noviembre de 2008, aprobó el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción, que obliga a poner a disposición de los compradores o usuarios de los edificios un Certificado de Eficiencia Energética. Éste asigna a cada edificio una clasificación energética de eficiencia, que varía desde la clase A, para los más eficientes, a la clase E para los menos eficientes (según CTE)

Con fecha 15 de mayo de 2009 la FUNDACIÓN ASPRIMA, junto con sus socios colaboradores técnicos URSA-PLADUR, UPONOR Y GAS NATURAL-FENOSA, suscriben un convenio de colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), representada por el Grupo de Investigación 'SOSTENIBILIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN Y EN LA INDUSTRIA' para la realización de un estudio denominado "Evaluación de los costes constructivos y consumos energéticos derivados de la clasificación energética de viviendas" (PRECOST&E), cuyo objetivo se centra en cuantificar la repercusión económica en el Presupuesto de Ejecución Material (COSTE), que supone la implementación de medidas constructivas en las viviendas que permitan obtener las diferentes categorías energéticas previstas, A, B, C, D y E (las admitidas por el Código Técnico, CTE), en comparación con el ahorro energético y por tanto económico (BENEFICIO) que se obtiene con cada una de ellas, así como llevar esta repercusión al precio final de la vivienda y evaluar, en términos de INVERSIÓN, lo que estas mejoras suponen.

El estudio completo se estructura, inicialmente, en dos fases consecutivas. La primera fase, que es la que en esta publicación se presenta, consiste en analizar la tipología de vivienda en bloque en la zona climática D3, en concreto en la ciudad de Madrid.

En la actualidad se está desarrollando ya la siguiente fase, que consiste en ampliar este análisis, utilizando exactamente la misma metodología para su conocimiento individualizado y posterior comparación, a otras zonas climáticas definidas por el CTE, en concreto en las ciudades de Valencia, Sevilla, Oviedo y Barcelona. Se realizará con los sistemas energéticos descritos en la Tabla 1.

Esta fase analiza la tipología de una vivienda en bloque en la zona climática D3, en Madrid

Metodología. Edificio objeto del estudio

Para la realización del trabajo se ha considerado como metodología más adecuada la utilización de un edificio ya existente como modelo sobre el que realizar el estudio, con el objetivo posterior de generalizar las conclusiones. Se estimaba adecuado partir de un edificio terminado, con proyecto ajustado a las exigencias del Documento Básico HE Ahorro de Energía (DB-HE), y a ser posible en uso. Con estos condicionantes se eligió un edificio de vivienda protegida, de una superficie aproximada de 85-90 m² útiles por vivienda, en una zona climática determinada (en esta primera fase la zona climática D3, Madrid), y de diseño, programa y sistemas constructivos característicos de esta tipología.



Por mediación de la FUNDACIÓN ASPRIMA, la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVS) puso a disposición del equipo investigador, dirigido por el Doctor Arquitecto, Profesor Justo García Navarro, las últimas promociones realizadas en Madrid para que se seleccionara la más adecuada. Sobre todas ellas se habían aplicado ya las herramientas para medir la certificación energética.

El proyecto seleccionado fue el "Edificio de 143 viviendas con Protección Pública sobre Suelo de Precio Tasado (VPP-SPT), adscritas al Plan Primera Vivienda", cuyos autores son los arquitectos Salvador Pérez Arroyo y Eva Hurtado Torán. El bloque está situado en la parcela 1.43 de Vallecas, en el ensanche 8 del Plan Parcial UZP 1.03. (C/ Almonte nº 1, 3, 5 y 7, en Madrid).

MOTIVACIÓN DE LA ELECCIÓN DEL EDIFICIO

- La orientación de cada vivienda es única
- El mismo tipo de vivienda (VT4/4) se encuentra en las cuatro orientaciones
- El edificio es el que tiene menor clasificación de los edificios evaluados por la EMVS.

Estos condicionantes permiten estudiar de forma específica:

- La clasificación por orientaciones de las viviendas
- Las diferencias de la variación del presupuesto para conseguir las diferentes letras de la clasificación en función de las orientaciones
- La evaluación de la influencia de las condiciones de diseño, además de las características constructivas y de sistemas energéticos, en la calificación energética de las viviendas



LA MISMA VIVIENDA TIPO SE REPITE EN TODAS LAS FACHADAS Y ORIENTACIONES



ESQUEMA GENERAL DEL PROCEDIMIENTO

Se parte de un edificio proyectado con anterioridad a las exigencias del DB-HE y con una calificación energética C evaluada a través de Calener VyP. No obstante, considerando lo inadecuado de estudiar exclusivamente las posibles calificaciones energéticas del edificio ignorando su incumplimiento del DB-HE, el estudio se jerarquiza a través de los siguientes pasos:

1. Se aplican al edificio las medidas para el cumplimiento del DB-HE
2. El edificio, con las mejoras introducidas desde el punto de vista energético, se evalúa mediante el Procedimiento Simplificado.
3. Se elaboran propuestas, mediante combinación de alternativas para la consecución de las diferentes calificaciones.
4. Se aplica el Calener VyP a las conclusiones obtenidas con el procedimiento simplificado.
5. Se realiza un presupuesto individualizado de cada propuesta
6. Se elaboran las conclusiones.

HIPOTESIS DE TRABAJO

Primera: Se ha elaborado, previamente, una selección de los sistemas que van a ser objeto de estudio, definiendo para cada una de las ciudades en las que se va a repetir el mismo, aquéllos considerados lógicos por los condicionantes climáticos de cada una de las zonas climáticas representadas. (Tabla 1, que se encuentra al comienzo del documento)

Segunda: Las propuestas o actuaciones estudiadas para obtener las diferentes calificaciones son aquellas de uso más común, o las más apropiadas para el tipo y uso de edificio de viviendas en tipología de bloque en la ciudad de Madrid. Se han descartado sistemas energéticos como la biomasa o la cogeneración por no ajustarse a los objetivos del estudio: el primero, porque su muy valorada consideración en el programa Calener VyP distorsionaría y limitaría los

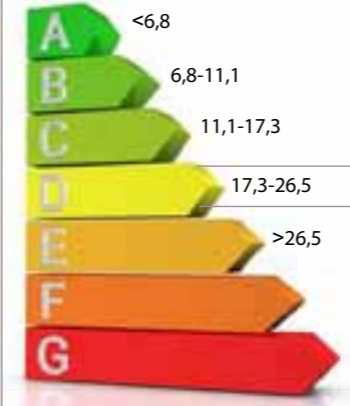
objetivos del estudio; y el segundo, por ser un sistema no considerado por dicho programa.

Tercera: Las valoraciones económicas y precios se refieren a los presupuestos originales del edificio existente. Todas las actuaciones han tomado como referencia la fecha de diciembre de 2007, con los criterios y sistemas constructivos establecidos en la documentación del proyecto original.

Cuarta: Las actuaciones constructivas necesarias para obtener diferentes calificaciones energéticas son variables. Algunas requieren la modificación del sistema constructivo y a veces del sistema estructural del edificio. Se han evaluado económicamente las más similares o fáciles de realizar sobre la hipótesis del edificio seleccionado, pero existen otras posibilidades en

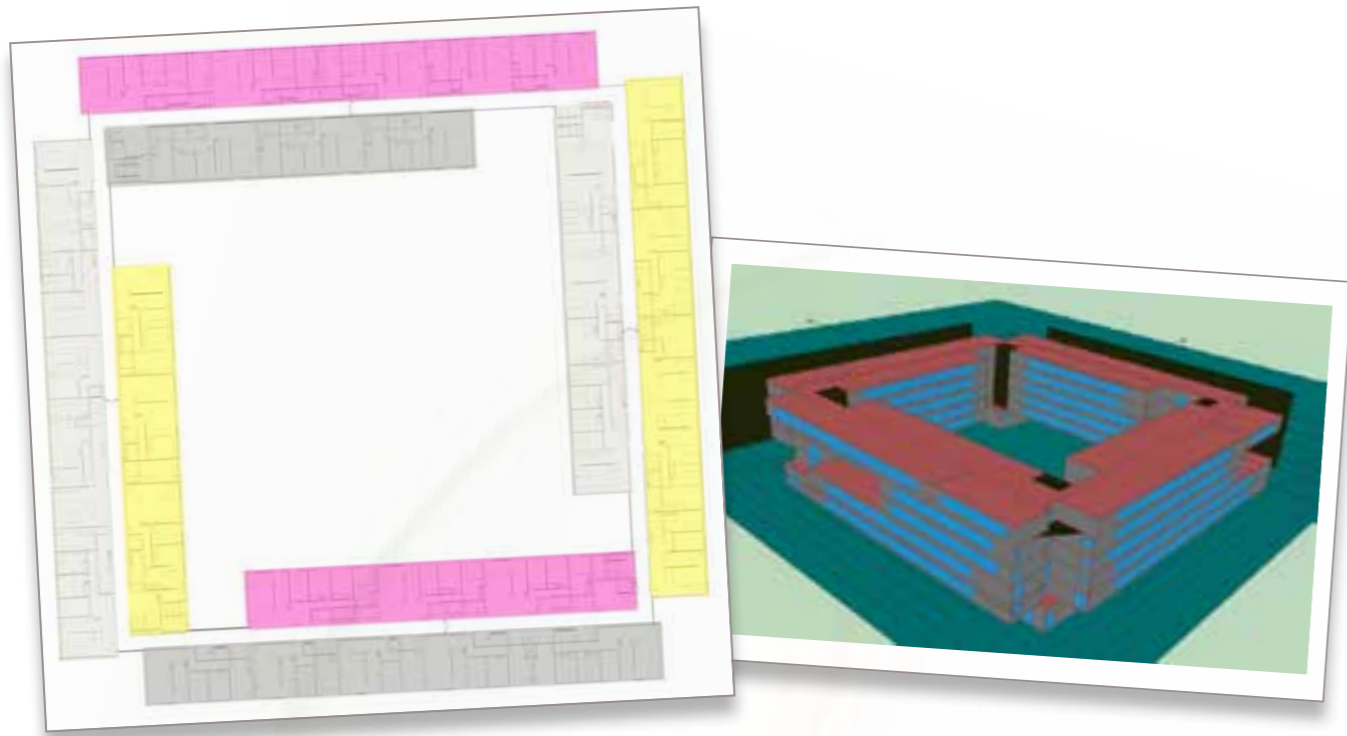
Conclusiones generales

- 1 El programa proporciona exclusivamente la calificación energética del conjunto del edificio, de conformidad con lo exigido por la normativa. No prevé, en principio, una calificación energética individualizada de las viviendas en función de su diseño, orientación o disposición dentro del edificio. Estos cálculos habría que realizarlos de forma independiente y sus resultados pueden diferir de la calificación global.

Certificación Energética de edificios Indicador kgCO ₂ /m ²	Edificio Objeto del Estudio			Edificio que Calener usa como referencia		
						
A <6,8						
B 6,8-11,1						
C 11,1-17,3						
D 17,3-26,5	17,5 D			24,3 D		
E >26,5						
F						
G						
	Clase	kWh/m ²	kWh/año	Clase	kWh/m ²	kWh/año
Demanda calefacción	D	47,3	667.584,0	D	54,5	769.203,5
Demanda refrigeración	D	11,6	163.720,4	D	12,8	180.657,0
	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año	Clase	kgCO ₂ /m ²	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ calefacción	C	11,8	166.543,1	D	17,4	245.580,6
Emisiones CO ₂ refrigeración	E	4,4	62.100,8	E	4,9	69.157,7
Emisiones CO ₂ ACS	A	1,3	18.348,0	D	2,0	28.227,7
Emisiones CO ₂ totales			246.992,0			342.966,0

El programa proporciona exclusivamente la calificación energética del conjunto del edificio

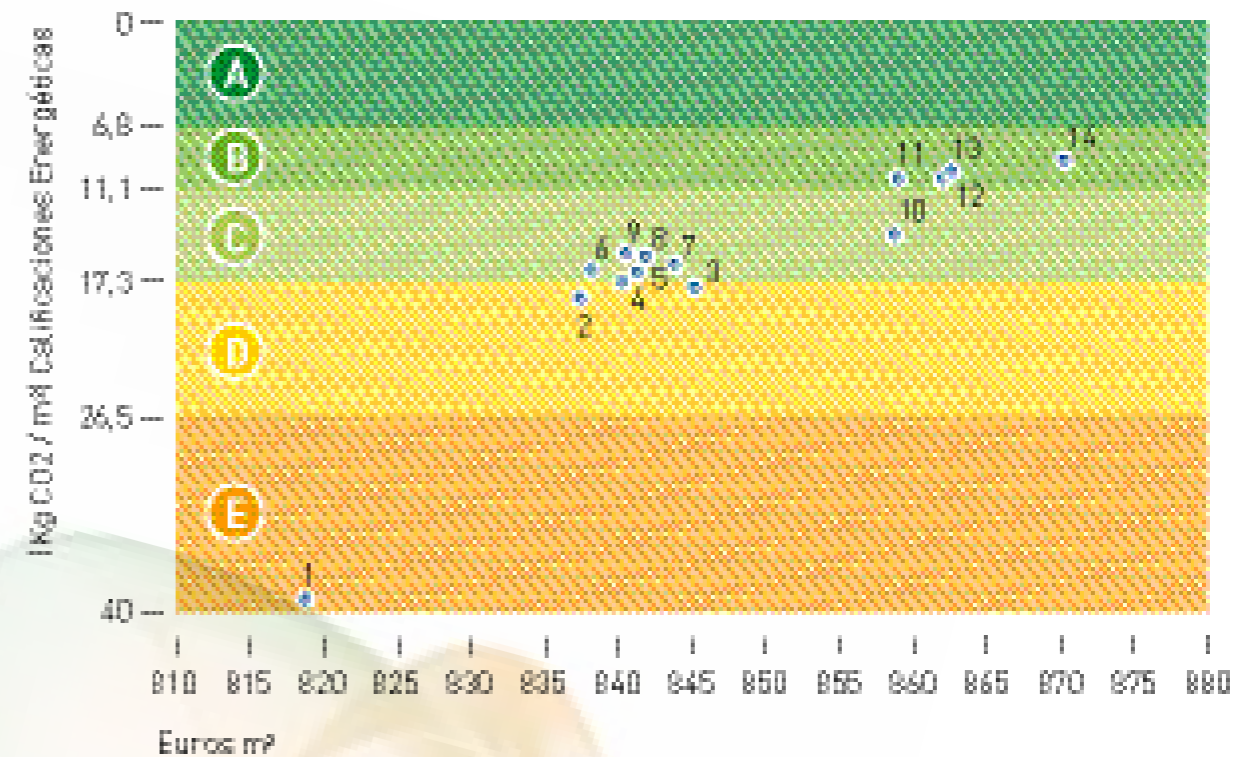
La distribución de espacios en Calener VyP se ha realizado por planta y orientación



- 2 El proceso de cálculo del programa Calener VyP para obtener la calificación energética del edificio no permite una lectura directa de conclusiones cuando se introducen variaciones sobre los parámetros considerados, en este caso energéticos, de diseño o constructivos. Precisamente por ello, la utilización del programa por parte del proyectista como una herramienta de ayuda o de asistencia al diseño del edificio resulta muy compleja.
- 3 Con los diferentes métodos (Calener VyP y Procedimiento Ce2 Simplificado) se obtienen diferentes calificaciones energéticas para el mismo edificio. Ello se debe a que los métodos simplificados son necesariamente más conservadores, al tener un mayor margen de seguridad. Este aspecto se debe tener en cuenta al valorar las diferentes evaluaciones de las medidas.

Conclusiones específicas sobre el edificio considerado - Madrid

RESUMEN GRÁFICO DE PROPUESTAS DE MODIFICACIONES AL PROYECTO PARA LA OBTENCIÓN DE DISTINTAS CALIFICACIONES ENERGÉTICAS



Se han realizado un total de 14 propuestas de modificaciones al proyecto original

PROPUESTAS DE MODIFICACIÓN DEL EDIFICIO ORIGINAL

TABLAS RESUMEN DE PROPUESTAS:

PROPUESTA	PROP. 1				PROP. 2				PROP. 3				PROP. 4				PROP. 5				PROP. 6				PROP. 7															
ORIENTACIÓN	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O
Calificación por orientación (Kg CO ² /m ²)	E	E	E	E	D	C	D	D	D	C	D	D	C	C	D	D	C	C	D	D	C	C	D	C	C	C	D	C	C	C	D	C	C	C	D	C				
Calificación del edificio (Kg CO ² /m ²)	E (39,2)				D (18,7)				D (17,9)				D (17,5)				C (16,9)				C (16,7)				C (16,4)															
PEM (€/m ² construidos totales)	818,63				837,19				845				840,14				841,05				837,97				843,76															
Coste del consumo final total (€/m ² construido viviendas · año)	7,03				3,56				3,22				3,15				3,2				3,17				2,92															

NOTAS EXPLICATIVAS A LAS PROPUESTAS:

La base de comparación es el proyecto original con el aislamiento mejorado hasta lo necesario para cumplir las exigencias actuales del CTE-DB-HE (PROPUESTA 4). Sobre esta base se han realizado las siguientes PROPUESTAS de modificaciones al proyecto:

- 1 Se ha modificado el sistema energético del proyecto original por un sistema individualizado de radiadores y termo eléctricos.
- 2 Se ha modificado el sistema energético del proyecto original por un sistema individualizado con caldera estándar de gas natural y radiadores convencionales (EDIFICIO ESTÁNDAR o de soluciones más habituales).
- 3 Se han mejorado el aislamiento de vidrios de las viviendas y espacios comunes, los marcos de las ventanas y se ha modificado el sistema energé-

tico del proyecto original por un sistema individualizado con caldera estándar de gas natural y radiadores convencionales.

- 4 Se ha mantenido el sistema energético del proyecto original, consistente en un sistema colectivo con dos calderas, una de condensación y otra estándar, de gas natural y radiadores convencionales (EDIFICIO EXISTENTE ADAPTADO AL CTE).
- 5 Se ha modificado el sistema energético del proyecto original, con un sistema colectivo con dos calderas, ambas de condensación de gas natural y radiadores convencionales.
- 6 Se ha modificado el sistema energético del proyecto original, con un sistema individualizado con calderas de condensación de gas natural y radiadores convencionales.

PROPUESTA	PROP. 8				PROP. 9				PROP. 10				PROP. 11				PROP. 12				PROP. 13				PROP. 14																			
ORIENTACIÓN	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O
Calificación por orientación (Kg CO ² /m ²)	C	C	D	C	C	C	D	C	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B	C	C	B	B	C	C	B	B	C	C	B	B	C	C	B	B	C	C	B	B	C	C				
Calificación del edificio (Kg CO ² /m ²)	C (15,7)				C (15,6)				C (14,3)				B (10,6)				B (10,6)				B (10,0)				B (9,3)																			
PEM (€/m ² construidos totales)	841,61				840,34				858,55				858,79				861,88				862,44				870,01																			
Coste del consumo final total (€/m ² construido viviendas · año)	2,98				2,96				2,68				1,98				1,89				1,79				1,67																			

- 7 Se ha aumentado el aislamiento de los espacios exteriores, y se ha considerado un sistema individualizado con calderas estándar, de gas natural y radiadores convencionales.
- 8 Manteniendo el aislamiento, se ha considerado un sistema colectivo con dos calderas de condensación de gas natural y suelo radiante.
- 9 Manteniendo el aislamiento, se ha considerado un sistema individualizado con calderas de condensación de gas natural y suelo radiante.
- 10 Se ha modificado fuertemente el aislamiento de los cerramientos exteriores, y se ha considerado un sistema individualizado con calderas de condensación de gas natural y radiadores convencionales.
- 11 Se han realizado modificaciones en el tamaño de los huecos, se ha considerado protección solar, un fuerte aislamiento térmico de los cerramientos exteriores, se ha aumentado el número de paneles solares para agua caliente sanitaria, y se ha considerado un sistema individualizado con calderas de condensación de gas natural y radiadores convencionales.

- 12 Se han realizado modificaciones en el tamaño de los huecos, se ha considerado protección solar, un fuerte aislamiento térmico de los cerramientos exteriores, se ha aumentado el número de paneles solares para producir agua caliente sanitaria, y se ha considerado un sistema colectivo con dos calderas de condensación de gas natural y radiadores convencionales.
- 13 Se han realizado modificaciones en el tamaño de los huecos, se ha considerado protección solar, un fuerte aislamiento térmico de los cerramientos exteriores, se ha aumentado el número de paneles solares para producir agua caliente sanitaria, y se ha considerado un sistema colectivo con dos calderas de condensación de gas natural y suelo radiante.
- 14 Se han realizado modificaciones en el tamaño de los huecos, se ha considerado protección solar, un fuerte aislamiento térmico de los cerramientos exteriores, de los vidrios de las viviendas y los espacios comunes, de los marcos de las carpinterías, se ha aumentado el número de paneles solares para producir agua caliente sanitaria, y se ha considerado un sistema colectivo con dos calderas de condensación de gas natural y suelo radiante.

Conclusiones técnicas y económicas

Técnicas

De la Tabla Resumen de las propuestas y de la memoria del estudio se puede deducir lo siguiente:

- 1 El proyecto facilitado para el estudio no se ajusta al DB-HE, por ser anterior a la entrada en vigor del CTE. Las medidas necesarias para que el edificio cumpla el documento HE1: Limitación de demanda energética suponen un aumento de presupuesto de un 1,8% (Proyecto base modificado CTE. Propuesta 4).
- 2 Los resultados obtenidos se basan en la aplicación de conjuntos de medidas que abarcan actuaciones constructivas y de diseño. Hay tres variables fundamentales, sobre las que sacar conclusiones importantes:
 - el diseño y orientación del edificio,
 - la envolvente,
 - los sistemas de gestión energética.
- 3 El diseño adaptado a la orientación de las viviendas resulta fundamental para obtener una buena calificación energética.

No se puede alcanzar una calificación energética superior a C sin actuar en el diseño del edificio, limitando la superficie de huecos en la fachada norte y colocando dispositivos de sombra en las orientaciones este, oeste y sur. Si se parte del Edificio Estándar (Propuesta 2) y se introducen los mejores sistemas de gestión energética, tanto individual como colectivo, no se supera la calificación C.

Las viviendas orientadas al sur, con esfuerzos económicos menores, obtienen una mejor calificación que las orientadas al norte.

Las viviendas de orientación este y oeste exigen esfuerzos económicos suplementarios, en la envolvente y en los sistemas, para obtener calificaciones similares a las orientaciones norte y sur. De hecho, aunque el edificio obtenga de forma conjunta una B, las viviendas orientadas al oeste no superan la calificación C en ningún caso.
- 4 La reducción de la transmitancia de la envolvente, en igualdad de condiciones de diseño y sistemas energéticos, supone una importante mejora de la calificación energética.

La mejora de la envolvente del Edificio estándar (Propuesta 2, D(18,7)), hasta valores de 0,30 W/m²K para muros, 0,22 W/m²K para cubiertas y 0,25 W/m²K para suelos (Propuesta 7, C (16,4)) supone una reducción de las emisiones de 2,3 Kg CO₂/m², con un sobrecoste del 0,78%.

Si se parte de la Propuesta 6, C(16,7), con una envolvente que cumple el CTE, y se mejoran las transmitancias hasta alcanzar 0,15 W/m²K en todos los cerramientos exteriores (Propuesta 10) C(14,3)) se reducen las emisiones 2,4 Kg CO₂/m², con un sobrecoste del 2,46%.

- 5 No se puede concluir que la elección de un sistema colectivo o individualizado influya de forma determinante en la calificación energética del edificio, así como en el coste del proyecto.

Los resultados de calificaciones energéticas obtenidos para sistemas individualizados o colectivos son similares (Propuestas 5 y 6, y Propuestas 11 y 12).

La eficiencia de un sistema energético depende de la ocupación, uso y tipología del edificio. Teniendo en cuenta la similitud de los resultados, que el estudio se realiza sobre un edificio concreto y mediante una herramienta determinada, Calener VyP, no se puede generalizar que sea más adecuada una opción u otra.

- 6 La instalación de calderas de condensación en vez de calderas estándar en los sistemas de calefacción, tanto individuales como colectivos, supone una mejora en la calificación energética del edificio.

Tanto en sistemas individualizados (Propuestas 2 y 7) como colectivos (Propuestas 4 y 5) la sustitución de calderas estándar por calderas de condensación mejora de forma clara la calificación energética, con un coste inferior al 0,8% del presupuesto.

- 7 La colocación de un sistema de calefacción por suelo radiante, en igualdad de condiciones de diseño y envolvente, supone una mejora en la calificación energética del edificio.

La colocación de un sistema de suelo radiante influye en la mejora de la calificación energética en todos los casos, aunque será mayor con demandas altas. Esta mejora está entre 0,6 Kg CO₂/m² y 1,2 Kg CO₂/m². El consumo de energía final se reduce en torno al 7%.

- 8 Sin embargo, hay que establecer algunas consideraciones:

- No todas las viviendas del edificio pueden alcanzar una calificación B. Esto subraya la importancia de las condiciones de refrigeración en esta zona climática.
- Algunas medidas implican soluciones constructivas de difícil evaluación económica. Es el caso del aumento del aislamiento térmico en los cerra-

mientos exteriores para conseguir bajas transmitancias, que exigiría cambios en los sistemas constructivos y estructurales.

- 9 No se ha conseguido una calificación energética A, aún aplicando los valores más favorables en los distintos campos de actuación (medidas de diseño, de actuación en la envolvente y de sistemas energéticos) que se han considerado en el estudio.

Para conseguir una calificación A los edificios deben orientarse, desde su concepción arquitectónica y constructiva, a conseguir demandas energéticas muy bajas. El estudio se ha realizado sobre un edificio concreto, con limitaciones en cuanto compacidad, porcentaje de huecos, orientación, sistema constructivo, etc, por lo que la máxima calificación obtenida ha sido una B.

- 10 La eficiencia energética no depende tanto de la inversión económica como de la concepción conjunta y equilibrada de las actuaciones posibles: un diseño que combine y articule compacidad, orientación, porcentaje de huecos, protección solar y aislamiento térmico, junto con sistemas eficientes de producción de calefacción con calderas de condensación, de baja temperatura, sistema de emisión por suelo radiante y combustible gas natural.

Económicas

- 1 En conjunto, una inversión entre un 5% y un 8% adicional (40 - 51 €/m² construido) permite la obtención de una calificación B desde la peor opción posible, la E. La obtención de una calificación B desde la peor opción E supone una reducción de emisiones de 28,6 a 29,9 KgCO₂/m² año y un ahorro de hasta el 76% en el coste del consumo final.
- 2 Obtener una calificación B (10,6 Kg CO₂/m²) desde la calificación D (18,7 Kg CO₂/m²), considerada como el Edificio estándar, implica un aumento del presupuesto del 2,22% (21,6 €/m² construido). La obtención de una calificación B desde el Edificio estándar supone un ahorro del 44% en el coste del consumo final.
- 3 Disminuir la calificación energética del edificio de una D a una E supone:
- un ahorro en el presupuesto en torno al 2,5%, que implica una reducción de la inversión entre 18,5 €/m² y 21,5 €/m².

- un aumento de emisiones en torno a 21 KgCO₂/m² año, y un incremento en el coste del consumo anual en torno al 110% (3,5 €/m²).

- 4 Aumentar la calificación energética del edificio desde una D a una C supone:
- un aumento de presupuesto entre un 0,1% y un 0,5%. La inversión adicional oscila entre 1€/m² y 4€/m².
 - una reducción de emisiones entre 0,6 y 1,8 KgCO₂/m² año, y un ahorro anual en el coste del consumo de hasta el 10% (0,4€/m²).
- 5 Aumentar la calificación energética del edificio desde una C a una B supone:
- un aumento de presupuesto entre un 0,05% y un 2%, en función de las diferentes soluciones. La inversión adicional oscila entre 0,025 €/m² y 18 €/m².
 - una reducción de emisiones entre 3,7 y 6,3 KgCO₂/m² año, y un ahorro anual en el coste del consumo entre el 26% y 38% (0,7-1,2 €/m²).
- 6 Dentro de la calificación B, pasar de B (10,6 KgCO₂/m²) a B (9,3 KgCO₂/m²), que es la calificación más alta, supone:
- un aumento de presupuesto del 1,3%, es decir, un incremento de 11,22 €/m².
 - una reducción de emisiones de 1,3 KgCO₂/m² año, y un ahorro anual del coste en el consumo del 15,6% (0,31 €/m²).

Estos datos, que muestran la relación en cada calificación energética entre la repercusión en coste de ejecución material y ahorro en consumo por vivienda, quedan resumidos en la Tabla 2 (que se encuentra al final del documento), en la que para simplificar y hacer más fácil la comparación, hemos prescindido de las variaciones de CO₂ dentro de cada calificación.

Estos incrementos y decrementos del Presupuesto de Ejecución Material, se diluyen considerablemente cuando se toma como base de referencia el precio final de la vivienda, ya que para la configuración del mismo influyen otros factores económicos como el coste del suelo, los gastos financieros y fiscales, etc. No ocurre así con el ahorro en consumo por vivienda, ya que este es independiente, de la repercusión del coste en Presupuesto de Ejecución Material o en precio.

Hemos diferenciado lo que supondría esta repercusión dependiendo de que la vivienda fuera protegida y por tanto sujeta a un módulo oficial vigente, o libre.

En el supuesto de que dicha vivienda, ya sea libre o protegida, estuviera financiada, la repercusión en la cuota hipotecaria sería la siguiente:

	VIVIENDA PROTEGIDA				VIVIENDA LIBRE			
	E	D	C	B	E	D	C	B
Precio vivienda	120.604 €	123.074 €	123.862 €	125.636 €	274.875 €	277.345 €	278.133 €	279.907 €
Tipo interés anual	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%	2,5%
Plazo amortización préstamo (años)	25	25	25	25	25	25	25	25
Importe préstamo (80% precio)	96.483 €	98.459 €	99.089 €	100.509 €	219.900 €	221.876 €	222.506 €	223.926 €
ANUAL								
Cuota amortización (inversión)	5.237 €	5.344 €	5.378 €	5.455 €	11.935 €	12.043 €	12.077 €	12.154 €
Incremento cuota hipoteca (respecto a E)		107 €	141 €	219 €		107 €	141 €	219 €
Ahorro consumo (respecto a E)		404 €	450 €	572 €		404 €	450 €	572 €
BENEFICIO								
Diferencia incremento cuota y ahorro consumo		-297 €	-308 €	-354 €		-297 €	-308 €	-354 €
RENTABILIDAD sobre la inversión (%)		5,55%	5,73%	6,49%		2,46%	2,55%	2,91%
MENSUAL								
Cuota amortización	436 €	445 €	448 €	455 €	995 €	1.004 €	1.006 €	1.013 €
Incremento cuota hipoteca (respecto a E)		9 €	12 €	18 €		9 €	12 €	18 €
Ahorro consumo (respecto a E)		34 €	37 €	48 €		34 €	37 €	48 €
BENEFICIO								
Incremento cuota - Ahorro consumo		-25 €	-26 €	-29 €		-25 €	-26 €	-29 €
RENTABILIDAD sobre la inversión (%)		5,55%	5,73%	6,49%		2,46%	2,55%	2,91%

Costes construcción y ahorros energía - Estudio precost&E

> TABLA 2. RELACIÓN ENTRE LA REPERCUSIÓN EN COSTE DE EJECUCIÓN MATERIAL Y AHORRO EN CONSUMO POR VIVIENDA <

VIVIENDA LIBRE

	EMISIONES (Kg CO ₂ /m ²)	CALIFICACION DEL EDIFICIO										A
		E	D respecto a E			C respecto a E			B respecto a E			
			BANDA	MEDIA	BANDA	MEDIA	BANDA	MEDIA				
		39,2	18,7	17,9	18,30	16,7	14,3	15,50	10,6	9,3	9,95	
INCREMENTO COSTE	euro / m ² const totales	818,63	0	18,56	26,37	22,46	19,34	39,92	29,63	40,16	51,38	45,77
	incremento relativo coste ej por vivienda tipo	90.008,48 €	0	2.040,56 €	2.899,27 €	2.469,91	2.126,32 €	4.389,09 €	3.257,70	4.415,48 €	5.649,12 €	5.032,30
	%	0%		2,27%	3,22%	2,7%	2,36%	4,88%	3,62%	4,91%	6,28%	5,6%
INCREMENTO PRECIO	euro / m ² const viv	2.500,00	0	2.518,56	2.526,37	2.522,46	2.519,34	2.539,92	2.529,63	2.540,16	2.551,38	2.545,77
	precio viv tipo (sin pk, sin T)	274.875,00 €	0	276.916 €	277.774 €	277.344,91	277.001 €	279.264 €	278.132,70	279.290 €	280.524 €	279.907,30
	%	0%		0,74%	1,05%	0,9%	0,77%	1,60%	1,19%	1,61%	2,06%	1,8%
AHORRO CONSUMO	euro / m ² const viv / año	7,03	0	-3,47	-3,88	-3,68	-3,83	-4,35	-4,09	-5,05	-5,36	-5,21
	decremento relativo consumo por vivienda tipo	773 €	0	-382 €	-427 €	-404,07	-421 €	-478 €	-449,70	-555 €	-589 €	-572,29
	%	0%		-49,36%	-55,19%	-52,3%	-54,48%	-61,88%	-58,18%	-71,83%	-76,24%	-74,0%

Vivienda tipo	
Regimen VPP	VPP-STP
sup util	85,09
sup const viv sin SC	109,95
nº dormitorios	4
garaje	si
trastero	si
modulo viv (euro/m ² u)	1.417,37
modulo plaza y trastero (60% mod)	850,42
precio vivienda (sin pk, sin T)	120.604,01 euros/m ² u
precio vivienda con pk y T	142.689,42 €
PEM	13.623.927,82 €
m ² const tot edif	16.642,33 €
Coste const E/m ² total edif	818,63
m ² const tot viv	14.346,94
PEM tot viv	11.744.850,33
Coste const E/m ² solo viv	818,63 €
Precio m ² const VL (sin pk, sin T)	2.500,00 €
Precio viv tipo (sin pk, sin T)	274.875,00 €

VIVIENDA PROTEGIDA

	EMISIONES (Kg CO ₂ /m ²)	CALIFICACION DEL EDIFICIO										A
		E	D respecto a E			C respecto a E			B respecto a E			
			BANDA	MEDIA	BANDA	MEDIA	BANDA	MEDIA				
		39,2	18,7	17,9	18,30	16,7	14,3	15,50	10,6	9,3	9,95	
INCREMENTO COSTE	euro / m ² const totales	818,63	0	18,56	26,37	22,46	19,34	39,92	29,63	40,16	51,38	45,77
	incremento relativo coste ej por vivienda tipo	90.008,48 €	0	2.040,56 €	2.899,27 €	2.469,91	2.126,32 €	4.389,09 €	3.257,70	4.415,48 €	5.649,12 €	5.032,30
	%	0%		2,27%	3,22%	2,7%	2,36%	4,88%	3,62%	4,91%	6,28%	5,6%
INCREMENTO PRECIO	euro / m ² const viv	1.096,90	0	1.115,46	1.123,27	1.119,36	1.116,24	1.136,82	1.126,53	1.137,06	1.148,28	1.142,67
	precio viv tipo (sin pk, sin T)	120.604,01 €	0	122.645 €	123.503 €	123.073,93	122.730 €	124.993 €	123.861,72	125.019 €	126.253 €	125.636,31
	%	0%		1,69%	2,40%	2,0%	1,76%	3,64%	2,70%	3,66%	4,68%	4,2%
AHORRO CONSUMO	euro / m ² const viv / año	7,03	0	-3,47	-3,88	-3,68	-3,83	-4,35	-4,09	-5,05	-5,36	-5,21
	decremento relativo consumo por vivienda tipo	773 €	0	-382 €	-427 €	-404,07	-421 €	-478 €	-449,70	-555 €	-589 €	-572,29
	%	0%		-49,36%	-55,19%	-52,3%	-54,48%	-61,88%	-58,18%	-71,83%	-76,24%	-74,0%

Vivienda tipo	
Regimen VPP	VPP-STP
sup util	85,09
sup const viv sin SC	109,95
nº dormitorios	4
garaje	si
trastero	si
modulo viv (euro/m ² u)	1.417,37
modulo plaza y trastero (60% mod)	850,42
precio vivienda (sin pk, sin T)	120.604,01 euros/m ² u
precio vivienda con pk y T	142.689,42 €
PEM	13.623.927,82 €
m ² const tot edif	16.642,33 €
Coste const E/m ² total edif	818,63
m ² const tot viv	14.346,94
PEM tot viv	11.744.850,33
Coste const E/m ² solo viv	818,63 €
Precio m ² const VL (sin pk, sin T)	2.500,00 €
Precio viv tipo (sin pk, sin T)	274.875,00 €