

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

PRECOST&E

FASE 1

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID (UPM)
Departamento de Construcción y Vías Rurales

PROMOTORES:
FUNDACIÓN ASPRIMA
GAS NATURAL
UPONOR
URSA-PLADUR

Diciembre 2009

ÍNDICE

01_ ANTECEDENTES	03
1.01 Promotores del estudio	
1.02 Objetivo del estudio	
1.03 Fase I: Desarrollo completo del programa para vivienda pública en bloque, en una única zona climática	
1.04 Selección del edificio	
1.05 Estudio de la documentación	
02_ METODOLOGÍA	09
2.01 Esquema general del procedimiento	09
2.01.1 Se aplican al edificio las medidas para el cumplimiento del DB-HE	
2.01.2 El edificio, con las mejoras introducidas desde el punto de vista energético, se evalúa mediante el Procedimiento Simplificado.	
2.01.3 Elaboración de propuestas, mediante combinación de alternativas, para la consecución de las diferentes calificaciones.	
2.01.4 Aplicación de <i>Calener VyP</i> a las conclusiones obtenidas con el procedimiento simplificado.	
2.01.5 Presupuesto individualizado de cada propuesta.	
2.01.6 Elaboración de conclusiones.	
2.02 Medidas necesarias para el cumplimiento del DB-HE en lo que se refiere a eficiencia energética	12
2.02.1 Energía solar térmica	
2.02.2 Envoltente general según DB-HE para zona climática D3	
2.02.3 Cerramientos Verticales	
2.02.4 Cubiertas	
2.02.5 Cerramientos Horizontales	
2.02.6 Vidrios, Carpinterías y protecciones solares	
2.02.7 Valoración económica	
2.03 Aplicación del Procedimiento Ce2 Simplificado	19
2.03.1 Diseño	
2.03.2 Actuaciones en la envoltente	
2.03.3 Sistemas y gestión energética	
2.03.4 Conclusiones de la aplicación del procedimiento simplificado	
2.04 Descripción de las propuestas para la mejora de la calificación energética	26

PRECOST&E. FASE I

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

03_VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS.....46

- 3.01 Cuadro de superficies y presupuesto del proyecto original**
- 3.02 Criterios para la aplicación de precios y cálculo de presupuestos**
- 3.03 Presupuesto del proyecto modificado para el cumplimiento del documento HE1: Limitación de demanda energética, del DB-HE**
- 3.04 Modificaciones para la obtención de los presupuestos de las diferentes propuestas**
- 3.05 Presupuestos de las propuestas**

04_CONCLUSIONES.....59

- 4.01 Tabla resumen**
- 4.02 Conclusiones**
 - 4.02.1 Hipótesis previa de trabajo
 - 4.02.2 Conclusiones generales sobre el procedimiento
 - 4.02.3 Conclusiones por propuesta
 - 4.02.4 Conclusiones específicas sobre el edificio considerado

1_ ANTECEDENTES.

1.01 PROMOTORES DEL ESTUDIO.

Este estudio da respuesta al Convenio de colaboración suscrito con fecha 15 de mayo de 2009, entre los promotores del estudio, la Fundación Asprima, Gas Natural, Uponor y Ursa-Pladur, y el Departamento de Construcción y Vías Rurales de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM-DCVR).

El equipo investigador está formado por Justo García Navarro (Dr. Arquitecto), María Jesús González Díaz (Arquitecta), Ana Gómez Cuesta (Arquitecta), Marta Valdivieso Rodríguez (Arquitecta) y Clara Sánchez Valdivielso (Licenciada en Ciencias Ambientales).

1.02 OBJETIVO 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 Clase energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes.

El estudio objeto del convenio se centra en la incidencia que esta calificación energética tiene en el coste de ejecución de un edificio, y en evaluar la inversión económica necesaria para mejorar la calificación.

Se pretende, en definitiva, analizar la repercusión económica que supone la implementación de medidas constructivas que permitan obtener las diferentes categorías energéticas previstas A, B, C, D y E (las admitidas por el Código Técnico de los Edificios, CTE), en comparación con las prestaciones y beneficios que se obtienen con cada una de ellas.

1.03 FASE I: DESARROLLO COMPLETO DEL PROGRAMA PARA VIVIENDA PÚBLICA EN BLOQUE, EN UNA ÚNICA ZONA CLIMÁTICA.

El estudio completo se estructura en una serie de fases consecutivas. La primera fase se desarrollará para la tipología de vivienda pública en bloque en una determinada zona climática, a ampliar el análisis a las otras cuatro zonas climáticas definidas por el CTE .

PRECOST&E. FASE I

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

Los resultados de esta primera fase, "*Desarrollo completo del programa para vivienda pública en bloque, en una única zona climática*", son los que se presentan y desarrollan en este documento.

Para la realización del trabajo se consideró la idoneidad de utilizar un caso real como modelo sobre el que realizar el estudio, con el objetivo posterior de generalizarlo. Había de ser un edificio terminado, con proyecto ajustado a las exigencias del *Documento Básico HE Ahorro de Energía (DB-HE)* y a ser posible en uso. Los condicionantes eran, por tanto: edificio de vivienda pública, 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 comunes de esta tipología.

Por mediación de Asprima, la Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid (EMVS) puso a disposición del equipo investigador las últimas intervenciones realizadas en Madrid para que se seleccionara la más adecuada. Sobre todas ellas se habían aplicado ya las herramientas para la certificación energética.

1.04 SELECCIÓN DEL EDIFICIO.

Tras evaluar las alternativas, el equipo investigador seleccionó como caso de estudio el bloque de viviendas Vallecas 08, promovido en Madrid por la EMVS y en uso desde agosto de 2008.



El proyecto seleccionado es 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. Ensanche 8 del Plan Parcial UZP 1.03. C/ Almonte nº 1, 3, 5 y 7, en Madrid.

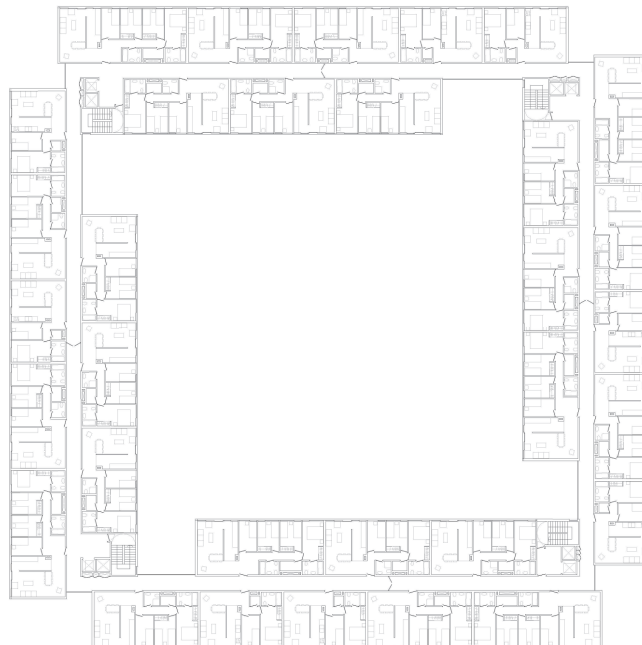
Consta de una planta bajo rasante destinada a garaje-aparcamiento y trasteros; una planta baja destinada a portales, local comercial y soportales; y 5 plantas destinadas a viviendas.

PRECOST&E. FASE I

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

En la cubierta se encuentran instalaciones. Tiene forma de anillo cerrado, de forma cuadrada en manzana cerrada, con un corredor central a cuyos lados se distribuyen las viviendas. Hay siete tipologías de viviendas, de 2, 3, 4 y 5 dormitorios. El proyecto propone la idea de la modulación y de la de creación de espacios comunes ajardinados que finalmente no se llevaron a cabo. Textualmente se lee en la memoria: *“La disposición modular de viviendas nos permite la apertura de grandes vacíos en fachadas que permiten recrear espacios urbanos públicos en grandes terrazas ajardinadas conectadas con la galería”*.

Todas las viviendas tienen una distribución similar, con sus dependencias con luces y ventilación a una única fachada, en una sola crujía. A su vez, estas viviendas se colocan a ambos lados del corredor central, en los cuatro lados del anillo.



Planta tipo

La estructura del edificio es enormemente potente, apoyándose cada una de los cuatro lados o alas del edificio en dos pilares, dejando diáfana y totalmente libre la comunicación entre la calle y el patio de manzana, lo que es uno de los aciertos del proyecto.

La superficie útil de las viviendas varía de 55,92 a 102,9 m², según el número de 2, 3, 4 o 5 dormitorios. La superficie total construida es de 14.346,74 m². Su presupuesto de ejecución material (PEM), a fecha de diciembre de 2007, fue de 13.735.111,01 euros.

Posee energía solar térmica para producción del 71,45% de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS), garantizándose el resto de la demanda y la del sistema de calefacción por

PRECOST&E. FASE I

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

radiadores con un sistema centralizado de dos calderas, una de ellas de condensación, para combustible gas natural. En un principio, parece establecerse en proyecto una cobertura de la demanda del 75%, que según la medición se disminuye por alguna razón que se desconoce.

La EMVS en su "Pliego de condiciones técnicas para instalaciones de alta eficiencia energética y energías renovables", aplicable de forma general a sus obras, exige "calderas de condensación (como mínimo de rendimiento 108%), con funcionamiento totalmente individualizado por viviendas con medición individualizada. El sistema de emisión será con paneles, con modulación y fraccionamiento de potencia de 25%, y temperaturas máximas de impulsión de ida a 64 °C y retorno a 52°C." El proyecto incluyó una caldera de condensación y otra de tipo convencional.

El proyecto es anterior al DB-HE . En el estudio promovido por la propia EMVS titulado "Calificación energética de promociones de tipologías de viviendas significativas de la EMVS y definición de las directrices técnicas a considerar en futuras actuaciones, y adecuación a las condiciones energéticas del CTE", realizado por ALIA, Arquitectura, Energía y Medio Ambiente S.L. y Aguasol Ingeniería, se establece que el proyecto no cumple con las exigencias recogidas en el programa informático *Lider*. Sin embargo, aplicada la herramienta *Calener Vyp*, el edificio acredita una calificación energética C.

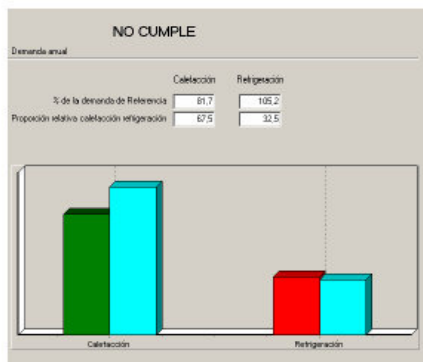


Imagen 2-31. Imagen LIDER relativa al cumplimiento de la normativa para el edificio analizado

Figura 1: Imagen Lider relativa al cumplimiento de la normativa del edificio Vallecas 8

Fuente: "Calificación energética de promociones de tipologías de viviendas significativas de la EMVS y definición de las directrices técnicas a considerar en futuras actuaciones, y adecuación a las condiciones energéticas del CTE"

Es decir, el edificio elegido posee unas características que le hacen especialmente interesante para este estudio, por las razones siguientes:

- El mismo tipo de vivienda se plantea para las cuatro orientaciones, de forma que la distribución y la envolvente no tienen diferenciación alguna en función de la

PRECOST&E. FASE I

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

fachada en la que se sitúan, o de que sean exteriores (a calle) o interiores (a patio de manzana). Por ello el estudio puede matizar la influencia de éstas en la consecución de las calificaciones energéticas, y obtener conclusiones diferenciadas.

- Permite evaluar las especificaciones del diseño de forma concreta y paramétrica, no sólo teórica.
- Facilita el estudio de la variación del presupuesto para conseguir las diferentes calificaciones energéticas en función de las orientaciones.
- Permite 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.
- El edificio parte de una situación muy peculiar (sin cumplimiento del DB-HE pero con una calificación energética C). Este trabajo de investigación permitirá establecer las posibilidades y condiciones necesarias para mejorar aún más esta situación de partida.

Se adjunta entre la documentación del proyecto la descripción completa del Proyecto de Ejecución.

1.05 ESTUDIO DE LA DOCUMENTACIÓN.

Una vez seleccionado el edificio sobre el que se ha realizado el estudio, se procedió al análisis la documentación disponible, siendo necesario hacer constar lo siguiente:

Memorias, es decir, memoria descriptiva, memoria constructiva, memoria de las diferentes instalaciones.

A lo largo del presente trabajo de investigación se han realizado ajustes entre la información consultada y el proyecto ejecutado. Entre otras, es significativa la modificación de cubierta, proyectada como cubierta vegetal, pero realizada finalmente de forma convencional.

Planos, incluidos plantas, alzados, secciones, y detalles constructivos.

Varios detalles constructivos han sido complementados y suplementados en el presente trabajo por el equipo investigador para poder ser evaluados con más exactitud en sus características energéticas, especialmente en detalles de aislamiento de plantas bajas y forjados volados.

Por otra parte, se han realizado también ajustes entre lo ejecutado en obra y lo recogido en la documentación gráfica del proyecto.

PRECOST&E. FASE I

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

Mediciones. Se dispone de mediciones por capítulos y por unidades de obra, en formato de hoja de cálculo, en la misma documentación que el presupuesto. Las mediciones se encuentran distribuidas en 27 capítulos, con un total de 261 unidades de obra.

Presupuesto. Se dispone de presupuesto de ejecución material completo, con precios unitarios por unidades de obra y descompuestos, con precios de contrata a fecha de diciembre de 2007, en formato de hoja de cálculo. Este presupuesto se ha considerado como el presupuesto real de la obra en su fecha.

Otra documentación. No se dispone de documentación de obra, como detalles, definición de las modificaciones o fotos de detalles de obra.

Tras el análisis detallado de la documentación relacionada se comprobó que la información disponible no era completa en algunos aspectos, constatándose diferencias entre la documentación y la realidad del edificio terminado. No obstante, esta documentación facilitada por la EMVS y por el propio equipo redactor del proyecto sí que resultó suficiente para la realización del estudio, pues los detalles necesarios para la completa definición del edificio, en sus aspectos energéticos, han sido suplementados por el equipo investigador.

Se han realizado visitas al edificio, realizándose un reportaje fotográfico del edificio en su momento actual. Algunas de estas imágenes ilustran el presente documento.

La EMVS facilitó asimismo los estudios *“Calificación energética de promociones de tipologías de viviendas significativas de la EMVS y definición de las directrices técnicas a considerar en futuras actuaciones, y adecuación a las condiciones energéticas del CTE”,* y *“Análisis y diseño de las instalaciones de calefacción y ACS con energía solar térmica para promociones de viviendas sociales ejecutadas por la EMVS”,* en los que se argumenta la calificación energética C obtenida para el edificio mediante una evaluación por Calener VyP. También se facilitó otro documento complementario al anterior, denominado *“Informe comparativo sobre las diferencias de los sistemas de Alta Eficiencia Energética con Energías Renovables utilizados por la EMVS e sus promociones de viviendas, con los prescritos o exigidos tanto por el Ayuntamiento de Madrid como por el resto de la Normativa Vigente”,* realizado en noviembre de 2008.

02_METODOLOGÍA.

2.01 ESQUEMA GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.

Como ya se ha comentado, 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 VvP*. 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 pasos siguientes:

2.01.1 Se aplican al edificio las medidas para el cumplimiento del DB-HE.

Se estudia el proyecto y se desarrollan, describen, evalúan y presupuestan las medidas necesarias para que el edificio cumpla el *Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE)* del CTE. Estas actuaciones se describen en el apartado 2.02. Otras normativas no han sido consideradas como, por ejemplo, el *Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HR* .

El edificio, con las mismas características que posee, pero con las medidas ya adoptadas para que además cumpla con las exigencias energéticas, es definido como "Propuesta 7" en el cuadro de resumen de conclusiones, y supone el "proyecto-base" sobre el que realizar comparaciones.

2.01.2 El edificio, con las mejoras introducidas desde el punto de vista energético, se evalúa mediante el Procedimiento Simplificado.

Se evalúa el edificio mediante el *Procedimiento Ce2 Simplificado para viviendas*, y se realiza un estudio de las medidas que permiten variar su comportamiento energético y así alcanzar las diferentes calificaciones energéticas, tanto superiores como inferiores.

La operatividad de este procedimiento simplificado permite establecer, de una forma relativamente ágil, los límites o cambios de magnitud suficiente y necesaria en las variables para alcanzar las diferentes calificaciones. De esta forma, se acudirá a la aplicación de la herramienta posterior, el *Calener VvP*, de proceso mucho más complejo y trabajoso, con ciertas garantías de obtener diferentes calificaciones.

2.01.3 Elaboración de propuestas, mediante combinación de alternativas, para la consecución de las diferentes calificaciones.

Con las conclusiones de los casos estudiados con el *Procedimiento Simplificado* se establecen varias propuestas, hasta un total de catorce. Estas propuestas se definen por una combinación selectiva de medidas, ya experimentadas a través del Procedimiento

PRECOST&E. FASE I

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

Simplificado, cuyos resultados se prevén susceptibles de obtener mejoras adecuadas hasta conseguir el cambio de calificación.

Las variables o alternativas se agrupan en tres categorías de medidas:

- actuaciones en el diseño del edificio
- actuaciones en la envolvente
- actuaciones en los sistemas energéticos

Puesto que se parte de una calificación C, según el estudio facilitado que se cita en el apartado 1.05.5 *Otra documentación*, algunas de las propuestas que se proponen describen una situación menos privilegiada desde el punto de vista energético que la existente, ya que el objetivo del trabajo es evaluar económicamente la diferencia entre todas las calificaciones, ya sean superiores o inferiores a la que el edificio posee en la actualidad.

Se han descartado medidas que interfieran en aspectos muy generales e importantes del edificio, como su sistema estructura general y situación en el solar, volumetría, disposición y distribución de las viviendas, o aquellas ajenas a las características comunes de las VPO, por considerar que se apartaría de los objetivos del estudio.

No se han recalculado los sistemas energéticos en función de las variaciones de las demandas, por lo que hay que tener en cuenta a la hora de la valoración de los resultados, que se puede producir un sobre dimensionamiento del sistema cuando las demandas disminuyen.

2.01.4 Aplicación de *Calener VyP* a las conclusiones obtenidas con el procedimiento simplificado.

Mediante la combinación de las variables o alternativas seleccionadas a través de estas actuaciones previas se describen catorce escenarios o situaciones que, en un principio, se presupone pueden ofrecer diferentes calificaciones energéticas. Estos catorce escenarios se llamarán en adelante "propuestas", que se numerarán de la *Propuesta 1* (la más desfavorable desde el punto de vista energético) a la *Propuesta 14* (la óptima desde ese mismo punto de vista). Dentro de éstas, el edificio actual, con las mismas características que posee, pero con las medidas ya adoptadas para que además cumpla con las exigencias energéticas del DB-HE, es definido como *Propuesta 4*.

Con el *Calener VyP*, el método oficial más fiable que actualmente permite establecer la calificación energética, se analizan las catorce propuestas. Se ha utilizado la versión 01/07/09 del programa, vigente durante la realización del estudio.

Se comprueba la posibilidad de alcanzar las cinco categorías admisibles, en función de la implementación de las distintas alternativas o medidas y su combinación. A su vez se

estudiarán las diferentes orientaciones de forma individualizada (Norte, Sur, Este y Oeste), en virtud de las especiales características volumétricas y espaciales del edificio. Recordemos que el edificio presenta volúmenes completos de viviendas con una única orientación (una de las razones de la selección del edificio). La herramienta citada, *Calener VYP*, está preparada para la evaluación de edificios de completos, es decir, del volumen completo del edificio (bloque), considerado de forma homogénea y global. No prevé el estudio por unidades independientes, por viviendas, por zonas, etc. Sin embargo, sí es posible seleccionar dentro de la herramienta, espacios individuales coincidentes con estos volúmenes de viviendas de orientación única, y establecer conclusiones por espacios individualizados. Es de esta forma como se ha utilizado, con el objetivo de extraer más información sobre las posibilidades del edificio en función de las diferentes orientaciones.

2.01. 5 Presupuesto individualizado de cada propuesta.

Las catorce propuestas estudiadas mediante las que se alcanzan las diferentes calificaciones energéticas se calculan y analizan, obteniéndose un presupuesto para cada una de ellas. Estos presupuestos se calculan a través del mismo método y aplicación de bases de precios unitarios, y utilizando los mismos criterios para la distribución y criterios de medición empleados en el proyecto original. Los precios se han hecho corresponder a la misma fecha de diciembre de 2007 en la que se data el presupuesto original.

2.01.6 Elaboración de conclusiones.

Los resultados del trabajo se presentan en forma de un cuadro de doble entrada, en el que se describen, por una parte, las calificaciones obtenidas y su presupuesto, y por otra las variables y alternativas mediante las cuales se ha llegado a las diferentes calificaciones.

Sigue a este cuadro la interpretación de los resultados, tanto en relación con el edificio estudiado como con generalizaciones derivadas de lo anterior, y finalmente conclusiones sobre el proceso y método de cálculo, interpretación ésta muy importante para mejorar futuros procedimientos.

Se desarrolla un análisis de los aspectos económicos más relevantes en cada calificación energética; el reflejo económico de posibles cambios de categoría, en función de las variables seleccionadas; indicaciones y criterios mínimos necesarios para alcanzar las diferentes categorías y la relación de criterios de mejora individual y colectivos. El estudio económico de reversión de inversiones, tanto para el promotor como para el usuario, en el caso de este último en función de los consumos previsibles, se adjuntará como anexo a este documento.

2.02 MEDIDAS NECESARIAS PARA EL CUMPLIMIENTO DEL DB-HE EN LO QUE SE REFIERE A EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Como ya se ha comentado anteriormente, el edificio fue proyectado anteriormente a la entrada en vigor del CTE , por lo que, tal y como se desarrolla en la documentación y como se ha ejecutado en obra, ha sido necesario que el equipo investigador haya ajustado algunos aspectos para que cumpla el DB-HE.

Se describe a continuación el análisis en el que se detallan las medidas que se han implementado para su cumplimiento en lo que se refiere a eficiencia energética.

2.02.1 Energía solar térmica.

Según la memoria del proyecto, el ahorro anual de energía para agua caliente sanitaria es de 75,9% para una superficie de captación de 299 m². Según el presupuesto final de obra, la superficie de captación es de 266,98 m² por lo que se ha calculado la aportación de la energía solar para el ahorro anual de agua caliente sanitaria reducida al 71,45%.

El DB-HE establece un porcentaje energético anual de contribución solar en función de la demanda del edificio de agua caliente sanitaria en litros por día y de la zona climática donde esté emplazado. El edificio sobre el que se realiza el estudio tiene una demanda de 13.024 litros/día y se encuentra en la zona climática III, luego el porcentaje de contribución solar mínima tanto si la fuente energética de apoyo es por efecto Joule o no, es del 70%.

Es decir, el proyecto cumple con la exigencia del DB-HE para producción de ACS con energía solar térmica, superándola en un 1,45%.

2.02.2 Envoltente general según DB-HE para zona climática D3.

El equipo investigador ha realizado cambios o ha complementado la definición del proyecto original. Las razones han sido las siguientes:

- los cerramientos no estaban suficientemente detallados en proyecto o existen contradicciones entre diferentes documentos (memoria, planos y presupuesto);
- a pesar de estar definidas en proyecto, las características de la envolvente, una vez detalladas según mediciones y presupuesto, son insuficientes con respecto a las exigencias del DB-HE . Para realizar la calificación energética simplificada es necesario que el proyecto cumpla el DB-HE del CTE, por lo que se han realizado los cambios mínimos para que así sea. Así, en la memoria del proyecto original se lee textualmente: *"Los coeficientes K de transmisión térmica de los cerramientos no serán mayores de: 1.30 Kcal/m²°C en cerramientos exteriores y*

PRECOST&E. FASE I

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

cubiertas, 5 Kcal/m²°C en carpinterías exteriores. El coeficiente K de los puentes térmicos no será mayor del elemento al que corresponde multiplicado por 1.20"

Sin embargo, las transmitancias máximas para la zona climática D3 según el DB-HE son las siguientes:

- muros de fachada: $U_{max} = 0.86 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- suelos: $U_{max} = 0.64 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- cubiertas: $U_{max} = 0.49 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- vidrios y marcos: $U_{max} = 3.50 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- medianerías: $U_{max} = 1.00 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- particiones interiores (viviendas/ zonas no calefactadas): $U_{max} = 1.20 \text{ W/ m}^2\text{K}$

Siendo las transmitancias medias máximas para dicha zona climática D3:

- muros de fachada: $UM_{max} = 0.66 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- suelos: $UM_{max} = 0.49 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- cubiertas: $UM_{max} = 0.38 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- vidrios y marcos: $UM_{max} = 3.50 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- medianerías: $UM_{max} = 1.00 \text{ W/ m}^2\text{K}$
- particiones interiores (viviendas/zonas no calefactadas): $UM_{max} = 1.20 \text{ W/ m}^2\text{K}$

Debido a esta diferencia de criterio entre el proyecto y la normativa posterior del CTE, el equipo investigador ha definido una situación para la evaluación energética basada en la hipótesis de una envolvente acorde con las nuevas exigencias. A continuación se detallan pues los cerramientos que se han considerado para cumplir los requisitos del DB-HE. Hay que señalar que las modificaciones que se han introducido se han realizado utilizando los mismos materiales y sistemas constructivos del proyecto original, hasta donde esto ha sido posible.

2.02.3 Cerramientos Verticales.

Cerramiento exterior panel de hormigón ($U = 0.65 \text{ W/m}^2\text{K}$)

- Panel prefabricado de hormigón armado HA-25 blanco 100 mm
- Aislamiento espuma poliuretano 35 Kg/m³ de 30 mm
- Barrera de vapor
- Placa de yeso laminado trasdós 40/13

Definido en la memoria: "*paneles prefabricados de hormigón armado, aislamiento de espuma de poliuretano proyectado en su cara interior y doblado con planchas de "pladur" sobre estructura metálica*". Se han considerado los datos del presupuesto de obra. Hay algunos cambios respecto al detalle en plano, en el que los paneles son de 8 cm y el aislamiento de 30-35 mm.

PRECOST&E. FASE I

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

Cerramiento exterior chapa minionda (U= 0.63 W/m²K)

- Chapa perfilada minionda lacada
- Fábrica de ladrillo macizo tosco de ½ pie
- Aislamiento espuma poliuretano 35 Kg/m³ de 30 mm
- Barrera de vapor
- Placa de yeso laminado trasdós 40/13

Este cerramiento se encuentra en las terrazas comunes, en las fachadas laterales, fachadas interiores en la zona de escalera y también en los portales.

No aparece el cerramiento en el detalle constructivo, pero sí una descripción en la memoria constructiva: "*chapas perfiladas de tipo "minionda", lacadas y atornilladas a estructura metálica de rastreles de acero galvanizado. En estos casos el trasdosado se realizará con fabricas de ladrillo de un medio pie de espesor*"

Cerramiento exterior muro hormigón (U= 0.66 W/m²K)

- Muro cercha de hormigón armado HA-30 espesor 30 cm
- Aislamiento espuma poliuretano 35 Kg/m³ de 30 mm
- Barrera de vapor
- Placa de yeso laminado trasdós 13

El muro de hormigón de 30 cm tiene una U= 3.33 W/m²K, por lo que no cumple el DB-HE. El equipo investigador ha optado por aislar y trasdosar como en los otros cerramientos.

Cerramiento exterior chapa carpinterías (U= 0.63 W/m²K)

- Chapa de aluminio
- Aislamiento espuma poliuretano 35 Kg/m³ de 40 mm
- Chapa de aluminio

Según detalle de sección constructiva.

Cerramiento interior muro de hormigón (U= 0.92 W/m²K)

- Muro cercha de hormigón armado HA-30 espesor 30 cm
- Aislamiento lana mineral de 30 mm
- Placa de yeso laminado trasdós 13

Cerramiento interior muro entre viviendas (U= 0.41 W/m²K)

- Placa de yeso laminado fibra de vidrio 13/90/13

En resumen: se han mejorado los aislamientos en los cerramientos exteriores, y en el muro de cerramiento de vivienda con respecto a las zonas comunes.

PRECOST&E. FASE I

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

2.02.4 Cubiertas.

Cubierta no transitable grava (U= 0.38 W/m²K)

- Grava 20/40 100-150 mm
- Aislamiento planchas de poliestireno extruido machihembradas 60 mm
- Lámina impermeabilizante asfáltica
- Lámina asfáltica
- Imprimación asfáltica
- Mortero de regularización
- Hormigón celular de pendiente
- Losa de hormigón armado 30 cm
- Falso techo de escayola lisa

En la memoria: *"Toda la cubierta dispone de impermeabilización bituminosa, aislamiento y protección pesada de grava separada del resto mediante una manta geotextil"*. Se han tomado los datos del presupuesto de obra, que coinciden con el detalle del plano. Para que cumpliera con el DB-HE se ha aumentado a 6 cm el aislamiento.

Cubierta terraza transitable (U= 0.34 W/m²K)

- Solado de gres 25x25 esmaltado
- Mortero de cemento
- Geotextil 150gr/m²
- Aislamiento planchas poliestireno extruido machihembradas 40 mm
- Lámina impermeabilizante asfáltica
- Lámina asfáltica
- Imprimación asfáltica
- Mortero de regularización
- Hormigón celular de pendiente
- Forjado in situ HA-25 30+7, porexpan I
- Falso techo de escayola lisa

En las secciones constructivas la cubierta es con losa Filtrón. Se toma como referencia el presupuesto de obra, y se añade el aislamiento de 4 cm para que cumpla el DB-HE . Se supone un solado de gres para calcular la transmitancia, porque no se ha encontrado en el presupuesto el que se ha colocado finalmente.

2.02.5 Cerramientos Horizontales.

Se cita de la memoria del proyecto: "El forjado de plantas 1 a 4 es unidireccional ejecutado in situ y aligerado con bloques de poliestireno", y también en sección constructiva aparece el forjado. Las plantas 5 y 6 son losas de 30 cm, según presupuesto.

PRECOST&E. FASE I

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

Los solados se consideran según su definición en el presupuesto. La lámina anti impacto y aislamiento térmico aparecen en la sección constructiva, pero sin especificar, y en la memoria *"En falso techo de soportales y aterrizados (forjados y losas) se recurrirá a soluciones de aislamiento dispuestas debajo de los materiales de solado"*.

En forjados entre viviendas el equipo investigador ha propuesto colocar una lámina anti impacto, y en los que están en contacto con el exterior la lámina anti impacto y aislamiento térmico. Sin embargo, aunque se ha realizado la adaptación del proyecto al DB-HE no se han llevado a cabo las modificaciones necesarias para el cumplimiento del DB-HR (Documento básico de protección frente al ruido), por no ser objeto de estudio. No se ha valorado, por tanto, que en el suelo radiante el conjunto plancha aislante-mortero de cemento se comporta como un suelo flotante, aportando al conjunto del forjado una reducción de ruido de impacto, de manera que ayuda a cumplir con las exigencias del CTE en cuanto a reducción de ruido en la edificación.

Forjado entre viviendas (U= 0.72 W/m²K)

- Solado laminado de cerezo
- Lámina anti impacto
- Mortero de nivelación
- Forjado in situ HA-25 30+7, porexpan I
- Falso techo de escayola lisa

Forjado entre pasillos (U= 0.77 W/m²K)

- Pavimento prefabricado PVC
- Lámina anti impacto
- Mortero de nivelación
- Forjado in situ HA-25 30+7, porexpan I
- Chapa perforada

Forjado P1 en contacto con el exterior (U= 0.45 W/m²K)

- Solado laminado de cerezo
- Lámina anti impacto
- Mortero de nivelación
- Aislamiento planchas de poliestireno extruido 2.5 cm
- Forjado in situ HA-25 30+7, porexpan I
- Cámara de aire de 10 cm
- Falso techo de placas de escayola endurecida lisa

Forjado losa con exterior (U= 0.43 W/m²K)

- Solado laminado de cerezo
- Lámina anti impacto
- Mortero de nivelación

PRECOST&E. FASE I

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

- Aislamiento planchas de poliestireno extruido 6 cm
- Losa de hormigón armado de 30 cm de espesor

En resumen: se ha aumentado el aislamiento con las planchas señaladas en todos los forjados en contacto con el exterior, como zonas voladas y planta primera.

2.02.6 Vidrios, Carpinterías y protecciones solares.

En la memoria *"Los acristalamientos exteriores de las viviendas serán dobles. Los acristalamientos de los espacios comunes serán sencillos. En todos los casos, los situados en zonas de defensa llevarán un vidrio de seguridad en su hoja interior mínimo 3+3"*

Se ha considerado un 25% de marco en los huecos. La ventana de aluminio lacado con rotura de puente térmico de más de 12 mm: $U = 3.20 \text{ W/m}^2\text{K}$, y absorptividad = 0.70.

El elevado porcentaje de huecos en todas las fachadas genera demandas en refrigeración notablemente superiores a las del edificio de referencia según el método utilizado. Para reducirlas, sin aumentar la demanda en calefacción, es necesario actuar sólo en época estival. Para ello se introduce un coeficiente de corrección por dispositivo de sombra estacional y se cambia el Corrector del Factor Solar en verano de todos los huecos con orientación oeste.

Es importante señalar que el edificio original no posee ningún tipo de persiana, tan sólo estores de tela en los dormitorios, por lo que la colocación de éstas ha sido una de las medidas adoptadas en este trabajo para dar cumplimiento del DB-HE .

La herramienta Lider (utilizada para comprobar el cumplimiento del DB-HE) supone que las ventanas están provistas de dispositivos del tipo "persiana de oscurecimiento", para las cuales se considera un determinado horario de funcionamiento, y por lo tanto, un efecto en el flujo de transmisión a través de la ventana y en la radiación entrante.

El porcentaje de cobertura que el equipo investigador ha considerado para la aplicación en el Lider es del 30%, lo que se puede entender como que el 30% de las ventanas tienen las persianas bajadas, o que todas las ventanas tienen las persianas bajadas un 30%.

En este caso, vamos a considerar un porcentaje de cobertura del 50% en las fachadas con orientación oeste.

Sólo con este cambio no cumple el HE1 porque, aunque se reduce notablemente la demanda de refrigeración, la demanda de calefacción sigue siendo mayor que la del edificio de referencia. Para solucionarlo, el equipo investigador propone mejorar la transmitancia en los vidrios orientados al norte.

Los vidrios finalmente seleccionados para cada orientación se detallan a continuación:

PRECOST&E. FASE I

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

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 $U = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Este: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,75$

(Características extraídas de la biblioteca de materiales del *Lider*)

2.02.7 Valoración económica.

Todas las medidas empleadas para que el edificio de estudio complete su envolvente para cumplir el DB-HE han sido valoradas. En resumen, consisten en una mejora de aislamiento térmico o su introducción cuando no lo había, en función de las diferentes superficies envolventes del edificio; diferentes calidades de los vidrios en función de las orientaciones; y colocación de persianas.

El presupuesto de ejecución material del edificio, original de 13.735.111,01 euros, tras las medidas adoptadas para el cumplimiento del DB-HE asciende a 13.981.907,67 euros.

El aumento del presupuesto en el edificio para el cumplimiento del CTE (DB-HE) ha sido por tanto de 1,8 %.

2.03 APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO CE2 SIMPLIFICADO.

Sobre el proyecto original del edificio, una vez modificado para que cumpla el DB-HE , se ha aplicado el *Procedimiento Ce2 Simplificado*, con los siguientes resultados:

El proyecto base, que cumple el DB-HE , obtiene la calificación energética D:

- Calefacción: IEE_{dc}= 1.22, IEE_{sc}= 0.79
- Refrigeración: IEE_{dr}= 1.85, IEE_{sr}= 1.07
- ACS: IEE_{dacs}= 0.571, IEE_{sacs}= 0.54
- Global: IEE_g= 1,03 (D)

Donde:

IEE_{dc}: indicador de eficiencia energética de la demanda de calefacción

IEE_{sc}: indicador de eficiencia energética de los sistemas de calefacción

IEE_{dr}: indicador de eficiencia energética de la demanda de refrigeración

IEE_{sr}: indicador de eficiencia energética de los sistemas de refrigeración

IEE_{dacs}: indicador de eficiencia energética de la demanda de ACS

IEE_{sacs}: indicador de eficiencia energética de los sistemas de ACS

IEE_g: indicador de eficiencia energética global

Como se menciona en el apartado *1.04 Selección del edificio*, el proyecto original, evaluado con *Calener VyP* y sin cumplir el DB-HE, obtuvo una calificación C, según los informes aportados por la EMVS. Sin embargo, aplicando el método simplificado, el mismo edificio, con los mismos sistemas energéticos y mejorado para cumplir el DB-HE, obtiene una calificación D. Esta diferencia simplemente refleja que los métodos simplificados son más conservadores, al tener que garantizar una mayor seguridad.

Teniendo como referencia el edificio modificado para cumplir el DB-HE, se analizan individualmente las diferentes medidas que pueden suponer un cambio de letra en la calificación. Estas actuaciones se agrupan en tres áreas: diseño del edificio, actuaciones en la envolvente, y sistemas y gestión energética.

En función del estudio energético y de las características de diseño propias del edificio, los arquitectos del equipo investigador sugieren las alternativas cuya implementación puede ser significativa para la mejora energética. Se han descartado medidas que interfieran en la volumetría del edificio o en la disposición y distribución de las viviendas, por considerar que se apartaría de los objetivos del estudio.

Los resultados obtenidos permiten evaluar la influencia de cada medida en los indicadores de eficiencia energética y en la calificación energética final del edificio. Las alternativas estudiadas, distribuidas en las tres áreas, son las siguientes:

PRECOST&E. FASE I

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

2.03.1 Diseño.

A. Reducción del porcentaje de huecos

Se ha reducido la superficie de huecos en las viviendas en un 10%, un 20% y un 30% en todas las orientaciones.

En este edificio es importante resaltar que la superficie de huecos puede ser excesiva desde el punto de vista climático (apartado 2.02.6). Tomando como ejemplo la vivienda VT 1/2-5, 3H, situada en el extremo norte de la planta 5ª, de 2 dormitorios y superficie útil de 53 m², se comprueba que posee 12 m² de superficie de huecos acristalados. Esto supone una relación de vanos por superficie útil de 1/4,4, muy superior al mínimo exigible o recomendable según algunas normativas, que se sitúa entre 1/8 o incluso 1/10. Esta relación puede ser desproporcionada en algunas orientaciones.

Se calcula, teniendo en cuenta las características del procedimiento, que para disminuir el índice de refrigeración sería necesario reducir los huecos en torno al 30% en la fachada este, un 45% en la oeste y un 40% en la sur, lo que supondría una alteración excesiva del proyecto original. En el caso de la calefacción, para que varíe el índice de eficiencia energética de huecos, es necesario reducir en un 21,5% la superficie acristalada.

REDUCCIÓN (%)	CALIFICACIÓN		
	CALEF. IEE _{dc}	REFR. IEE _{dr}	GLOBAL IEE _g
0%	D (1,22)	E (1,85)	D (1,03)
10%	D (1,19)	E (1,63)	D (0,98)
20%	D (1,19)	E (1,63)	D (0,98)
30%	D (1,17)	E (1,63)	D (0,97)

Tabla 01: Resultados de la reducción del porcentaje de huecos en vivienda

En calefacción se produce sólo una pequeña mejora, pero en refrigeración se obtiene una reducción sustancial del índice de eficiencia energética. La mejora más significativa se produce al reducir un 10% los huecos.

En resumen, como actuaciones de diseño a considerar en este apartado, que luego se introducirán en el *Calener VyP*, y cuya incidencia en la calificación energética pueda suponer un salto significativo, se seleccionan tan sólo dos: el estado actual, y la reducción de huecos en un 20% en la fachada norte.

PRECOST&E. FASE I

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

B. Ventilación

La disminución de la ventilación a 0.80 renovaciones/ hora mejora la demanda de calefacción.

RENOV/ HORA	CALIFICACIÓN		
	CALEF. IEEdc	REFR. IEEdr	GLOBAL IEEg
1	D (1,22)	E (1,85)	D (1,03)
0,8	D (1,13)	E (1,85)	D (0,98)

Tabla 02: Resultados de la reducción de renovaciones/ hora

C. Elementos de sombra

Se evalúa la colocación de toldos translúcidos y opacos con un ángulo de 30° en las orientaciones este, oeste y sur. Se mejora mucho la refrigeración y con ello también la calificación global, que sube de D a C.

ELEMENTO SOMBRA	CALIFICACIÓN		
	CALEF. IEEdc	REFR. IEEdr	GLOBAL IEEg
-	D (1,22)	E (1,85)	D (1,03)
TOLDO TRASLÚCIDO 30°	D (1,22)	E (0,95)	C (0,90)
TOLDO OPACO 30°	D (1,22)	E (0,78)	C (0,87)

Tabla 03: Resultados de la colocación de toldos como elementos de sombra

2.03.2 Actuaciones en la envolvente.

A. Mejora del aislamiento de los cerramientos exteriores

Se han evaluado, partiendo de las transmitancias de partida del proyecto (Umuros=0.65 W/m²K, Ucubiertas=0.37 W/m²K, Usuelos=0.47 W/m²K), y hasta llegar a considerar como transmitancia final 0.15 W/m²K para fachadas, suelos y cubiertas, las siguientes opciones:

PRECOST&E. FASE I

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

U (W/m ² K)	CALIFICACIÓN	
	CALEF. IEEdc	GLOBAL IEEg
Um=0,65	1,22	D (1,03)
Uc=0,37		
Us=0,47		
Um=0,50	1,14	D (0,99)
Uc=0,28		
Us=0,37		
Um=0,30	1,01	C (0,91)
Uc=0,22		
Us=0,25		
Um=0,15	0,97	C (0,89)
Uc=0,15		
Us=0,15		

Tabla 04: Resultados de la mejora de las transmitancias en los cerramientos exteriores

Se han determinado dos saltos intermedios de transmitancias desde la necesaria para el cumplimiento del DB-HE hasta el óptimo asilamiento de muros, cubierta y suelos que es de 0,15 W/m²K, tal y como se expresa en el cuadro. Se ha tomado este valor a partir del estudio elaborado por Andimat: "Propuesta de mejora en certificación energética de edificios: la envolvente", en el que marca esta transmitancia como objetivo a cumplir para el 2016.

La reducción de las transmitancias mejora significativamente la calificación energética global. Es de las pocas medidas que por sí solas consiguen un cambio de calificación.

B. Mejora de los acristalamientos

En los acristalamientos se han considerado tres aspectos:

- *Transmitancias de los vidrios:* se mejoran las transmitancias teniendo en cuenta las orientaciones.
- *Factor solar:* en este proyecto la disminución del factor solar mejora los resultados en refrigeración, pero puede empeorar los de calefacción. En el procedimiento simplificado no se valora su incidencia en la demanda de calefacción, lo que puede conducir a error y por lo tanto no se modifica.
- *Marco de la carpintería:* el de proyecto tiene una transmitancia U=3,2 W/m²K. Se pueden introducir mejoras considerando otros materiales, con los que se puede llegar a una U=1.8 W/m²K. En este caso se ha valorado una transmitancia de 2.2 W/m²K

PRECOST&E. FASE I

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

		ACRISTALAMIENTO			COMENTARIOS
		CALEF. IEEdc	REFR. IEEdr	GLOBAL IEEg	
FACTOR SOLAR					No se modifica
MARCO	U=2,2 W/m ² K	1,22	1,67	1,01 (D)	Considerado el 35% marco
TRANSMITANCIAS	U _n =1,6	1,22	1,85	1,03 (D)	
	U _e =2,1				
	U _o =2,1				
	U _s =2,3				
	U _n =1,4	1,22	1,85	1,03 (D)	
	U _e =1,9				
	U _o =1,9				
	U _s =2,1				
	U _n =1,4	1,22	1,85	1,03 (D)	
	U _e =1,6				
	U _o =1,6				
	U _s =1,9				
	U _n =1,4	1,16	1,85	1,00 (D)	
	U _e =1,6				
	U _o =1,6				
	U _s =1,6				

Tabla 05: Resultados de la mejora de los huecos

La mejora de las transmitancias de los vidrios y de los marcos no supone un cambio significativo en la calificación.

2.03.3 Sistemas y gestión energética.

Se consideran los sistemas siguientes:

SISTEMA	CALIFICACIÓN			COMENTARIOS
	CALEF. IEEsc	ACS IEEsacs	GLOBAL IEEg	
1	1,85	1,8	E (2,06)	
2	0,84	0,63	D (1,09)	
3	0,79	0,54	D (1,03)	Proyecto de partida
4	0,73	0,51	D (0,98)	
5	0,73	0,51	D (0,98)	No se puede valorar la climatización invisible. El procedimiento no permite introducir el dato
6	0,25	0	B (0,50)	

PRECOST&E. FASE I

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

TIPOS DE SISTEMAS

1. Individualizado-Energía eléctrica-Termo eléctrico para producción de ACS-Calefacción radiadores efecto Joule
2. Individualizado-Gas natural-Caldera estándar mixta
3. Colectivo-Gas natural-Caldera mixta condensación-Caldera mixta estándar
4. Colectivo-Gas natural-2 Calderas mixta condensación
5. Colectivo-Gas natural-2 Calderas mixta condensación-Climatización invisible
6. Colectivo-Biomasa

Tabla 06: Resultados de los diferentes sistemas energéticos

Como se parte de un buen sistema energético (sistema colectivo de gas natural mixto, con una caldera de condensación y otra convencional, y radiadores) es difícil modificar la calificación global a través del sistema de calefacción. Sin embargo, se puede llegar a mejorar. Una de las opciones es la caldera de biomasa, pero el estudio de este sistema queda postergado, de acuerdo con lo expresado en el siguiente apartado (2.03.4). Sin embargo, el estudio implica también analizar otras opciones y alternativas, y así se valoran sistemas energéticos de inferior calificación, cuya comparación con el que el edificio también aporta información relevante.

Se analizarán pues opciones entre sistema colectivo e individual; sistemas de gas natural o eléctricos; sistemas de climatización por suelo radiante o radiadores; y con calderas de condensación o calderas estándar.

2.03.4 Conclusiones de la aplicación del procedimiento simplificado.

A partir de los resultados anteriores, obtenidos mediante el procedimiento simplificado, se extrae información para elaborar las propuestas que posteriormente evaluará el *Calener VyP*, la herramienta específica para el cálculo de la calificación energética de viviendas. Con estos conjuntos de actuaciones se estudiará el cambio de calificación energética y su repercusión económica.

Sobre esto hay que especificar lo siguiente:

- La aplicación de medidas aisladas no suele suponer el cambio de calificación, aunque casi todas las opciones estudiadas mejoran el índice de eficiencia energética. Sin embargo, algunas medidas provocan por sí solas el cambio de calificación, como son la colocación de elementos de sombra, la mejora de las transmitancias de los cerramientos exteriores o el tipo de sistema de calefacción y ACS.

PRECOST&E. FASE I

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

Aún así, es normalmente a través de la combinación de medidas o paquetes de soluciones como se establecen propuestas con las que conseguir las diferentes clasificaciones energéticas.

- La introducción de sistemas energéticos como biomasa o cogeneración ha sido considerada. Ambos sistemas suponen una importante influencia en la consecución de buenas calificaciones energéticas. Sobre el caso de la biomasa debe hacerse una precisión: al considerarse nulas sus emisiones de CO₂, su uso alcanza casi de forma automática la óptima calificación energética, independientemente de otras condiciones de diseño. En el caso de la cogeneración, el programa *Calener* sólo incluye este sistema en la versión *Calener GT*, destinadas a grandes edificios del sector terciario, no al residencial que nos ocupa.

Consultada la comisión de seguimiento de este trabajo, se concluyó que ambos sistemas deberían ser tratados en un estudio específico distinto, y que su comparación con los sistemas más convencionales utilizados para obra pública desvirtuaría el objetivo del estudio. Se decidió pues posponer su evaluación a fases más avanzadas, y considerar entre las propuestas del trabajo actual medidas más completas que incluyan también aspectos de diseño, análisis detallado de las envolventes, etc.

De esta forma, se agrupan los conjuntos de medidas en varias propuestas, que se describen y gradúan de menor a mayor en función de sus calificaciones energéticas.

2.04 DESCRIPCIÓN DE LAS PROPUESTAS PARA LA MEJORA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA.

Se describen a continuación las catorce propuestas evaluadas mediante el procedimiento *Calener Vyp*, con la descripción de las medidas sobre las que se han hecho modificaciones con respecto al proyecto original, y la calificación energética obtenida para cada propuesta.

PROPUESTA 1: CALIFICACIÓN E (39,2 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones.

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto).

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se mantiene la transmitancia de los cerramientos descritos en el proyecto modificado para que cumpla el DB-HE .

$U_m = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_c = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_s = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 $U = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Este: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,75$

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora

PRECOST&E. FASE I

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

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema individualizado eléctrico

El sistema introducido está compuesto por un termo eléctrico para la producción de ACS no cubierta por la energía solar térmica, con una capacidad total de 1 Kw y radiadores eléctricos para cada una de las viviendas, con un consumo nominal de 4,5 Kw en las viviendas de dos y tres dormitorios y 6,0 Kw en las de cuatro y cinco.

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **E**

Bloque al Sur: **E**

Bloque al Este: **E**

Bloque al Oeste: **E**

2. Edificio completo: **E** (39,2 KgCO₂/m²)

PROPUESTA 2: CALIFICACIÓN D. EDIFICIO ESTÁNDAR (18,7 KgCO₂/ m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto).

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se mantiene la transmitancia de los cerramientos descritos en el proyecto modificado para que cumpla el DB-HE.

Um = 0,65 W/m²K; Uc = 0,38 W/m²K; Us = 0,45 W/m²K

PRECOST&E. FASE I

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

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 U= 1,9 W/m²K; g= 0,7

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 U = 2,3 W/m²K; g = 0,7

Este: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 U = 3,2 W/m²K; g = 0,75

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia U = 3,2 W/m²K.

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora.

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema individualizado GN mixto

El sistema introducido está compuesto por una caldera de gas natural estándar para calefacción y ACS, para cada una de las viviendas, con una potencia de 24 Kw y rendimiento nominal 85%. Las unidades terminales consideradas son radiadores convencionales.

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **D**

Bloque al Sur: **C**

Bloque al Este: **D**

Bloque al Oeste: **D**

2. Edificio completo: **D** (18,7 KgCO₂/m²)

PRECOST&E. FASE I

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

PROPUESTA 3: CALIFICACIÓN D (17,9 KgCO₂/ m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones.

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto).

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se mantiene la transmitancia de los cerramientos descritos en el proyecto modificado para que cumpla el DB-HE .

$U_m = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_c = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_s = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

2. Transmitancia de los vidrios

Se mejora la transmitancia de los vidrios seleccionando los siguientes para cada orientación:

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-15-4 $U=1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g=0,7$

Sur: doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Este: doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-12-4 $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Oeste: doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-12-4 $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Espacios comunes: doble. DC 4-12-4 $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,75$

3. Transmitancia de los marcos

Se mejora la transmitancia de los marcos hasta alcanzar una $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora.

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema individualizado GN mixto

El sistema introducido está compuesto por una caldera de gas natural estándar para calefacción y ACS, para cada una de las viviendas, con una potencia de 24 Kw y rendimiento nominal 85%. Las unidades terminales consideradas son radiadores convencionales.

PRECOST&E. FASE I

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

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **D**

Bloque al Sur: **C**

Bloque al Este: **D**

Bloque al Oeste: **D**

2. Edificio completo: **D** (17,9 KgCO₂/m²)

PROPUESTA 4: CALIFICACIÓN D (17,5 KgCO₂/m²)

En esta propuesta, las actuaciones sobre el diseño del edificio y sobre la envolvente son las expuestas en el apartado 2.02 para que cumpla el DB-HE .

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones.

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto).

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se mantiene la transmitancia de los cerramientos descritos en el proyecto modificado para que cumpla el DB-HE .

$U_m = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_c = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_s = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

PRECOST&E. FASE I

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

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 $U = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Este: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,75$

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema colectivo GN condensación – estándar mixto

El sistema introducido está compuesto por dos calderas de gas natural centralizadas en cubierta, una de condensación, con una potencia de 285 Kw y un rendimiento del 95% y otra estándar, con una potencia de 310 Kw y un rendimiento de 85%; un depósito de acumulación de 1500 litros y radiadores convencionales.

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **C**

Bloque al Sur: **C**

Bloque al Este: **D**

Bloque al Oeste: **D**

2. Edificio completo: **D** (17,5 KgCO₂/m²)

PROPUESTA 5: CALIFICACIÓN C (16,9 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones.

PRECOST&E. FASE I

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

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto).

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se mantiene la transmitancia de los cerramientos descritos en el proyecto modificado para que cumpla el DB-HE .

$U_m = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_c = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_s = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 $U = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Este: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,75$

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema colectivo GN 2 condensación mixto

El sistema introducido está compuesto por dos calderas de condensación de gas natural centralizadas en cubierta, con una potencia de 285 Kw y un rendimiento del 95%; un depósito de acumulación de 1500 litros y radiadores convencionales.

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

PRECOST&E. FASE I

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

Calificación obtenida:

1. Por orientación:
 - Bloque al Norte: **C**
 - Bloque al Sur: **C**
 - Bloque al Este: **D**
 - Bloque al Oeste: **D**
2. Edificio completo: **C** (16,9 KgCO₂/m²)

PROPUESTA 6: CALIFICACIÓN C (16,7 KgCO₂/ m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos
No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones.
2. Corrector del factor solar en verano
Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto).

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores
Se mantiene la transmitancia de los cerramientos descritos en el proyecto modificado para que cumpla el DB-HE .
 $U_m = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_c = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_s = 0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$

2. Transmitancia de los vidrios
Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 $U = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Este: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,75$

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$.

PRECOST&E. FASE I

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

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora.

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema individualizado GN mixto

El sistema introducido está compuesto por una caldera de gas natural de condensación para calefacción y ACS, para cada una de las viviendas, con una potencia de 24 Kw y rendimiento nominal 95%. Las unidades terminales consideradas son radiadores convencionales.

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **C**

Bloque al Sur: **C**

Bloque al Este: **D**

Bloque al Oeste: **C**

2. Edificio completo: **C** (16,7 KgCO₂/m²)

PROPUESTA 7: CALIFICACIÓN C (16,4 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones.

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto)

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

PRECOST&E. FASE I

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

Se ha mejorado la transmitancia de todos los cerramientos en contacto con el exterior hasta conseguir 0,30 W/m²K en fachadas, 0,22 W/m²K en cubiertas y 0,25 W/m²K en suelos.

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 U= 1,9 W/m²K; g =0,7

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 U = 2,3 W/m²K; g = 0,7

Este: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 U = 3,2 W/m²K; g = 0,75

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia U = 3,2 W/m²K.

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora.

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema individualizado GN mixto

El sistema introducido está compuesto por una caldera de gas natural estándar para calefacción y ACS, para cada una de las viviendas, con una potencia de 24 Kw y rendimiento nominal 85%. La unidad terminal considerada son radiadores convencionales.

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **C**

Bloque al Sur: **C**

Bloque al Este: **D**

Bloque al Oeste: **C**

2. Edificio completo: **C** (16,4 KgCO₂/m²)

PRECOST&E. FASE I

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

PROPUESTA 8: CALIFICACIÓN C (15,7 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones.

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto).

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se mantiene la transmitancia de los muros y cubiertas descritos en el proyecto modificado para que cumpla el DB-HE: $U_m = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_c = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La transmitancia en los suelos se modifica por la colocación de una plancha de poliestireno ($\lambda=0,035 \text{ W/mK}$) para la colocación de suelo radiante, de 11mm de espesor: $U_s = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$.

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo ($<0,03$). DB3 4-9-4 $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 $U = 2,3 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Este: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 $U = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,75$

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema colectivo GN 2 condensación. Suelo radiante

PRECOST&E. FASE I

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

El sistema introducido está compuesto por dos calderas de gas natural centralizadas en cubierta, de condensación, con una potencia de 285 Kw, un depósito de acumulación de 1500 litros y suelo radiante. Se considera un rendimiento de 106% para una temperatura de impulsión de 40°.

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **C**

Bloque al Sur: **C**

Bloque al Este: **D**

Bloque al Oeste: **C**

2. Edificio completo: **C** (15,7 KgCO₂/m²)

PROPUESTA 9: CALIFICACIÓN C (15,6 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones.

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto).

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se mantiene la transmitancia de los muros y cubiertas descritos en el proyecto modificado para que cumpla el DB-HE: $U_m = 0,65 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_c = 0,38 \text{ W/m}^2\text{K}$.

La transmitancia en los suelos se modifica por la colocación de una plancha de poliestireno ($\lambda=0,035 \text{ W/mK}$) para la colocación de suelo radiante, de 11mm de espesor: $U_s = 0,39 \text{ W/m}^2\text{K}$.

PRECOST&E. FASE I

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

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 U= 1,9 W/m²K; g =0,7

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 U = 2,3 W/m²K; g = 0,7

Este: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 U = 3,2 W/m²K; g = 0,75

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia U = 3,2 W/m²K.

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora.

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema individualizado GN mixto. Suelo radiante

El sistema introducido está compuesto por una caldera de gas natural de condensación para calefacción y ACS, para cada una de las viviendas, con una potencia de 24 Kw. La unidad terminal considerada es suelo radiante. Se considera un rendimiento de 106% para una temperatura de impulsión de 40°.

1. Porcentaje demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **C**

Bloque al Sur: **C**

Bloque al Este: **D**

Bloque al Oeste: **C**

2. Edificio completo: **C** (15,6 KgCO₂/m²)

PRECOST&E. FASE I

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

PROPUESTA 10: CALIFICACIÓN C (14,3 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

No se reduce el porcentaje de huecos en ninguna de las orientaciones.

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas orientadas al oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano. En el resto de orientaciones se considera una cobertura del 30% (valor que toma el *Calener* por defecto)..

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se ha mejorado la transmitancia de todos los cerramientos en contacto con el exterior (fachadas, cubiertas y suelos) hasta conseguir 0,15 W/m²K. Hay que dejar constancia de las implicaciones constructivas que entrañan la consecución de estas transmitancias.

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 U= 1,9 W/m²K; g= 0,7

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 U = 2,3 W/m²K; g = 0,7

Este: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 – 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 U = 3,2 W/m²K; g = 0,75

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia U = 3,2 W/m²K

4. Ventilación

La ventilación considerada es de 1 renovación/ hora

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema individualizado GN condensación mixto

El sistema introducido está compuesto por una caldera de gas natural de condensación para calefacción y ACS, para cada una de las viviendas, con una potencia de 24 Kw y rendimiento de 95%. La unidad terminal considerada son radiadores convencionales.

PRECOST&E. FASE I

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

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se reduce el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el límite establecido por el DB-HE , 70%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **C**

Bloque al Sur: **C**

Bloque al Este: **C**

Bloque al Oeste: **C**

2. Edificio completo: **C** (14,3 KgCO₂/m²)

PROPUESTA 11: CALIFICACIÓN B (10,6 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

Se reducen un 20% los huecos de las fachadas que dan al norte. El resto de fachadas se mantienen con el porcentaje de huecos del proyecto original.

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas sur, este y oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano.

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se ha mejorado la transmitancia de todos los cerramientos en contacto con el exterior (fachadas, cubiertas y suelos) hasta conseguir 0,15 W/m²K. Hay que dejar constancia de las implicaciones constructivas que entrañan la consecución de estas transmitancias.

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 U= 1,9 W/m²K; g= 0,7

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 U = 2,3 W/m²K; g = 0,7

Este: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 U = 3,2 W/m²K; g = 0,75

PRECOST&E. FASE I

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

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia $U = 3,2 \text{ W/m}^2\text{K}$

4. Ventilación

Con el objetivo de reducir la demanda en calefacción se ha reducido la ventilación a 0,8 renovaciones/ hora.

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema individualizado GN condensación mixto

El sistema introducido está compuesto por una caldera de gas natural de condensación para calefacción y ACS, para cada una de las viviendas, con una potencia de 24 Kw y rendimiento de 95%. La unidad terminal considerada son radiadores convencionales.

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se aumenta el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el 80%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **B**

Bloque al Sur: **B**

Bloque al Este: **C**

Bloque al Oeste: **C**

2. Edificio completo: **B** (10.6 KgCO₂/m²)

PROPUESTA 12: CALIFICACIÓN B (10,6 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

Se reducen un 20% los huecos de las fachadas que dan al norte. El resto de fachadas se mantienen con el porcentaje de huecos del proyecto original.

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas sur, este y oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano.

PRECOST&E. FASE I

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

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se ha mejorado la transmitancia de todos los cerramientos en contacto con el exterior (fachadas, cubiertas y suelos) hasta conseguir 0,15 W/m²K. Hay que dejar constancia de las implicaciones constructivas que entraña la consecución de estas transmitancias.

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 U= 1,9 W/m²K; g= 0,7

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 U = 2,3 W/m²K; g = 0,7

Este: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 U = 3,2 W/m²K; g = 0,75

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia U = 3,2 W/m²K

4. Ventilación

Con el objetivo de reducir la demanda en calefacción se ha reducido la ventilación a 0,8 renovaciones/ hora.

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema colectivo GN 2 condensación mixto

El sistema introducido está compuesto por dos calderas de condensación de gas natural centralizadas en cubierta, con una potencia de 285 Kw y un rendimiento del 95%; un depósito de acumulación de 1500 litros y radiadores convencionales.

2. Porcentaje de demanda de ACS cubierta por energía solar

Se aumenta el porcentaje de ACS cubierta por energía solar hasta el 80%.

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **B**

Bloque al Sur: **B**

Bloque al Este: **C**

Bloque al Oeste: **C**

2. Edificio completo: **B** (10,6 KgCO₂/m²)

PRECOST&E. FASE I

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

PROPUESTA 13: CALIFICACIÓN B (10,0 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

Se reducen un 20% los huecos de las fachadas que dan al norte. El resto de fachadas se mantienen con el porcentaje de huecos del proyecto original

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas sur, este y oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano.

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se ha mejorado la transmitancia de todos los cerramientos en contacto con el exterior (fachadas, cubiertas y suelos) hasta conseguir 0,15 W/m²K. Hay que dejar constancia de las implicaciones constructivas que entrañan la consecución de estas transmitancias.

2. Transmitancia de los vidrios

Los vidrios utilizados en cada orientación se han elegido según los criterios reflejados en el apartado 2.02.6.

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 U = 1,9 W/m²K; g = 0,7

Sur: doble bajo emisivo (0,1-0,2). DB1 4-9-4 U = 2,3 W/m²K; g = 0,7

Este: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Oeste: doble bajo emisivo (0,03 - 0,1). DB2 4-9-4 U = 2,1 W/m²K; g = 0,7

Espacios comunes: doble. DC 4-6-4 U = 3,2 W/m²K; g = 0,75

3. Transmitancia de los marcos

Se han introducido unos marcos con una transmitancia U = 3,2 W/m²K.

4. Ventilación

Con el objetivo de reducir la demanda en calefacción se ha reducido la ventilación a 0,8 renovaciones/hora.

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema colectivo GN 2 condensación mixto. Suelo radiante

El sistema introducido está compuesto por dos calderas de condensación de gas natural centralizadas en cubierta, con una potencia de 285 Kw, un depósito de acumulación de

PRECOST&E. FASE I

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

1500 litros y suelo radiante. Se considera un rendimiento de 106% para una temperatura de impulsión de 40°.

2. Porcentaje demanda de ACS cubierta por energía solar

Se aumenta el porcentaje de ACS cubierta por energía solar al 80%

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **B**

Bloque al Sur: **B**

Bloque al Este: **C**

Bloque al Oeste: **C**

2. Edificio completo: **B** (10,0 KgCO₂/m²)

PROPUESTA 14: CALIFICACIÓN B (9,3 KgCO₂/m²)

Diseño del edificio:

1. Reducción del porcentaje de huecos

Se reducen un 20% los huecos de las fachadas que dan al norte. El resto de fachadas se mantienen con el porcentaje de huecos del proyecto original

2. Corrector del factor solar en verano

Se considera que en las fachadas sur, este y oeste, el porcentaje de cobertura de las persianas es del 50% en verano.

Actuación en la envolvente:

1. Aislamiento de los cerramientos exteriores

Se ha mejorado la transmitancia de todos los cerramientos en contacto con el exterior (fachadas, cubiertas y suelos) hasta conseguir 0,15 W/m²K. Hay que dejar constancia de las implicaciones constructivas que entrañan la consecución de estas transmitancias.

2. Transmitancia de los vidrios

Se mejora la transmitancia de los vidrios seleccionando los siguientes para cada orientación:

Norte: Vidrio doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-15-4 U=1,4 W/m²K; g=0,7

PRECOST&E. FASE I

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

Sur: doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-9-4 $U = 1,9 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Este: doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-12-4 $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Oeste: doble bajo emisivo (<0,03). DB3 4-12-4 $U = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,7$

Espacios comunes: doble. DC 4-12-4 $U = 2,8 \text{ W/m}^2\text{K}$; $g = 0,75$

3. Transmitancia de los marcos

Se mejora la transmitancia de los marcos hasta alcanzar una $U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$

4. Ventilación

Con el objetivo de reducir la demanda en calefacción se ha reducido la ventilación a 0,8 renovaciones/hora.

Sistemas de gestión energética:

1. Sistema colectivo GN 2 condensación mixto. Suelo radiante

El sistema introducido está compuesto por dos calderas de condensación de gas natural centralizadas en cubierta, con una potencia de 285 Kw y un rendimiento del 95%; depósito de acumulación de 1500 litros y suelo radiante. Se considera un rendimiento de 106% para una temperatura de impulsión de 40°.

2. Porcentaje demanda de ACS cubierta por energía solar

Se aumenta el porcentaje de ACS cubierta por energía solar al 80%

Calificación obtenida:

1. Por orientación:

Bloque al Norte: **B**

Bloque al Sur: **B**

Bloque al Este: **B**

Bloque al Oeste: **C**

2. Edificio completo: **B** (9,3 KgCO₂/m²)

PRECOST&E. FASE I

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

03_VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS.

3.01 CUADRO DE SUPERFICIES Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO ORIGINAL.

La superficie total construida del edificio es de 16.642,33 m², distribuida entre las viviendas (14.346,74 m²), los garajes (1.573,125 m²), los trasteros (572,47 m²) y los locales (150 m²), según el cuadro adjunto.

SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA		
	nº	m ²
Viviendas	143	14346,74
Locales	2	150,00
Trasteros	143	572,47
Garajes	150	1.573,13
TOTAL: 16.642,33 m²		

Tabla 07: Superficies construidas del proyecto Vallecas 08

El programa del edificio consta de diferentes tipos de viviendas, clasificadas en el siguiente cuadro en función de su superficie y número de dormitorios:

		SUPERFICIES (m ²)			
Vivienda tipo	nº viviendas	Útil obra	Total útil obra	Construida	Total construida
VT1/2	34	55,92	1901,28	82,41	2801,94
VT2/3	63	70,89	4466,07	104,31	6571,53
VT3/3	18	71,99	1295,82	104,31	1877,58
VT4/4	22	85,83	1888,26	109,95	2418,9
VT5M/4	4	88,16	352,64	109,99	439,96
VT6M/5	1	102,9	102,90	154,24	154,24
VT7/2	1	56,10	56,10	82,59	82,59
Totales	143		10.063,07		14.346,74

Tabla 08: Superficies de los tipos de vivienda del proyecto Vallecas 08

Según la documentación aportada, los datos del proyecto existente son los siguientes:

- Presupuesto de Ejecución Material del Proyecto (PEM): 13.735.111,01 euros.
- Repercusión por metro cuadrado construido: 825,31 €/m².

PRECOST&E. FASE I

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

Se calcula que el precio de una vivienda tipo de 85,83 m² útiles y cuatro dormitorios es de 117.149,59 euros.

3.02 CRITERIOS PARA LA APLICACIÓN DE PRECIOS Y CÁLCULO DE PRESUPUESTOS.

Como el estudio trata del cálculo de nuevos presupuestos, se establecen unos criterios para su obtención y aplicación. Son los siguientes:

- Se utiliza la misma estructura de capítulos, unidades de obra y criterios de medición empleados en el presupuesto original.
- Cuando el cambio consiste en un aumento o reducción de la medición, se aplica el mismo precio unitario que aparece en el proyecto.
- Si se modifica sólo una parte de la unidad de obra, se acude a los precios descompuestos para el cálculo del nuevo valor.
- Cuando es necesario utilizar una unidad de obra nueva, no prevista en el documento de mediciones y presupuesto del proyecto original, se mantiene un criterio similar al del presupuesto original.
- Se considera diciembre de 2007 como fecha de referencia con respecto a la cual se presentan todos los presupuestos. De esta forma, se aplica un coeficiente de reducción que es de 0,946% sobre los precios unitarios de fecha 2008, y de 0,89 % para la fecha actual (2009).
- Se utilizan las siguientes bases de precios para la formación de precios no existentes en el proyecto:
 - Base de precios de la Comunidad de Madrid 2007.
 - Catálogo Construcción Multifabricante, 38ª edición 2008 ACAE formato Presto.
- Se utilizan, para los sistemas energéticos, los presupuestos facilitados por Sanier Duval, a través de Gas Natural, y Uponor.

3.03 PRESUPUESTO DEL PROYECTO MODIFICADO PARA EL CUMPLIMIENTO DEL DOCUMENTO HE1: LIMITACIÓN DE DEMANDA ENERGÉTICA, DEL DB-HE.

El proyecto original es previo al CTE, por lo que no se han tenido en cuenta sus exigencias. Sin embargo, es clave que el proyecto cumpla el DB_HE para el objetivo del trabajo, por lo que se han realizado los cambios necesarios para su cumplimiento en los aspectos relacionados con eficiencia energética, tal y como queda expresado en el capítulo anterior 2.02. Sobre este *Proyecto base modificado para el cumplimiento del CTE (DB-HE)* se calculan los presupuestos de las demás propuestas.

PRECOST&E. FASE I

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

Como resultado de esta actuación, resulta lo siguiente:

- Presupuesto de Ejecución Material del Proyecto modificado para el cumplimiento del DB-HE en lo que se refiere a eficiencia energética: 13.981.907,67 euros.
- Repercusión por m² construido: 840,14 €/m².

Se calcula que el precio de una vivienda tipo de 85,83 m² útiles y cuatro dormitorios es de 119.254,8 euros.

El presupuesto modificado para el cumplimiento del DB-HE supone un incremento del 1,8 % respecto al PEM del proyecto existente.

Descripción del presupuesto de las modificaciones relativas a eficiencia energética exigidas por el DB-HE

A continuación se describen las modificaciones realizadas para el cumplimiento del DB-HE (HE1), así como el cálculo de su presupuesto. Asimismo se han corregido algunas mediciones.

Se indica además, utilizando la misma estructura y criterios de medición, la organización de los cambios organizada en función de los capítulos y unidades de obra del presupuesto original.

CAPÍTULO 4 CUBIERTAS

Tras la comprobación de las mediciones de las cubiertas se aprecian variaciones en las superficies reales respecto a las del proyecto:

- 04.04 PC. Cubierta de grava (no transitable) 2947,80 m².
- 04.05 PC. Cubierta de terraza 441,10 m².

En ambas cubiertas, tanto la transitable como la no transitable, se mejora el aislamiento y se modifican las mediciones

Unidad de obra 04.04 PC. En la cubierta no transitable aumenta el espesor de las planchas de poliestireno extruido machihembradas de 40mm a 60mm para obtener una transmitancia de 0,38 W/m²K. Supone un incremento del coste de la unidad de obra de 2,80 €/m², según precios de ACAE, *Catálogo para la Construcción Multifabricante, 38ª edición, 2008*.

Equivalencia del precio de 2008 al 2007: -0,946%. Precio de la unidad de obra del Proyecto existente: 41,74 €/ m². Precio de la unidad de obra del Proyecto modificado para el cumplimiento del DB-HE: 44,37 €/ m².

Unidad de obra 04.05 PC. En la cubierta transitable se incluye un aislamiento con planchas de poliestireno extruido machihembradas de 40mm (no presente en el proyecto existente)

PRECOST&E. FASE I

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

para obtener una transmitancia de 0,34 W/m²K. Supone un incremento del coste de la unidad de obra de 10,94 euros/ m², según precios de *ACAE, Catálogo para la Construcción Multifabricante, 38ª edición, 2008*.

Equivalencia del precio del 2008 al 2007: -0,946%. Precio de la unidad de obra del Proyecto existente: 27,14 €/ m². Precio de la unidad de obra del Proyecto modificado para el cumplimiento del DB-HE: 37,49 €/ m².

CAPÍTULO 6. ALBAÑILERÍA

Unidad de obra 06.15 PC. Se incluye un panel de yeso laminado para trasdosados 40/13 en los cerramientos exteriores del muro de hormigón. El trasdosado es necesario en la composición del muro de cerramiento de las viviendas en contacto con las zonas no calefactadas de paso, para obtener una transmitancia de 1,20 W/m²K. Tras realizar las correspondientes mediciones, se añaden 6252,01 m² a los existentes en proyecto, por lo que la medición final de la unidad de obra del Proyecto modificado para el DB-HE es de 16.782,01 m².

CAPÍTULO 7. CARPINTERÍA EXTERIOR

Unidad de obra nueva 7.04. Se instalan persianas enrollables de aluminio lacado en todas las ventanas con lamas de 40x9mm de caras planas. No están contempladas en el proyecto existente. La medición obtenida es de 2.081.46 m² y el precio de la unidad de obra 52,87 €/m², según precios *PREOC 2009*.

Equivalencia del precio del 2009 al 2007: -0,89%. Precio de la unidad de obra nueva: 47,05 €/ m².

CAPÍTULO 9. AISLAMIENTO TÉRMICO, VIDRIO e IMPERMEABILIZACIÓN

Unidad de obra 9.01. Se aumenta la medición del aislamiento para el trasdosado del muro de cerramiento de las viviendas en contacto con las zonas no calefactadas para obtener una transmitancia de 1,2 W/m²K. La medición del proyecto existente se aumenta en 6.252,01 m², siendo la medición de la unidad de obra del presupuesto del Proyecto modificado para el cumplimiento del DB-HE 15.718,73 m².

Unidad de obra nueva 9.02. En el caso del vidrio laminado 4+4, al tener una transmitancia superior a 3,5 W/m²K, se sustituye por un vidrio laminado 4/9/4 bajo emisivo con una transmitancia de 2,3 W/m²K, cuyo precio es de 42,48 €/ m² según *Base de Precios de la Comunidad de Madrid 2007*. Se emplea en la fachada sur, cuya superficie es de 451.85 m², y en las zonas comunes de pasillo, de superficie 254,89 m².

Unidad de obra nueva 9.02.esp.c Se sustituye el vidrio 4+4 por un vidrio laminado 4/6/4 con una transmitancia de 3,2 W/m²K, cuyo precio es de 36,83 €/ m² según *Base de Precios de la Comunidad de Madrid 2007*. Se emplea en las zonas comunes de pasillo, cuya superficie es 254,89 m².

PRECOST&E. FASE I

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

Unidad de obra nueva 9.03. En la fachada norte, de superficie 471,98 m², se emplea vidrio laminado 4/9/4, bajo emisivo <0.03, con transmitancia de 1,9 W/m²K, cuyo precio es 54,49 €/ m² según la *Base de Precios de la Comunidad de Madrid 2007*.

Unidad de obra nueva 9.04. En las fachadas este y oeste, de superficie 902,74 m², se emplea vidrio laminado 4/9/4 bajo emisivo 0.03-0.1, con transmitancia de 2,1 W/m²K, cuyo precio es 47,86 €/ m² según la *Base de Precios de la Comunidad de Madrid 2007*.

Unidad de obra nueva 9.05. En los forjados de la planta primera en contacto con el exterior se añade un aislamiento de planchas de poliestireno extruido de 3 cm de espesor para obtener una transmitancia de 0,45 W/m²K, cuyo precio es de 10,13 €/m², según *PREOC 2009*.

Equivalencia del precio del 2009 al 2007: -0,89%. Precio de la unidad de obra nueva: 9,02 €/m².

Unidad de obra nueva 9.06. En los forjados de losa en contacto con el exterior se añade aislamiento de planchas de poliestireno extruido de 4 cm de espesor, para obtener una transmitancia de 0,43 W/m²K, cuyo precio es de 13,30 €/m², según *PREOC 2009*. Equivalencia del precio del 2009 al 2007: -0,89%. Precio de la unidad de obra nueva: 11,84 €/m².

CAPÍTULO 17. INSTALACIONES, CALEFACCIÓN Y ENERGÍA SOLAR

Se han detectado errores en el presupuesto del proyecto existente. Uno de ellos es que la caldera de condensación tiene un precio unitario 498,67 €/ud, y la caldera estándar no aparece en las mediciones. No se ha conseguido obtener los precios de calderas indicadas en el proyecto, por lo que se han utilizado los de aquellas que más se ajustan a sus características.

Unidad de obra 17.01. Unidad de calderas de condensación y estándar.

Caldera de condensación a gas, VIESSMANN Vitocrossal 300, modelo CM3, con quemador de radiación matriz. Para instalaciones cerradas de calefacción con temperatura de impulsión admisible de hasta 110 °C, presión máxima de servicio 4 bar, potencia térmica útil con 50/60 °C de 143 kW y con 80/60 °C de 130kW. Funcionamiento con quemadores de dos etapas o modulantes. El precio, incluido la instalación y funcionamiento, es de 22.659,44 €/ud (Datos facilitados por Gas Natural).

Equivalencia del precio del 2009 al 2007: -0,89 %. Precio de la unidad de obra: 20.166,90 €/ud.

La caldera considerada en el presupuesto existente es una caldera de condensación para gas natural Viessmann Vitrocrossal 300, de 285 Kw de potencia nominal, rendimiento nominal de 95% (conservador para una caldera de condensación), alta cuota de condensación, temperatura de humos de 5-15 °C superior a la temperatura de retorno (498,67 €/ud).

PRECOST&E. FASE I

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

Caldera estándar, marca FERROLI, de chapa de acero PREX THERM N de dimensiones (HxAxP): 1020x1250x2028 mmm. Equipada con termostato de regulación de 2 etapas, termostatos de seguridad con rearme manual, termohidrómetro e interruptor general. Con una potencia nominal útil de 400 kW y una presión máxima de trabajo de 6 bar.

Su precio es de 4.153 €/ud según precios de ACAE, *Catálogo para la Construcción Multifabricante*, 38ª edición, 2008.

Equivalencia del precio del 2008 al 2007: -0,946 %

Precio de la unidad de obra: 3.929 €/ud.

La caldera existente en el presupuesto de obra es una caldera Viessmann Vitoplex 100 de 310 Kw de potencia nominal, presurizada, apta para gas natural y equipada con 3 pasos de humos y funcionamiento por descenso progresivo de la temperatura de la caldera.

El precio final de la unidad de obra 17.01 que comprende ambas calderas es de 24.095,90 €.

Tras realizar las modificaciones para el cumplimiento del DB-HE y las equivalencias con los precios del 2007, el Presupuesto de Ejecución Material del Proyecto modificado es de 14.007.126,10 €.

La modificación del proyecto existente para que cumpla el DB-HE supone un incremento del PEM de 1,98%.

3.04 MODIFICACIONES DEL PRESUPUESTO PARA LA OBTENCIÓN DE LOS PRESUPUESTOS DE LAS DIFERENTES PROPUESTAS.

El PEM del proyecto modificado para el cumplimiento del DB-HE es la base sobre la que se realiza el cálculo del coste de las distintas propuestas (ver capítulo 2.04). A este presupuesto se le ha llamado *Presupuesto-base-DB-HE*.

Se ha evaluado de forma independiente el precio de cada una de las alternativas contempladas. Una vez conocidos sus costes, éstos se han aplicado a las diferentes combinaciones que forman las 14 propuestas, para obtener los 14 presupuestos.

PRECOST&E. FASE I

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

REDUCCIÓN DEL PORCENTAJE DE HUECOS EN VIVIENDAS (20%)

Presupuesto-base-DB-HE					
	Elemento	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Hueco	Acristalamiento	9.03	471,98	54,49	25.718,19
	Carpintería	7.01	3.016,48	102,75	309.943,32
Macizo	Panel pref. hormigón	05.02 PC	6.308,72	158,50	999.932,12
	Poliuretano	9.01	9.466,72	3,37	31.902,85
	Pref. yeso trasdós	06.15 PC	16.782,01	16,33	274.050,22
					1.641.546,78

Propuesta de reducción de huecos en la fachada norte					
	Elemento	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Hueco	Acristalamiento	9.03.r	377,58	54,49	20.574,35
	Carpintería	7.01.r	2.922,00	102,75	300.235,50
Macizo	Panel pref. hormigón	05.02 PC.a	6.403,12	158,50	1.014.894,52
	Poliuretano	9.01.a	9.561,12	3,37	32.220,97
	Pref. yeso trasdós	06.15 PC.a	16.883,91	16,33	275.714,25
					1.643.639,58

Diferencia: + 2.092,80 €

(0,015% más caro que el presupuesto-base- DB-HE)

 AISLAMIENTO DE LOS CERRAMIENTOS EXTERIORES

Presupuesto-base-DB-HE				
U (W/ m²K)	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Um= 0,65	9.01	9.466,72	3,37	31.902,85
Uc= 0,38	04.04 PC	2.947,80	44,37	130.793,89
Uc= 0,38	04.05 PC	441,10	37,49	16.533,46
Us= 0,45	9.06	2.972,55	9,02	26.812,40
Us= 0,45	9.07	540,02	11,84	6.393,84
				212.436,44

PRECOST&E. FASE I

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

Propuesta de mejora del aislamiento en muros, cubiertas y suelo				
U (W/ m ² K)	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Um= 0,30	9.01	9.466,72	8,30	78.573,78
Uc= 0,22	04.04 PC	2.947,80	50,20	147.979,56
Uc= 0,22	04.05 PC	441,10	42,20	18.614,46
Us= 0,25	9.06.m1	2.972,55	23,12	68.725,36
Us= 0,25	9.07.m1	540,02	14,45	7.803,29
				321.696,40

Diferencia: + 109.259,96 €

(0,78% más caro que el presupuesto-base- DB-HE)

Propuesta de mejora del aislamiento en muros, cubiertas y suelo				
U (W/ m ² K)	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
U=0,15	9.01	9.466,72	13,48	127.611,39
Uc=0,15	04.04 PC	2.947,80	57,85	170.530,23
Uc=0,15	04.05 PC	441,10	50,97	22.482,87
Us= 0,15	9.06.m1	2.972,55	23,12	68.725,36
Us=0,15	9.07	540,02	25,32	13.673,31
Forjado y otros	3.07	240,00	284,52	24.561,60
				471.307,94

Diferencia: + 258.871,51 €

(1,85% más caro que el presupuesto-base- DB-HE)

TRANSMITANCIAS DE LOS VIDRIOS

Presupuesto-base-DB-HE				
U (W/ m ² K)	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Sur U=2,3	9.02	451,85	42,48	19.194,59
Norte U=1,9	9.03	471,98	54,49	25.718,19
Este + Oeste U=2,1	9.04	902,74	47,86	43.205,14
				88.117,91

PRECOST&E. FASE I

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

Propuesta de mejora de las transmitancias				
U (W/ m ² K)	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Sur U=1,9	9.02	451,85	47,29	21.367,99
Norte U=1,4	9.03	471,98	57,02	26.912,30
Este + Oeste U=1,6	9.04	902,74	55,75	50.327,76
				98.608,04

Diferencia: + 10.490,13 €

(0,075% más caro que el presupuesto DB-HE)

TRANSMITANCIA DE LOS ESPACIOS COMUNES

Presupuesto-base- DB-HE				
U (W/ m ² K)	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Espacios comunes U=3,2	9.02.esp.c	254,89	36,83	9.252,51

Propuesta de variación de las transmitancias de los espacios comunes				
U (W/ m ² K)	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Espacios comunes U=2,8	9.02.esp.c.m	254,89	37,71	9.611,90

Diferencia: + 359,40 €

(0,002% más barato que el presupuesto-base- DB-HE)

80% DEMANDA DE ACS CUBIERTA POR ENERGÍA SOLAR

Presupuesto-base-DB-HE (70% demanda)				
	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Colector Solar	18.01	31	266,98	8.276,38

Propuesta de aumento de superficie de los captadores solares (80%)				
	Código	Medición	Precio unit.	Valoración
Colector Solar	18.01	35	266,98	9.344,3

Diferencia: + 1.067,92 €

(0,008% más caro que el presupuesto-base- DB-HE)

PRECOST&E. FASE I

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

SISTEMA INDIVIDUALIZADO ELÉCTRICO (Ver presupuesto sistemas de gestión energética)

Presupuesto-base-DB-HE Cap.17	481.317,07
--------------------------------------	-------------------

Propuesta de cambio del sistema de gestión energética (17.ind.elect.)	123.337,22
--	-------------------

Diferencia: - 357.979,85 €

(2,56% más barato que el presupuesto-base- DB-HE)

SISTEMA INDIVIDUALIZADO GN. CALDERAS ESTÁNDAR CON RADIADORES

(Ver presupuesto sistemas de gestión energética)

Presupuesto-base-DB-HE Cap.17 (Sistema Colectivo GN Calderas de Condensación y Estándar con Radiadores)	481.317,07
--	-------------------

Propuesta de cambio del sistema de gestión energética (17.ind.mx.)	432.251,29
---	-------------------

Diferencia: - 49.065,78 €

(0,35% más barato que el presupuesto DB-HE)

SISTEMA INDIVIDUALIZADO GN. CALDERAS CONDENSACIÓN CON RADIADORES

(Ver presupuesto sistemas de gestión energética)

Presupuesto-base-DB-HE Cap.17 (Sistema Colectivo GN Calderas de Condensación y Estándar con Radiadores)	481.317,07
--	-------------------

Propuesta de cambio del sistema de gestión energética (17.ind.cnd.rad.)	445.116,05
--	-------------------

Diferencia: - 36.201,02 €

(0,26% más barato que el presupuesto DB-HE)

SISTEMA INDIVIDUALIZADO GN. CALDERAS CONDENSACIÓN CON SUELO RADIANTE

(Ver presupuesto sistemas de gestión energética)

Presupuesto-base-DB-HE Cap.17 (Sistema Colectivo GN Calderas de Condensación y Estándar con Radiadores)	481.317,07
--	-------------------

Propuesta de cambio del sistema de gestión energética (17.ind.cnd.rad.)	484.596,79
--	-------------------

Diferencia: + 3.279,72 €

(0,02% más caro que el presupuesto DB-HE)

PRECOST&E. FASE I

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

SISTEMA COLECTIVO 2 CALDERAS DE CONDENSACIÓN CON RADIADORES

(Ver presupuesto sistemas de gestión energética)

Presupuesto-base-DB-HE Cap.17 (Sistema Colectivo GN Calderas de Condensación y Estándar con Radiadores)	481.317,07
--	-------------------

Propuesta de cambio del sistema de gestión energética (17.clc.cnd.rad.)	496.507,17
--	-------------------

Diferencia: + 15.190,10 €

(0,11% más caro que el presupuesto DB-HE)

SISTEMA COLECTIVO 2 CALDERAS DE CONDENSACIÓN CON SUELO RADIANTE

(Ver presupuesto sistemas de gestión energética)

Presupuesto-base-DB-HE Cap.17 (Sistema Colectivo GN Calderas de Condensación y Estándar con Radiadores)	481.317,07
--	-------------------

Propuesta de cambio del sistema de gestión energética (17.clc.cnd.rad.)	505.756,00
--	-------------------

Diferencia: + 24.438,93 €

(0,17% más caro que el presupuesto DB-HE)

PRECOST&E. FASE I

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

3.05 PRESUPUESTOS DE LAS PROPUESTAS.

Propuesta 1: consiste en sustituir el sistema de gestión energética del proyecto modificado para el cumplimiento del DB-HE (*Propuesta 4, Edificio base CTE*) por un sistema individualizado eléctrico. El coste de la propuesta es de **13.623.928 euros**.

Propuesta 2: consiste en sustituir el sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema individualizado con calderas estándar de gas natural y radiadores convencionales. El coste de la propuesta es de **13.932.842 euros**.

Propuesta 3: consiste en actuar sobre las transmitancias de los vidrios de las viviendas y los espacios comunes, la transmitancia de los marcos y en la sustitución del sistema de gestión energética del proyecto existente (*Propuesta 4*) por un sistema individualizado con calderas estándar de gas natural y radiadores convencionales. El coste de la propuesta es de **14.062.774 euros**.

Propuesta 4: son las actuaciones realizadas sobre el proyecto existente para el cumplimiento del DB-HE, **13.981.908 euros**.

Propuesta 5: consiste en sustituir el sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema colectivo con dos calderas de condensación y radiadores convencionales.. El coste de la propuesta es de **13.997.098 euros**.

Propuesta 6: consiste en sustituir el sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema individualizado con calderas de condensación de gas natural y radiadores convencionales. El coste de la propuesta es de **13.945.707 euros**.

Propuesta 7: consiste en actuar sobre el aislamiento de los cerramientos exteriores y en sustituir el sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema individualizado de calderas estándar de gas natural con radiadores convencionales. El coste de la propuesta es de **14.042.163 euros**.

Propuesta 8: consiste en sustituir el sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema colectivo con dos calderas de condensación y suelo radiante. El coste de la propuesta es de **14.006.347 euros**.

Propuesta 9: consiste en sustituir el sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema individualizado de gas natural con caldera de condensación y suelo radiante. El coste de la propuesta es de **13.985.195 euros**.

PRECOST&E. FASE I

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

Propuesta 10: consiste en actuar sobre el aislamiento de los cerramientos exteriores y en sustituir el sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema individualizado de calderas de condensación de gas natural con radiadores convencionales. El coste de la propuesta es de **14.288.211 euros**.

Propuesta 11: consiste en actuar sobre el porcentaje de huecos, el factor solar, el aislamiento de los cerramientos exteriores, la ventilación, la demanda de ACS y en sustituir el sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema individualizado de calderas de condensación de gas natural con radiadores convencionales. El coste de la propuesta es de **14.292.333 euros**.

Propuesta 12: consiste en actuar sobre el porcentaje de huecos, el factor solar, el aislamiento de los cerramientos exteriores, la ventilación y en la sustitución del sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema colectivo de 2 calderas de condensación de gas natural con radiadores convencionales. El coste de la propuesta es de **14.343.724 euros**.

Propuesta 13: consiste en actuar sobre el porcentaje de huecos, el factor solar, el aislamiento de los cerramientos exteriores, la ventilación y en la sustitución del sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema colectivo de 2 calderas de condensación de gas natural con suelo radiante. El coste de la propuesta es de **14.352.973 euros**.

Propuesta 14: consiste en actuar sobre el porcentaje de huecos, el factor solar, el aislamiento de los cerramientos exteriores, las transmitancias de los vidrios de las viviendas y los espacios comunes, la transmitancia de los marcos, la ventilación y en la sustitución del sistema de gestión energética del proyecto base (*Propuesta 4*) por un sistema colectivo de 2 calderas de condensación de gas natural con suelo radiante. El coste de la propuesta es de **14.478.987 euros**.

4.02 CONCLUSIONES.

El estudio tiene como objetivo el cálculo del coste económico necesario para la obtención de las diferentes calificaciones energéticas, según el *Real Decreto 47/2007*, de 19 de enero, en relación con el *Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción*, en vigor desde noviembre de 2008.

En una primera fase la evaluación se ha centrado en el edificio Vallecas 08, situado en Madrid (zona climática D3) y destinado a viviendas sociales promovidas por la EMVS. El edificio, recientemente finalizado y en uso, se compone de 143 viviendas en bloques de cinco plantas en manzana cuadrada, con tipología de viviendas de crujía y ventilación única a ambos lados de un corredor común, de forma que se encuentra el mismo tipo de vivienda en las cuatro orientaciones posibles.

El proyecto, que posee unas características constructivas determinadas, a las cuales el estudio se circunscribe, no cumple el DB-HE, ya que es anterior al CTE, sin embargo posee una calificación energética C¹.

Como se indica en el punto *02. Metodología*, para la obtención de conclusiones se han seleccionado, mediante las herramientas *Lider*, *Calener VyP* y *Procedimiento Ce2 Simplificado*, las medidas que, aplicadas sobre el edificio y valoradas económicamente, permiten ir alcanzando las distintas calificaciones consideradas en el *Real Decreto 47/2007*, tanto para el edificio en su conjunto como para los espacios considerados en función de las orientaciones.

4.02.1 Hipótesis previas de trabajo.

Se han considerado las siguientes:

Primera: Las propuestas o actuaciones estudiadas para obtener las diferentes calificaciones energéticas son aquellas de uso más común o las más apropiadas para el tipo y uso de edificio de viviendas de promoción pública en tipología de bloque en 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.

¹ "Calificación energética de promociones de tipologías de viviendas significativas de la EMVS y definición de las directrices técnicas a considerar en futuras actuaciones, y adecuación a las condiciones energéticas del CTE", y "Análisis y diseño de las instalaciones de calefacción y ACS con energía solar térmica para promociones de viviendas sociales ejecutadas por la EMVS"

PRECOST&E. FASE I

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

Segunda: 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 2008, con los criterios y sistemas constructivos establecidos en la documentación del proyecto original.

Tercera: Las actuaciones constructivas necesarias para obtener diferentes calificaciones energéticas son variables. Algunas de ellas 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 dentro del panorama de la construcción actual.

4.02.2 Conclusiones generales sobre el procedimiento.

El estudio se realiza sobre un edificio concreto y con un método determinado (programa *Calener VyP* y *Procedimiento Ce2 Simplificado*). Se deducen así unas conclusiones generales y particulares en relación con el edificio, pero también otro tipo de conclusiones referentes al método y proceso de calificación energética. Éstas son de importancia fundamental para la correcta interpretación de los resultados del estudio. Son las siguientes:

1. **El programa *Calener VyP* proporciona exclusivamente la calificación energética del conjunto del edificio.** No prevé, sin embargo, la calificación energética independiente para las viviendas en función de su diseño, orientación o disposición dentro del edificio, que puede ser diferente de la global. Puede producirse así que se establezca una calificación energética para el conjunto del edificio que sea incongruente con la situación real de cada vivienda.
2. El **proceso de cálculo del programa *Calener VyP*** para obtener la calificación energética del edificio **no es transparente**. Es necesario tener en cuenta este modo de calcular del programa para entender los resultados obtenidos. La consideración de un sistema de refrigeración eléctrico aun cuando el edificio estudiado no contiene refrigeración, la inclusión de un sistema de calefacción de gasóleo en zonas habitables no calefactadas, la penalización de los sistemas de baja temperatura, y no tener en cuenta ciertos sistemas pasivos como la ventilación pueden servir de ejemplo. Esto **dificulta su utilización para evaluar las diferentes actuaciones propuestas o como herramienta de diseño**.
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.

PRECOST&E. FASE I

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

4.02.3 Conclusiones por propuesta**CALIFICACIÓN E:**

Para obtener una calificación E, se han mantenido las actuaciones sobre el diseño y la envolvente realizadas en el proyecto base, modificado para que cumpla el DB-HE, y se ha introducido un sistema eléctrico individualizado, compuesto por un termo eléctrico para la producción de ACS y radiadores eléctricos para calefacción (**Propuesta 1**).

El **coste de la construcción** es de **818,63 €/m²**, lo que supone una reducción del 2,56% con respecto al proyecto base y del 2,22% respecto al edificio estándar.

El **consumo de energía final** es de **67,00 Kwh/m²año**, con un **coste de 7,03 €/m²año**. Esto supone un **incremento respecto al edificio estándar de 3,47 €/m²año**.

PROPUESTA 1 E (39,2 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	0 %	Protección huecos		Persianas 50% OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,65 w/m ² K	U cubierta	0,38 w/m ² K	U suelo	0,45 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Individual	Termo eléctrico		eléctrica	Radiadores eléctricos			
	% ACS cubierto por energía solar				70 %			
Coste construcción			818,63 €/m²					
Consumo Energía final			67,00 Kwh/m²año		Coste	7,03 €/m²año		
Incremento respecto Ed. Estándar Energía final			3,47 €/m²año					

NOTA: La energía final es la consumida en los procesos para la obtención de un servicio o un bien específico de uso final (Sostenibilidad en España. Observatorio de la Sostenibilidad en España. OSE). Precios considerados sin IVA: Gas Natural: 0.037866 €/kwh. para sistemas individualizados y 0.034479 €/kwh. para sistemas centralizados. Electricidad: 0.11473 €/kwh.

PRECOST&E. FASE I

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

CALIFICACIÓN D:

Para obtener una calificación D manteniendo las actuaciones sobre el diseño y la envolvente realizadas en el proyecto base, modificado para que cumpla el DB-HE, se ha introducido un sistema individualizado mixto con gas natural, compuesto por una caldera estándar y radiadores convencionales (**Propuesta 2. Edificio estándar**).

El **coste de la construcción** en este caso es de **837,19 €/m²**, lo que supone una reducción del 0,35% con respecto al proyecto base.

El **consumo en energía final** es de **72,60 Kwh/m²año**, con un **coste** de **3,56 €/m²año**.

Si se mantiene el **sistema individualizado mixto con gas natural, compuesto por caldera estándar y radiadores convencionales y mejoramos los huecos (Propuesta 3)** reduciendo su transmitancia a valores entre 1,9 y 1,4 W/m²K para vidrios y 1,8 W/m²K para marcos, **disminuyen las emisiones pero seguimos dentro de la calificación D**.

En este caso el **coste de la construcción** es de **845 €/m²**, lo que supone un aumento del 0,58 % con respecto al proyecto base y del 0,93% respecto al edificio estándar.

El **consumo en energía final** es de **68,10 Kwh/m²año**, con un **coste** de **3,22 €/m²año**.

Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **0,34 €/m²año**.

Si se sustituye el sistema individualizado por uno **colectivo compuesto por dos calderas, una estándar y otra de condensación. (Propuesta 4. Proyecto base modificado CTE DB-HE)** obtenemos todavía una D (17,5), ya muy cerca de la calificación C (17,3 < C < 11,1)

El **coste de la construcción** en esta propuesta es de **840,14 €/m²**, lo que supone un aumento del 0,35% con respecto al edificio estándar.

El **consumo en energía final** es de **66,10 Kwh/m²año**, con un **coste** de **3,15 €/m²año**. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **0,41 €/m²año**.

PROPUESTA 2 D (18,7 KgCO ₂ /m ²) EDIFICIO ESTÁNDAR								
Diseño	Reducción % huecos	0 %	Protección huecos		Persianas 50% OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,65 w/m ² K	U cubierta	0,38 w/m ² K	U suelo	0,45 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Individual mixto	Estándar		Gas natural	Radiadores convencionales			
	% ACS cubierto por energía solar				70 %			
Coste construcción		837,19 €/m²						
Consumo Energía final		72,60 Kwh/m²año		Coste	3,56 €/m²año			

PRECOST&E. FASE I

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

PROPUESTA 3 D (17,9 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	0 %	Protección huecos		Persianas 50% OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,65 w/m ² K	U cubierta	0,38 w/m ² K	U suelo	0,39 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	1,9 w/m ² K	U min	1,6 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 1,8 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Individual mixto	Estándar		Gas natural	Radiadores convencionales			
	% ACS cubierto por energía solar				70 %			
Coste construcción			845,00 €/m ²					
Consumo Energía final			68,10 Kwh/m ² año		Coste	3,22 €/m ² año		
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final			0,34 €/m ² año					

PROPUESTA 4 D (17,50 KgCO ₂ /m ²) PROYECTO BASE MODIFICADO CTE (DB-HE)								
Diseño	Reducción % huecos	0 %	Protección huecos		Persianas 50% OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,65 w/m ² K	U cubierta	0,38 w/m ² K	U suelo	0,45 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Colectivo mixto	Condensación + Estándar		Gas natural	Radiadores convencionales			
	% ACS cubierto por energía solar				70 %			
Coste construcción			840,14 €/m ²					
Consumo Energía final			66,10 Kwh/m ² año		Coste	3,15 €/m ² año		
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final			0,41 €/m ² año					

PRECOST&E. FASE I

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

CALIFICACIÓN C:

Para obtener una calificación C desde el edificio estándar (*Propuesta 2*), se han introducido las siguientes modificaciones:

1. Sustitución del sistema individualizado por uno colectivo compuesto por dos calderas de condensación. (**Propuesta 5**)
2. Mejora de las calderas al sustituirlas por otras de condensación. (**Propuesta 6**)
3. Reducción de la transmitancia de los cerramientos hasta valores entre 0,30 y 0,25 W/m²K. (**Propuesta 7**)
4. Sustitución del sistema individualizado por uno colectivo compuesto por dos calderas de condensación y suelo radiante. (**Propuesta 8**)
5. Mejora del sistema de calefacción de cada vivienda al sustituir las calderas estándar con radiadores convencionales por otras de condensación y suelo radiante. (**Propuesta 9**)
6. Reducción de la transmitancia de los cerramientos hasta 0,15 W/m²K y mejora de calderas al sustituirlas por otras de condensación. (**Propuesta 10**)

1. El coste de la construcción en caso de sustituir el sistema individualizado por uno colectivo compuesto por dos calderas de condensación. (**Propuesta 5**), es de **841,05 €/m²**, lo que supone un aumento del 0,11% con respecto al proyecto base y del 0,46% respecto al edificio estándar.

El **consumo** en energía final es de **63,20 Kwh/m²año**, con un **coste** de **3,20 €/m²año**. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **0,36 €/m²año**.

2. El coste de la construcción en caso de sustituir las calderas por otras de condensación (**Propuesta 6**), es de **837,97 €/m²**, lo que supone una reducción del 0,26% con respecto al proyecto base y un aumento del 0,09% con respecto al edificio estándar.

El **consumo** en energía final es de **62,50 Kwh/m²año**, con un **coste** de **3,17 €/m²año**. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **0,38 €/m²año**.

3. El coste de la construcción en caso de reducir la transmitancia de los cerramientos hasta valores entre 0,30 y 0,25 W/m²K. (**Propuesta 7**), es de **843,76 €/m²**, lo que supone una aumento del 0,43 % con respecto al proyecto base y del 0,78 % respecto al edificio estándar.

El **consumo** en **energía final** es de **61,60 Kwh/m²año**, con un **coste** de **2,92 €/m²año**. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **0,63 €/m²año**.

4. El coste de la construcción en caso de sustituir el sistema individualizado por uno colectivo compuesto por dos calderas de condensación y suelo radiante (**Propuesta 8**), es de **841,61 €/m²**, lo que supone un aumento del 0,17% con respecto al proyecto base y del 0,53% respecto al edificio estándar.

PRECOST&E. FASE I

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

El **consumo** en energía final es de **57,40** Kwh/m²año, con un **coste** de **2,98** €/m²año. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **0,58** €/m²año.

5. El coste de la construcción en caso de sustituir las calderas estándar con radiadores convencionales por otras de condensación y suelo radiante. (**Propuesta 9**) es de **840,34** €/m², lo que supone un aumento del 0,02% con respecto al proyecto base y del 0,38% respecto al edificio estándar.

El **consumo** en energía final es de **56,80** Kwh/m²año, con un **coste** de **2,96** €/m²año. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **0,60** €/m²año.

6. El coste de la construcción en caso de reducir la transmitancia de los cerramientos hasta 0,15 W/m²K y mejorar las calderas al sustituirlas por otras de condensación. (**Propuesta 10**), es de **858,55** €/m², lo que supone un aumento del 2,19% con respecto al proyecto base y del 2,55% respecto al edificio estándar.

El **consumo** en energía final es de **51,90** Kwh/m²año, con un **coste** de **2,68** €/m²año. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **0,88** €/m²año.

PROPUESTA 5 C (16,9 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	0 %		Protección huecos	Persianas 50% OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,65 w/m ² K	U cubierta	0,38 w/m ² K	U suelo	0,45 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
		Colectivo mixto		Condensación (2)	Gas natural	Radiadores convencionales		
		% ACS cubierto por energía solar			70 %			
Coste construcción				841,05 €/m ²				
Consumo Energía final				63,20 Kwh/m ² año	Coste	3,20 €/m ² año		
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final				0,36 €/m ² año				

PRECOST&E. FASE I

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

PROPUESTA 6 C (16,7 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	0 %	Protección huecos			Persianas 50% OESTE		
Envolvente	cerramientos	U muros	0,65 w/m ² K	U cubierta	0,38 w/m ² K	U suelo	0,45 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía		Emisores		
	Individual mixto	Condensación		Gas natural		Radiadores convencionales		
	% ACS cubierto por energía solar				70 %			
Coste construcción €/m²			837,97 €/m²					
Consumo Energía final			62,50 Kwh/m²año		Coste	3,17 €/m²año		
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final			0,38 €/m²año					

PROPUESTA 7 C (16,4 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	0 %	Protección huecos			Persianas 50% OESTE		
Envolvente	cerramientos	U muros	0,30 w/m ² K	U cubierta	0,22 w/m ² K	U suelo	0,25 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía		Emisores		
	Individual mixto	Estándar		Gas natural		Radiadores convencionales		
	% ACS cubierto por energía solar				70 %			
Coste construcción			843,76 €/m²					
Consumo Energía final			61,60 Kwh/m²año		Coste	2,92 €/m²año		
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final			0,63 €/m²año					

PROPUESTA 8 C (15,7 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	0 %	Protección huecos			Persianas 50% OESTE		
Envolvente	cerramientos	U muros	0,65 w/m ² K	U cubierta	0,38 w/m ² K	U suelo	0,39 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía		Emisores		
	Colectivo mixto	Condensación (2)		Gas natural		Suelo Radiante		
	% ACS cubierto por energía solar				70 %			
Coste construcción			841,61 €/m²					
Consumo Energía final			57,40 Kwh/m²año		Coste	2,98 €/m²año		
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final			0,58 €/m²año					

PRECOST&E. FASE I

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

PROPUESTA 9 C (15,6 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	0 %	Protección huecos		Persianas 50% OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,65 w/m ² K	U cubierta	0,38 w/m ² K	U suelo	0,39 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Individual mixto	Condensación		Gas natural	Suelo radiante			
	% ACS cubierto por energía solar				70 %			
Coste construcción €/m²			840,34 €/m²					
Consumo Energía final			56,80 Kwh/m ² año	Coste	2,96 €/m²año			
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final			0,60 €/m²año					

PROPUESTA 10 C (14,3 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	0%	Protección huecos		Persianas 50% OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,15 w/m ² K	U cubierta	0,15 w/m ² K	U suelo	0,15 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	1 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Individual mixto	Condensación		Gas natural	Radiadores convencionales			
	% ACS cubierto por energía solar				70 %			
Coste construcción €/m²			858,55 €/m²					
Consumo Energía final			51,90 Kwh/m ² año	Coste	2,68 €/m²año			
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final			0,88 €/m²año					

PRECOST&E. FASE I

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

CALIFICACIÓN B:

Obtener una B desde el edificio estándar reduciendo la transmitancia de los cerramientos hasta $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ y mejorando el sistema individualizado mixto mediante la sustitución de las calderas estándar por otras de condensación (*Propuesta 9*), no es posible.

Sin embargo, sí se consigue aumentar la calificación a una B (***Propuesta 11***), si además se realizan las siguientes actuaciones:

- Sobre el diseño del edificio, reduciendo al 20% el porcentaje de huecos de las fachadas orientadas al norte y considerando que en las orientaciones sur y este las persianas cubren el 50% de los huecos en verano.
- Sobre la envolvente, reduciendo las renovaciones/hora a 0.8.
- Sobre los sistemas de gestión energética, aumentando la demanda de ACS cubierta por energía solar al 80%.

El **coste de la construcción** en este caso es de **858,79 €/m²**, lo que supone un aumento del 2,22% con respecto al proyecto base y del 2,58% respecto al edificio estándar.

El **consumo** en energía final es de **37,20 Kwh/m²año**, con un **coste** de **1,98 €/m²año**. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **1,57 €/m²año**.

Se continúa en la calificación B aún reduciéndose las emisiones realizando las siguientes modificaciones con respecto a la propuesta anterior:

1. Sustitución del sistema individualizado por uno colectivo mixto con gas natural, dos calderas de condensación y radiadores convencionales (***Propuesta 12***).
2. Sustitución del sistema individualizado por uno colectivo mixto con gas natural, dos calderas de condensación y suelo radiante (***Propuesta 13***).
3. Sustitución del sistema individualizado por uno colectivo mixto con gas natural, dos calderas de condensación y suelo radiante y mejora de huecos reduciendo su transmitancia a valores entre $1,9$ y $1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ para vidrios y $1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ para marcos (***Propuesta 14***).

1. El **coste de la construcción** en este caso es de **861,88 €/m²**, lo que supone un aumento del 2,59% con respecto al proyecto base y del 2,95% respecto al edificio estándar.

El **consumo** en energía final es de **37,10 Kwh/m²año**, con un **coste** de **1,89 €/m²año**. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **1,66 €/m²año**.

2. El **coste de la construcción** en este caso es de **862,44 €/m²**, lo que supone un aumento del 2,65% con respecto al proyecto base y del 3,02% respecto al edificio estándar.

El **consumo** en energía final es de **34,00 Kwh/m²año**, con un **coste** de **1,79 €/m²año**. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **1,77 €/m²año**.

PRECOST&E. FASE I

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

3. El **coste de la construcción** en este caso es de **870,01 €/m²**, lo que supone una aumento del 3,56% con respecto al proyecto base y una reducción del 3,92% respecto al edificio estándar.

El **consumo** en energía final es de **30,50 Kwh/m²año**, con un **coste** de **1,67 €/m²año**. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **1,88 €/m²año**.

PROPUESTA 11 B (10,6 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	20% NORTE		Protección huecos	Persianas 50% SUR – ESTE – OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,15 w/m ² K	U cubierta	0,15 w/m ² K	U suelo	0,15 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	0,8 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Individual mixto	Condensación		Gas natural	Radiadores convencionales			
	% ACS cubierto por energía solar				80 %			
Coste construcción		858,79 €/m²						
Consumos Energía final		37,20 Kwh/m²año		Coste	1,98 €/m²año			
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final		1,57 €/m²año						

PROPUESTA 12 B (10,6 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	20% NORTE		Protección huecos	Persianas 50% SUR – ESTE – OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,15 w/m ² K	U cubierta	0,15 w/m ² K	U suelo	0,15 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	0,8 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Colectivo mixto	Condensación (2)		Gas natural	Radiadores Convencionales			
	% ACS cubierto por energía solar				80 %			
Coste construcción		861,88 €/m²						
Consumo Energía final		37,10 Kwh/m²año		Coste	1,89 €/m²año			
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final		1,66 €/m²año						

PRECOST&E. FASE I

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

PROPUESTA 13 B (10,0 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	20 % NORTE		Protección huecos		Persianas 50% SUR – ESTE – OESTE		
Envolvente	cerramientos	U muros	0,15 w/m ² K	U cubierta	0,15 w/m ² K	U suelo	0,15 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	2,3 w/m ² K	U min	1,9 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 3,2 w/m ² K					
	Ventilación	0,8 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Colectivo mixto	Condensación (2)		Gas natural	Suelo radiante			
	% ACS cubierto por energía solar				80 %			
Coste construcción		862,44 €/m ²						
Consumo Energía final		34,00 Kwh/m ² año		Coste	1,79 €/m ² año			
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final		1,77 €/m ² año						

PROPUESTA 14 B (9,3 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	20 % NORTE		Protección huecos		Persianas 50% SUR – ESTE – OESTE		
Envolvente	cerramientos	U muros	0,15 w/m ² K	U cubierta	0,15 w/m ² K	U suelo	0,15 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	1,9 w/m ² K	U min	1,4 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 1,8 w/m ² K					
	Ventilación	0,8 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Colectivo mixto	Condensación (2)		Gas natural	Suelo radiante			
	% ACS cubierto por energía solar				80 %			
Coste construcción		870,01 €/m ²						
Consumo Energía final		30,50 Kwh/m ² año		Coste	1,67 €/m ² año			
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final		1,88 €/m ² año						

PRECOST&E. FASE I

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

CALIFICACIÓN A:

No se puede obtener una calificación A partiendo del edificio estándar, aún considerando los valores más favorables en los distintos campos de actuación que se han tenido en cuenta en el estudio, sin recurrir a hipótesis irreales.

Se podría obtener una calificación máxima **A (6,5)**, realizando las siguientes actuaciones:

- Sobre el **diseño del edificio**: reduciendo un 45% el porcentaje de huecos en todas las fachadas; y considerando que en las orientaciones este, oeste y sur las persianas cubren el 100% de los huecos en verano.
- Sobre la **envolvente**: disminuyendo la transmitancia de los cerramientos hasta 0,15 W/m²K; mejorando todos los huecos al reducir su transmitancia a 1,4 W/m²K para vidrios y 1,8 W/m²K para marcos; y reduciendo las renovaciones/ hora a 0.8.
- Sobre los **sistemas de gestión energética**: sustituyendo el sistema individualizado por uno colectivo compuesto por dos calderas de condensación y suelo radiante; y aumentando la demanda de ACS cubierta por energía solar al 100%.

El **consumo** en energía final sería de **24,7** Kwh/m²año, con un **coste** de **1,17** €/m²año. Esto supone un **ahorro respecto al edificio estándar** de **2,39** €/m²año.

A (6,5 KgCO ₂ /m ²)								
Diseño	Reducción % huecos	45 % N,S,E,O		Protección huecos	Persianas 100% SUR – ESTE – OESTE			
Envolvente	cerramientos	U muros	0,15 w/m ² K	U cubierta	0,15 w/m ² K	U suelo	0,15 w/m ² K	
	huecos	vidrios	U max:	1,4 w/m ² K	U min	1,4 w/m ² K	Factor solar (g)	0,7
		marcos	U: 1,8 w/m ² K					
	Ventilación	0,8 ren/hora						
Sistemas de gestión energética	Tipo	Caldera		Tipo energía	Emisores			
	Colectivo mixto	Condensación (2)		Gas natural	Suelo radiante			
	% ACS cubierto por energía solar				100 %			
Consumo Energía final			24,7 Kwh/m ² año					
Ahorro respecto Ed. Estándar Energía final			2,39 €/m ² año		Coste	1,17 €/m ² año		

- Si bien con las actuaciones adoptadas en esta propuesta, absolutamente radicales, se conseguiría la calificación A, la solución arquitectónica no es admisible. Aunque la reducción, no recomendable, de un 45% de la superficie de ventanas del proyecto estaría aún dentro de los mínimos legales para iluminación y salubridad, la consideración de mantener cubiertos en un 100% los huecos en verano está totalmente fuera de lo posible y razonable. Las demás actuaciones no son mejorables, por lo que esta solución se desecha y no se presupuesta. Este edificio, por sus características y diseño particular, no puede conseguir la calificación A con una propuesta viable. Sin embargo, el estudio de esta solución es muy útil para conocer las posibilidades del edificio, y sobre todo para comprobar cómo funciona la herramienta Calener.

4.02.04 Conclusiones específicas sobre el edificio considerado.

Las siguientes conclusiones se deducen a partir de la *Tabla resumen de las propuestas*. En las columnas se numeran las diferentes propuestas realizadas para obtener desde la calificación E (*Propuesta 1*) a la calificación B (*Propuesta 14*), y se incluyen sus emisiones de CO₂ y calificación energética (global y por orientaciones), diferentes presupuestos y consumos energéticos.

En las filas se describen las actuaciones realizadas para obtener las calificaciones, agrupadas en diferentes campos: diseño del edificio, actuación en la envolvente y sistemas de gestión energética. Se indican además las diferentes formas de valorar los presupuestos, los consumos y los costes del consumo.

De la memoria del estudio y del análisis de la tabla resumen 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 dos variables fundamentales**, además de la envolvente del edificio, sobre las que sacar conclusiones importantes:
 - **el diseño y orientación del edificio,**
 - **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 sobre coste 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 sobre coste 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*).²

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.

² En el estudio citado a continuación se llega a la misma conclusión: "No se aprecian diferencias significativas entre instalaciones individuales y centralizadas"

"Evaluación y situación actual de la calificación energética de edificios residenciales en España". Coord. Núria Garrido. Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) Ponencia presentada en el seminario "La certificación energética de edificios: evaluación y propuestas de mejora". Fundación Gas Natural. Madrid, 18 de mayo de 2009.

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. **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.

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.

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).

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).

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**.

PRECOST&E. FASE I

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

- 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).

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).

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 cerramientos 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.

FIN DE LA MEMORIA