



por un planeta vivo[®]

**Potencial de ahorro
energético y de
reducción de
emisiones de CO₂
del parque
residencial
existente en
España en 2020.**

INFORME
Diciembre 2010

Con la colaboración de:



WWF España

Gran Vía de San Francisco, 8-D
28005 Madrid
Tel.: 91 354 05 78
www.wwf.es

Con la colaboración de ETRES Consultores



Coordinación y textos WWF: Evangelina Nucete Álvarez.
Textos ETRES Consultores: Manuel Romero Rincón.

Patrocinado por la European Climate Foundation.

Publicado en diciembre de 2010 por WWF/Adena (Madrid, España). WWF/Adena agradece la reproducción y divulgación de los contenidos de esta publicación (a excepción de las fotografías, propiedad de los autores) en cualquier tipo de medio, siempre y cuando se cite expresamente la fuente (título y propietario del copyright).

© Texto: 2010, WWF/Adena. Todos los derechos reservados

Índice de contenidos

1. Introducción.....	5
2. El sector residencial vivienda en cifras.....	9
3. Alcance y objetivos del estudio	15
4. Metodología empleada en el estudio	16
5. Resultados del análisis	31
6. Análisis económico.....	44
7. Resumen y conclusiones.....	52
8. Peticiones de WWF	56
9. Referencias bibliográficas.....	59

Listado de gráficas

Gráfica 1. Distribución de la antigüedad del parque de viviendas en España	9
Gráfica 2. Distribución del consumo de energía final por sectores	10
Gráfica 3. Intensidad eléctrica del sector residencial en España y la UE.....	13
Gráfica 4. Intensidad energética residencial con corrección climática en España y la UE .	13
Gráfica 5. Evolución de las emisiones de CO ₂ del sector residencial en España	14
Gráfica 6. Distribución hogares por antigüedad y zona climática.....	21
Gráfica 7. Distribución hogares por antigüedad y tipo de edificio.....	22
Gráfica 8. Distribución de hogares por zona climática, tipo de edificio y antigüedad.....	22
Gráfica 9. Esquema general de los casos analizados.....	30
Gráfica 10. . Índices de Intensidad Energética Ponderados para las demandas de calefacción y refrigeración (IIEPd).....	33
Gráfica 11. Índices de Intensidad Energética Ponderados para los consumos de energía final (IIEPc) y las emisiones de CO ₂ (IIEPe)	33
Gráfica 12. Impacto de las propuestas de mejora energética sobre una vivienda media española (IIEP globales).....	35
Gráfica 13. Comparación del impacto de las mejoras energéticas analizadas.....	35
Gráfica 14.Reducción del consumo de energía final del parque residencial en 2020*, según nº viviendas reformadas entre 2011-2020.....	39
Gráfica 15. Reducción de las emisiones del parque residencial en 2020*, según nº viviendas reformadas entre 2011-2020.....	39
Gráfica 18. Comparación de la rentabilidad de las mejoras energéticas analizadas, con y sin ayudas económicas	50

Listado de tablas

Tabla 1. Distribución del consumo de energía final por sectores en 2008.....	9
Tabla 2. Intensidad energética de los hogares.....	11
Tabla 3. Distribución del consumo unitario por vivienda.....	12
Tabla 4. División cronológica del parque de viviendas.....	20
Tabla 5. Distribución de hogares tras la rezonificación en las tres zonas climáticas consideradas en el estudio.....	23
Tabla 6. Condiciones operacionales de los programas LIDER y CALENER, uso residencial vivienda.....	25
Tabla 7. Criterios de las mejoras E2 (Aisla+) y E3 (Aisla++).	27
Tabla 8. Criterios de la mejora E4 (Renovables)	28
Tabla 9. Criterios de la mejora E5 (Planes Renove)	29
Tabla 10. Resultados medios sobre la demanda de energía por vivienda media	36
Tabla 11. Resultados medios sobre el consumo de energía final por vivienda media	37
Tabla 12. Resultados medios sobre las emisiones de CO ₂ por vivienda media	37
Tabla 13. Proyección sobre el parque residencial existente* entre 2011-2020	38
Tabla 14. Ahorro acumulado de energía final del parque de viviendas* entre 2011-2020 (GWh)	40
Tabla 15. Ahorro acumulado de las emisiones de CO ₂ del parque de viviendas* entre 2011-2020 (kton CO ₂).....	41
Tabla 16. Nº viviendas a intervenir anualmente según mejora y objetivo de reducción del consumo de energía final en 2020	41
Tabla 17. Índices de Intensidad Energética Ponderado correspondiente al consumo de energía final para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS.	44
Tabla 18. Ahorro económico anual.	45
Tabla 19. Cuadro de superficies promedio.....	46
Tabla 20. Coste de inversión mejora E2 (Aisla+).	47
Tabla 21. Coste de inversión mejora E3 (Aisla++).	47
Tabla 22. Coste de inversión mejora E4 (Renovables).	47
Tabla 23. Coste de inversión mejora E5 (Planes Renove).	48
Tabla 24. Coste de inversión mejora E6 (mix).....	48
Tabla 25. Ayudas a la inversión consideradas para las distintas mejoras	49
Tabla 26. Costes de mantenimiento considerados para las distintas mejoras.	49
Tabla 27. Tiempos de retorno de la inversión para las distintas mejoras consideradas en el estudio (con y sin ayudas económicas).....	50

Anexos (en www.wwf.es)

Anexo 1.- Etapa 1. Resultados directos

- A1.1. Demandas de energía
- A1.2. Consumos de energía
- A1.3. Emisiones de CO₂

Anexo 2.- Etapa 2. Comparación-Ahorro

- A2.1. Demandas de energía
- A2.2. Consumos de energía y emisiones de CO₂

Anexo 3.- Etapa 3. Análisis de impactos por proyección al parque edificado

- A3.1. IIEP, índices de intensidad energética ponderados
- A3.2. IIEP, índices de intensidad energética ponderados globales
- A3.3. Evolución 2011-2020 – Demandas de energía
- A3.4. Evolución 2011-2020 – Consumos de energía
- A3.5. Evolución 2011-2020 – Emisiones de CO₂
- A3.6. Impacto en 2020

Anexo 4.- Características consideradas en el estudio para los distintos elementos de la envolvente térmica, según la antigüedad del edificio

Anexo 5.- Características técnicas de las instalaciones térmicas contempladas en el estudio

1. Introducción

La edificación es un sector de enorme influencia en la evolución del consumo de energía y las emisiones de CO₂. En el conjunto de la Unión Europea, los edificios son responsables del 40% del consumo total de energía¹ y del 36% de las emisiones de dióxido de carbono. En España, las viviendas y los edificios del sector terciario representan el 26% del consumo de energía final, un 17% y 9%, respectivamente². Además, tan sólo el uso de energía en las viviendas supone la quinta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero de nuestro país. Si a estas, además, se les suma las originadas en el propio proceso de construcción de los edificios, se concluye que **el sector residencial concentra la tercera parte del total de emisiones nacionales de gases de efecto invernadero**³.

Existe en la actualidad un amplio consenso sobre **la importancia estratégica de los edificios para alcanzar los objetivos comunitarios de eficiencia energética y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.** La construcción de nuevos edificios bajo requisitos de diseño y eficiencia energética mucho más exigentes que los actuales y que demanden poca o ninguna energía (edificios de consumo de energía casi cero o nulo) será una obligación para los países de la UE a partir del 31 de diciembre de 2020⁴.

Sin embargo, **las mejoras energéticas sobre las nuevas construcciones, por sí solas, no son suficientes para reducir el consumo de energía y las emisiones de la edificación.** Con ello se consigue ralentizar el ritmo de incremento de estas dos variables, pero no las disminuye. **Las emisiones originadas por el consumo de energía de la edificación guardan una estrecha relación con las emisiones del parque ya edificado**⁵, cuyo peso histórico es considerablemente mayor al de los nuevos entrantes que se van incorporando gradualmente a este núcleo emisor⁶ (la tasa anual de construcción de nuevos edificios tan sólo representa en torno al 1% de todo el parque edificatorio existente). Por otro lado, gran parte de los edificios que disfrutamos hoy día fueron construidos con unas exigencias de limitación de la demanda energética muy bajas, y en algunos casos, inexistentes.

WWF sostiene que la única fórmula realmente eficaz para reducir las emisiones y el consumo de energía del sector de la edificación es a través de la disminución de la demanda energética del parque ya edificado, mejorando los niveles de aislamiento de los edificios.

¹ Considerando 3º de la Directiva 2010/31/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). La Directiva define como edificio de consumo de energía casi nulo como aquel “edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto, donde la cantidad casi nula o muy baja de energía requerida debería estar cubierta, en muy amplia medida, por energía procedente de fuentes renovables, incluida energía procedente de fuentes renovables producida in situ o en el entorno” (art. 2.2)).

² Informe Anual de Consumos energéticos, año 2008 (IDAE, diciembre 2009), <http://www.idae.es/index.php/mod.pags/mem.detalle/idpag.481/releategoria.1368/relemenu.162>.

³ Comparecencia de la Ministra de Vivienda en la Comisión Mixta de Cambio Climático el 22 de septiembre de 2009, <http://www.mviv.es/es/pdf/intervenciones/im220909.pdf>.

⁴ En el caso de los edificios ocupados y que sean propiedad de las autoridades públicas esta fecha se adelanta al 31 dic 2018.

⁵ “Sobre una estrategia para dirigir al sector de la edificación hacia la eficiencia en la emisión de gases de efecto invernadero (GEI)”. Informe realizado por el profesor Albert Cuchí, con la colaboración de Anna Pagès, de la Universidad Politécnica de Cataluña, por encargo del Ministerio de Vivienda del Gobierno de España. Octubre 2007. http://www.mviv.es/es/pdf/otros/doc_GEI.pdf

⁶ Ibid.

Mejorar el uso de la energía en los edificios es un paso clave para cumplir con los objetivos comunitarios para 2020 del 20% de ahorro energético y del 30% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Apostar por unos edificios mejor aislados ayudaría también a reducir la dependencia energética del exterior, y a disminuir las facturas energéticas de los ciudadanos, mejorando las rentas domésticas. Pero también es una oportunidad para la recuperación económica y la **creación de miles de puestos de trabajo** en uno de los sectores económicos más afectados por la crisis y el desempleo.

En una reciente declaración conjunta, representantes del sector europeo de la construcción apuntan a que esta es la vía más eficaz y rentable de alcanzar tales objetivos⁷. Asimismo, reconocen la necesidad de **establecer unos objetivos vinculantes para la renovación energética del parque ya edificado**, de forma complementaria a los objetivos y requisitos ya exigidos para los edificios de nueva construcción, conforme a lo estipulado por la Directiva 2010/31. Para que la UE consiga reducir sus emisiones de CO₂ en un 80-95% en 2050 en comparación con los niveles de 1990, y contribuya de forma significativa al objetivo comunitario de ahorro energético del 20% en 2020, será necesario multiplicar el ritmo de rehabilitación energética en profundidad del parque por un factor de dos a tres veces la tasa actual en los próximos cuarenta años⁸.

El sector de la construcción está listo para afrontar este reto, pero necesita de marcos políticos y normativos adecuados para que tales objetivos se implementen de forma satisfactoria. Cada Estado miembro debe disponer de una estrategia con líneas de actuación bien definidas en el tiempo, tanto a nivel nacional, regional como local, para acometer una rehabilitación energética profunda de sus edificios existentes. Para lograr efectividad, cada país deberá también garantizar la disponibilidad de los medios económicos, financieros y fiscales suficientes para estimular la ejecución de las intervenciones. Además, tendrá que asegurar la viabilidad de las inversiones a los distintos agentes que intervienen en el proceso de edificación: desde la industria y la cadena de suministro, hasta los propietarios de los edificios.

La ausencia de incentivos, los fallos en la gestión administrativa, la falta de control del cumplimiento de la normativa o la nula información a los usuarios y propietarios de los edificios son algunas de las barreras que obstaculizan la rehabilitación energética.

En los últimos años se han puesto en marcha en España diversas políticas y normativas con la finalidad de mejorar el comportamiento energético del sector de la edificación. Entre ellas, cabe citar el Código Técnico de la Edificación (CTE) (2006), el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (2007), la Certificación Energética para edificios de nueva construcción (2007), el Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2012 y las actuaciones contempladas en el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2012 (PAEE+). Este último contempla ayudas para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios existentes y promueve la construcción y rehabilitación de edificios con alta calificación energética, entre otras.

⁷ “The Fundamental Importance of Buildings in Future EU Energy Saving Policies. An informal initiative of actors and stakeholders from the European construction sector to make input to future EU Energy Saving Strategies and Policies”, version 4.0 (final), 5th July 2010. http://www.ace-cae.eu/public/contents/getdocument/content_id/868

⁸ La tasa actual en la UE se sitúa entre el 1,2%-1,4% anual.

Sin embargo, muchos expertos y profesionales sostienen que el impacto de estas medidas es insuficiente para mejorar la sostenibilidad del sector e impulsar una mayor y más rápida modernización del parque edificado. Aunque el CTE consiguió incluir algunos aspectos importantes, como la utilización obligatoria de paneles solares en las nuevas edificaciones, carece de las exigencias necesarias para limitar de forma efectiva la demanda de su envolvente térmica. Por otro lado, las ayudas que se ofrecen a través del PAEE+ están principalmente orientadas a la renovación de equipos, más que en soluciones que impongan límites a las demandas de energía de los inmuebles.

Países como Alemania, Gran Bretaña, Holanda o Francia⁹ ya han aprobado políticas nacionales enfocadas a reducir el consumo energético y las emisiones de sus edificios de aquí a 2020, con objetivos y exigencias de eficiencia energética bien definidos y cuantificados, tanto para las nuevas construcciones como para las ya existentes. Si España quiere mostrar una posición firme en la lucha contra el cambio climático, debe seguir el ejemplo de otros países europeos. Para ello, tiene que aprobar un programa efectivo de rehabilitación energética del parque edificatorio existente, para transformarlo en un sector de bajo consumo energético, en el que se incluyan objetivos vinculantes de rehabilitación a 2020.

En nuestro país, la rehabilitación energética ofrece un amplio potencial de desarrollo, aunque tradicionalmente ha tenido un peso residual dentro de la actividad del sector. La rehabilitación representó en 2009 tan sólo el 19% de la inversión total de la construcción en España, frente al 43% de media en la UE. En Alemania, por ejemplo, las obras en edificios existentes suponen el 62% de la actividad del sector y la nueva construcción algo más del 37%¹⁰. La tasa de rehabilitación anual española es, comparativamente, también muy baja. Considerando el ritmo establecido dentro del Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación, se tardarían 106 años en rehabilitar el 100% del parque de viviendas existente (tomando como año de referencia el número de viviendas en 2008).

La edificación en España se ha venido basando en la construcción de obra nueva, un modelo cuya vulnerabilidad quedó puesta de relieve tras la explosión de la burbuja inmobiliaria y la crisis económica y financiera.

Apostar por una renovación energética en profundidad del parque es, ahora más que nunca, la gran oportunidad que tiene el sector para poder recuperarse de la crisis. De este modo, se crearán miles de nuevos empleos verdes, y se contribuirá a los compromisos asumidos por nuestro gobierno en materia de ahorro energético y de lucha contra el cambio climático .

⁹ En Francia, por ejemplo, todos los nuevos edificios públicos o privados que se construyan a partir de 2010 tendrán que diseñarse conforme al estándar de bajo consumo, y llegar a ser de “energía positiva” a partir de 2020. Por su parte, los edificios ya erigidos tendrán que ser renovados para alcanzar un consumo entre 90 y 150 kWh/m²/año, y para costear las inversiones necesarias se han dispuesto incentivos fiscales y financieros.

¹⁰ Informe de Coyuntura Global del Mercado Inmobiliario Español realizado por Aguirre Newmann, <http://www.euroval.com/es/observatorio/documento.asp?id=959>.

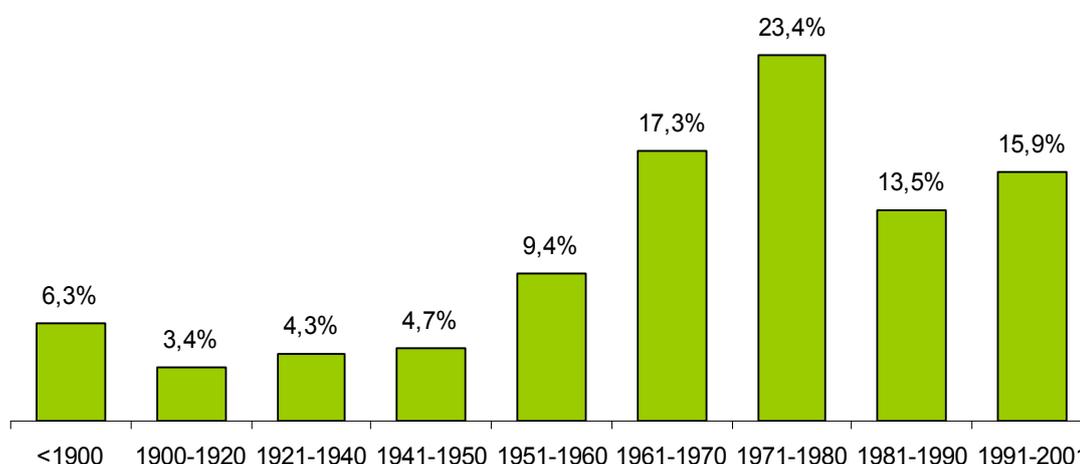
2. El sector residencial en cifras

El parque edificatorio español cuenta con un total de 3.500 millones de m² construidos, de los cuales el 85% está destinado a usos residenciales y el 15% restante a otros usos terciarios, principalmente con fines administrativos y comerciales.

Según las estadísticas oficiales, el parque de viviendas en España en 2008 estaba formado por 25.129.027 viviendas, de las cuales el 67% eran viviendas principales y el 33 % restante segundas residencias. Tan sólo el 11,5% de las viviendas españolas son de protección oficial¹¹.

El parque residencial español es relativamente joven. La antigüedad media del parque ronda los 35 años. El 70% de las viviendas existentes fueron edificadas con posterioridad a 1960, siendo las viviendas terminadas entre 1971 y 1980 las que componen el intervalo más frecuente (23,4% del total), seguido de aquellas construidas en el periodo 1961-1970 (17,3%).

Gráfica 1. Distribución de la antigüedad del parque de viviendas en España



Fuente: censo de población y vivienda 2001, INE.

El sector residencial es responsable del 17% del consumo de energía final a nivel nacional. Si a las viviendas se les suman los edificios del sector terciario, ambos suponen en conjunto el 26% del consumo de energía final¹².

Tabla 1. Distribución del consumo de energía final por sectores en 2008

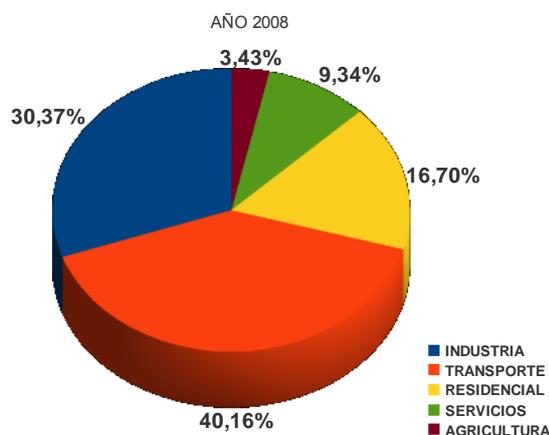
Sector	Consumo [ktep]	Peso sobre el total [%]
Industria	29.962	30,37%
Transporte	39.617	40,16%
Servicios	9.211	9,34%
Agricultura	3.382	3,43%
Residencial	16.471	16,70%
Total	98.643	100%

Fuente: IDAE.

¹¹ Secretaría de Estado de Vivienda y Actuaciones Urbanas, Ministerio de Fomento, www.mviv.es.

¹² Informe Anual de Consumos energéticos, año 2008 (IDAE, diciembre 2009).

Gráfica 2. Distribución del consumo de energía final por sectores



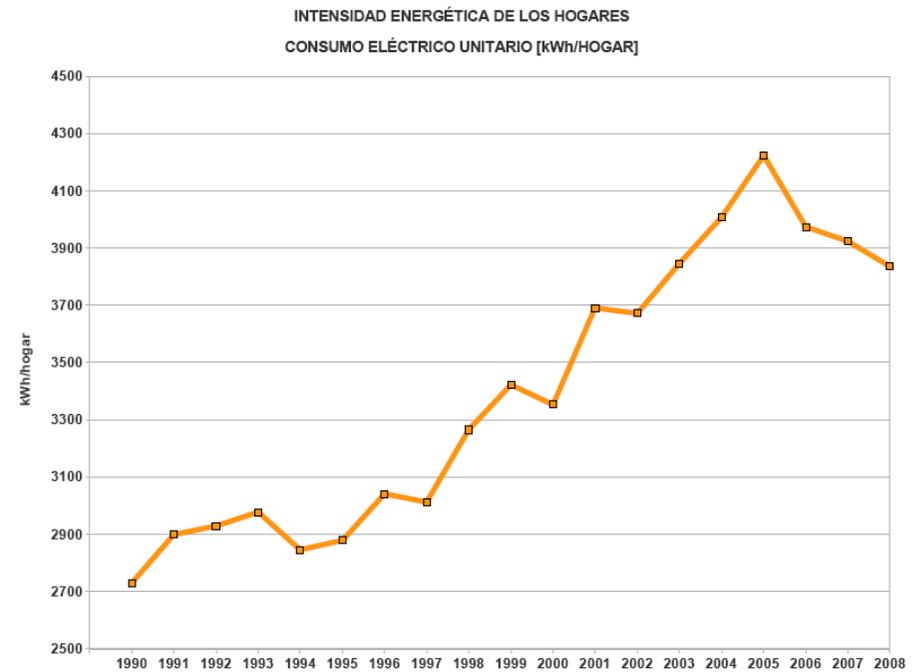
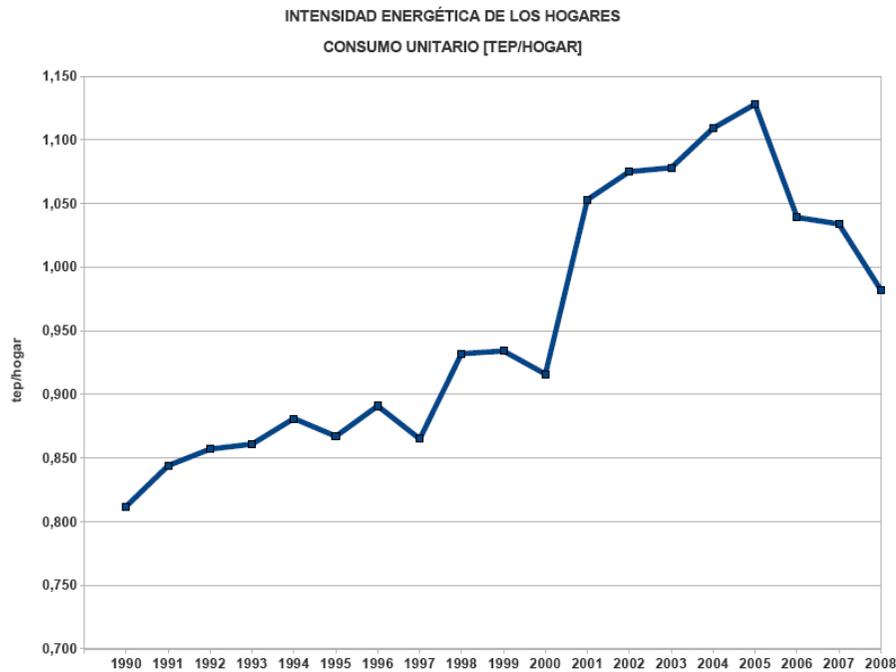
Fuente: IDAE.

En los últimos 18 años el consumo energético de los hogares se ha incrementado cerca de un 50%. Los usos de calefacción y refrigeración representan la mitad del consumo de energía final de una vivienda española media, cifra que asciende al 75% si se considera también el consumo para la producción de agua caliente sanitaria. Si bien la refrigeración todavía representa una cifra poco significativa en términos porcentuales (menos del 1%), la rápida penetración de equipos de aire acondicionado en los hogares en los últimos años hace prever que de seguir la tendencia actual, irá aumentando gradualmente en importancia (sin olvidar los problemas de punta de demanda eléctrica que genera en verano).

Las mejoras en el nivel de la renta doméstica (que ha permitido a las familias tener acceso a viviendas de mayor tamaño), el mayor equipamiento de los hogares y los cambios en los estilos de vida explican el aumento de la demanda energética del sector en los últimos años. Aunque desde 2006 se empieza a detectar un cambio de rumbo en los principales indicadores energéticos del sector, se debe principalmente a los efectos de la crisis económica, así como a las temperaturas invernales más favorables (y, como consecuencia, el menor uso de los sistemas de calefacción), más que a una mejora de los niveles de eficiencia energética del parque de viviendas.

Tabla 2. Intensidad energética de los hogares

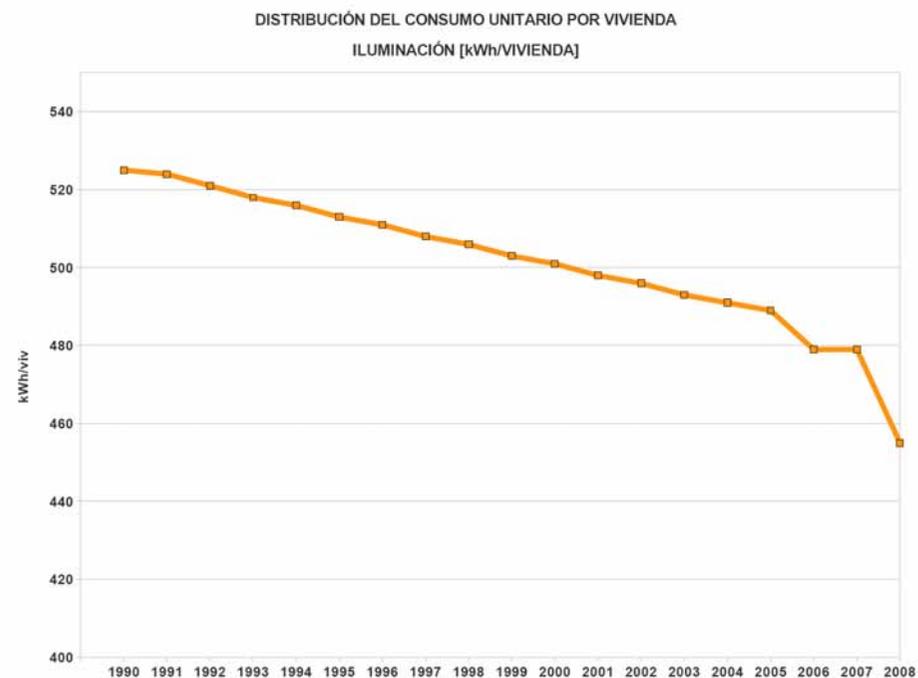
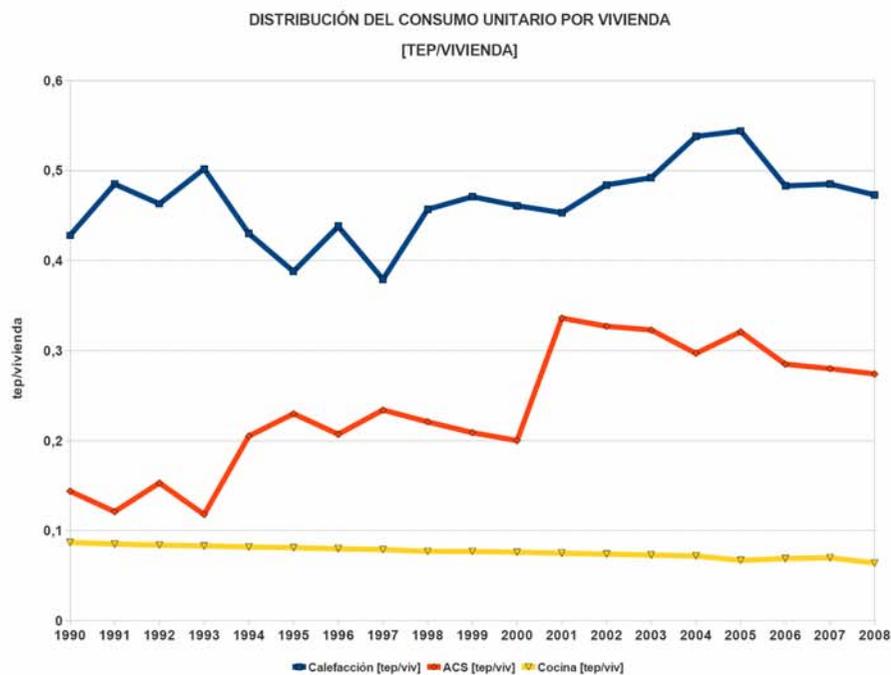
INTENSIDAD ENERGÉTICA DE LOS HOGARES																			
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Consumo unitario [tep/hogar]	0,812	0,844	0,857	0,861	0,881	0,867	0,891	0,865	0,932	0,934	0,916	1,053	1,075	1,078	1,109	1,128	1,039	1,034	0,982
Consumo eléctrico unitario [kWh/hogar]	2.730	2.899	2.929	2.978	2.846	2.879	3.042	3.013	3.265	3.422	3.353	3.691	3.672	3.846	4.007	4.223	3.974	3.924	3.835



Fuente.- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio - IDAE

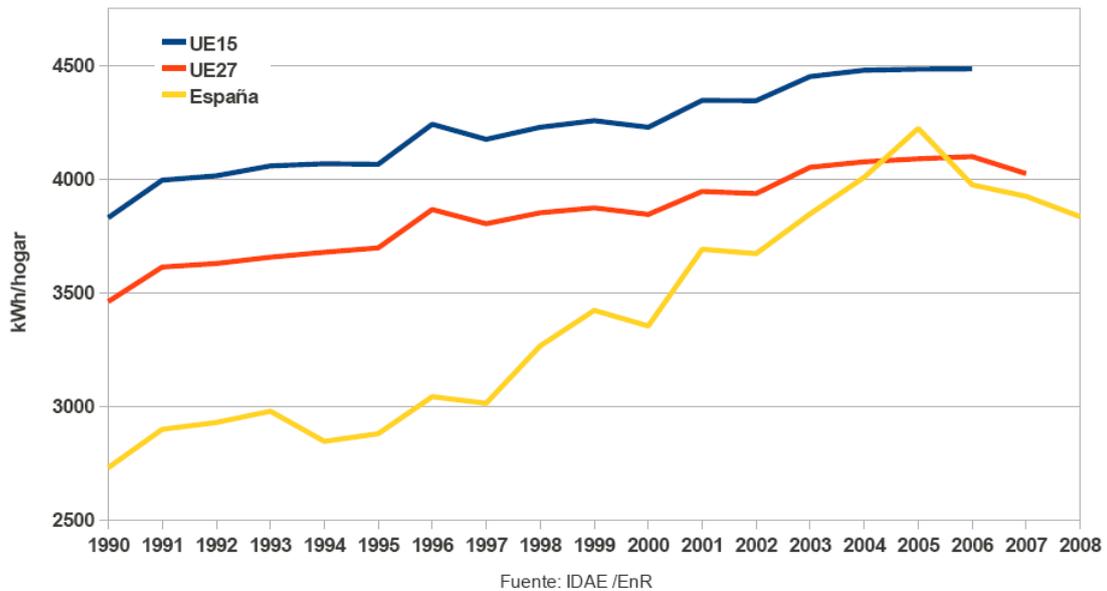
Tabla 3. Distribución del consumo unitario por vivienda.

DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO UNITARIO POR VIVIENDA																			
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Calefacción [tep/viv]	0,428	0,485	0,463	0,502	0,430	0,388	0,438	0,379	0,457	0,471	0,461	0,453	0,484	0,492	0,538	0,544	0,483	0,485	0,473
ACS [tep/viv]	0,144	0,121	0,153	0,118	0,205	0,230	0,207	0,234	0,221	0,209	0,200	0,336	0,327	0,323	0,297	0,321	0,285	0,280	0,274
Cocina [tep/viv]	0,087	0,085	0,084	0,083	0,082	0,081	0,080	0,079	0,077	0,077	0,076	0,075	0,074	0,073	0,072	0,067	0,069	0,070	0,064
Iluminación [kWh/viv]	525	524	521	518	516	513	511	508	506	503	501	498	496	493	491	489	479	479	455



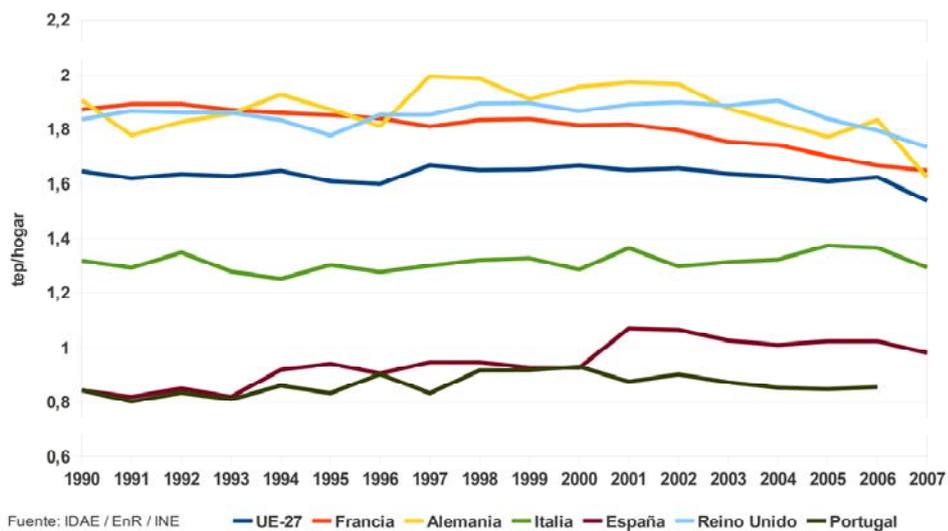
Fuente.- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio - IDAE

Gráfica 3. Intensidad eléctrica del sector residencial en España y la UE



La evolución de los usos eléctricos en los hogares ha sido el factor que ha marcado la tendencia del consumo de energía del sector en los últimos años. Así, en el periodo 1990-2008 se produjo un incremento del 40% de los usos eléctricos, frente a un 13% en los usos térmicos. No obstante, el consumo de energía eléctrica de los hogares españoles está aún por debajo de la media europea. Este indicador presentó hasta 2006 una fuerte tendencia al alza, en comparación con el resto de países de nuestro entorno, donde se aprecia una marcada tendencia hacia la contención del consumo.

Gráfica 4. Intensidad energética residencial con corrección climática en España y la UE

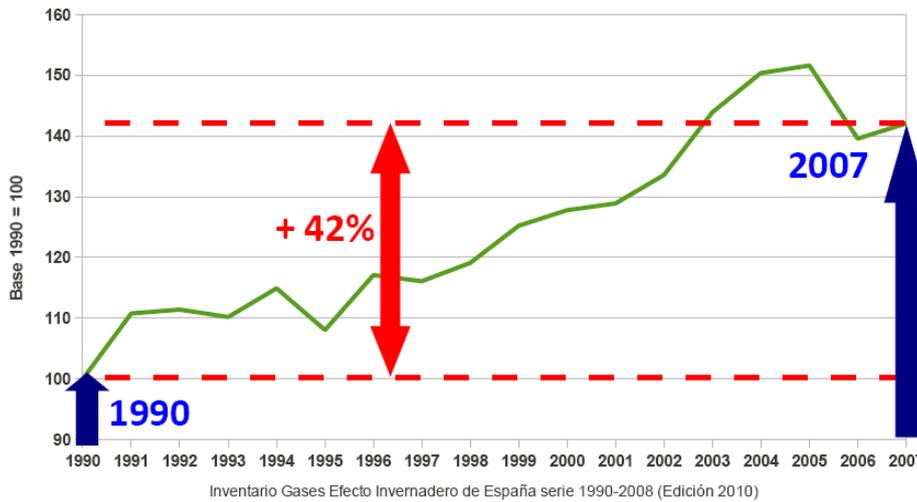


Fuente: IDAE/EnR

Las emisiones del sector residencial en 2007 se situaron un 42% respecto a los niveles de 1990 (año base del Protocolo de Kioto).

El consumo de energía en las viviendas genera la quinta parte de las emisiones de gases de efecto invernadero de nuestro país. Si a estas, además, se les suma las originadas en el propio proceso de construcción de los edificios, se concluye que el **sector residencial concentra la tercera parte del total de emisiones nacionales de gases de efecto invernadero**¹³.

Gráfica 5. Evolución de las emisiones de CO₂ del sector residencial en España 1990-2007 (% respecto al año base)



¹³ Comparecencia de la Ministra de Vivienda en la Comisión Mixta de Cambio Climático el 22 de septiembre de 2009, <http://www.mviv.es/es///pdf/intervenciones/im220909.pdf>.

3. Alcance y objetivos del estudio

WWF España ha encargado a ETRES Consultores la realización del estudio *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020*. Su finalidad es mostrar cómo, a través de una política más coordinada y decidida, se puede reducir de forma significativa el consumo de energía y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a los edificios de viviendas existentes, y contribuir así desde este sector a los compromisos comunitarios de lucha contra el cambio climático para el año 2020.

Los objetivos específicos perseguidos con este informe son los siguientes:

- Analizar el potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones que encierra el parque de edificios de uso residencial en España a 2020, considerando la aplicación de diferentes soluciones de mejora energética.
- Proponer un objetivo realista y asumible por el sector para una renovación energética profunda del parque residencial a 2020.
- Mostrar la urgencia y la importancia de impulsar de forma más acusada la rehabilitación energética sobre el parque edificado, para conseguir reducciones significativas del consumo de energía y las emisiones asociadas al sector.

El estudio compara el impacto de distintas soluciones de mejora energética sobre el consumo de energía y las emisiones de los edificios de viviendas, teniendo en cuenta las diferentes condiciones climáticas y tipologías edificatorias existentes en nuestra geografía. También se ha evaluado el impacto económico que supondría la aplicación de las diferentes soluciones de mejora para una vivienda media española.

Los resultados obtenidos se han proyectado finalmente sobre el conjunto del parque entre 2011-2020, definiendo cuatro escenarios en función del número de viviendas reformadas a lo largo de este periodo. Para cada escenario, se ha evaluado el impacto que tendría cada una de las soluciones de mejora sobre la reducción del consumo de energía y las emisiones del parque residencial en 2020, comparado con los niveles de 2008, último año del que se dispone de información estadística oficial del sector en el momento de realizar el estudio.

El **alcance** del estudio se centra únicamente en los **edificios de uso residencial vivienda** y no incluye los destinados a usos terciarios. Los edificios de viviendas representan el 85% de la superficie construida en nuestro país (un total de 3.500 millones de m²), y el 17% del consumo de energía final. Por otro lado, los sectores residencial y terciario presentan características muy diferenciadoras, tanto de tipo funcional (tamaño, horarios de utilización, cargas internas), como de usos (oficinas, comercios, hospitales...), tipologías edificatorias, instalaciones empleadas o soluciones constructivas. Todos estos son factores que condicionan el comportamiento energético de un edificio, y por lo tanto, no siempre es viable emplear las mismas técnicas de mejora en ambos sectores.

4. Metodología empleada en el estudio

4.1. Introducción

Para la realización del estudio se ha empleado la Opción General propuesta en el Documento Básico HE1-CTE, basada en la evaluación directa de la demanda de energía de los edificios. Este método de cálculo se basa en el cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitaciones exteriores e interiores y considerando los efectos de masa térmica.

El método de cálculo de la Opción General se formaliza a través de la aplicación informática LIDER, que es la versión oficial de la opción general de verificación de la exigencia de Limitación de Demanda Energética (HE1), establecida en el Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, y ofrecida por el Ministerio de la Vivienda y por el IDAE. El programa LIDER ha sido realizado por el Grupo de Termotecnia de la Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía, AICIA, con la colaboración del Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción, IETCC.

A partir del programa LIDER se ha determinado la demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio objeto, a partir de los datos climáticos de la localidad en la que se ubica y sus parámetros de definición geométrica, constructiva y operacional. La información obtenida con LIDER se ha trasladado posteriormente al programa oficial de Calificación Energética de Edificios (CALENER), para determinar las demandas energéticas de calefacción y refrigeración, los consumos de energía final y primaria y las emisiones de CO₂ de los edificios en estudio (las versiones de LIDER y CALENER VYP empleadas son las del julio de 2009).

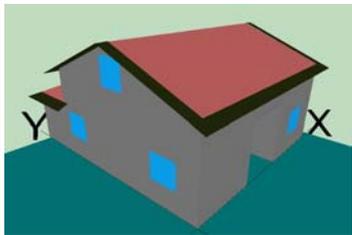
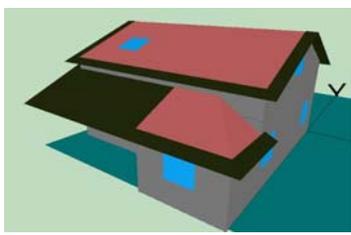
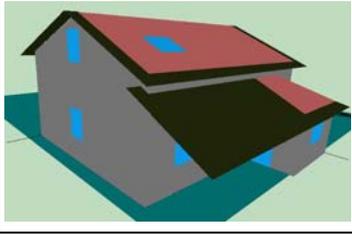
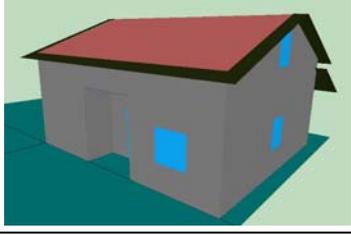
Debe tenerse en cuenta que las condiciones del motor de cálculo del programa de simulación pueden diferir de las condiciones reales del edificio (hábitos de los usuarios, climatología, instalaciones térmicas, etc.), de modo que los valores absolutos de las demandas de energía que se muestran en este estudio pueden diferir de las que realmente se produzcan en el edificio. Por este motivo, el análisis trabaja con valores relativos, comparando las demandas de energía del edificio antes y después de rehabilitar, modificando únicamente los componentes de la envolvente térmica y la zona climática en la que éste se ubica.

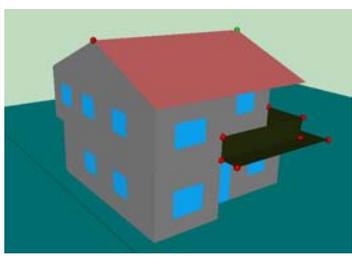
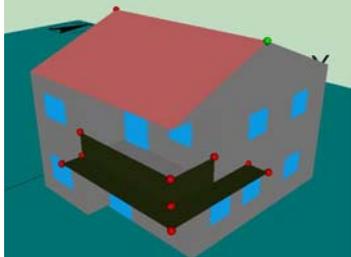
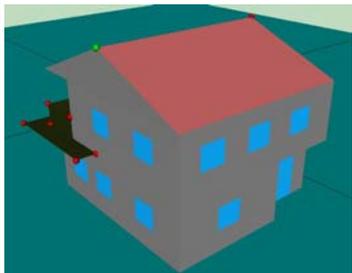
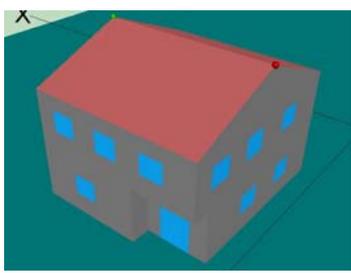
4.2. Tipologías de edificios consideradas

Se han considerado tres tipos de edificios: viviendas unifamiliares aisladas, viviendas unifamiliares adosadas (entre medianeras) y viviendas colectivas (en bloque). Para cada uno de los tipos anteriores se han analizado, a su vez, dos modelos de edificios diferentes, por lo que el número total de edificios analizados asciende a seis.

A continuación se describen las características de cada tipología edificatoria.

a.1.- Viviendas unifamiliares aisladas.- Edificios exentos, con huecos en todas las fachadas que no superan el 30% de superficie por fachada. Se consideran dos situaciones: bajo cubierta habitable y bajo cubierta no habitable.

a.1.1 Vivienda unifamiliar: PB + 1 (bajo cubierta habitable)		
Superficie acondicionada: 80 m ² (PB) + 75,2 m ² (P1) = 155,2 m ² Volumen acondicionado.- 216 m ³ (PB) + 173,71 m ³ (P1) = 389,71 m ³		
		
		

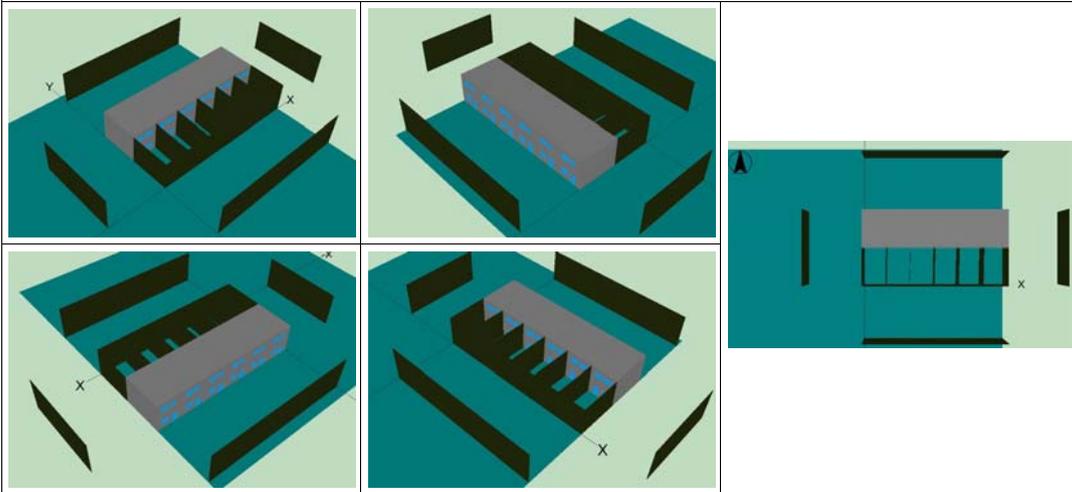
a.1.2 Vivienda unifamiliar: PB + 1 + Bajo cubierta no habitable		
Superficie acondicionada: 77,65 m ² (PB) + 75,14 m ² (P1) = 152,79 m ² Volumen acondicionado.- 209,7 m ³ (PB) + 202,9 m ³ (P1) = 412,60 m ³		
		
		

En las imágenes, el color negro se usa para indicar los elementos de sombra; el marrón para las medianeras; el gris para las fachadas y cubiertas planas; el azul para los huecos y el rosa para las cubiertas inclinadas.

a.2.- Viviendas unifamiliares adosadas (entre medianeras).- Se consideran dos situaciones bastante extendidas: la primera es una hilera de seis viviendas con huecos en fachada principal y en la opuesta (estas construcciones tuvieron un amplio desarrollo en España en la década de 1980); la segunda es una vivienda con bajo cubierta no habitable.

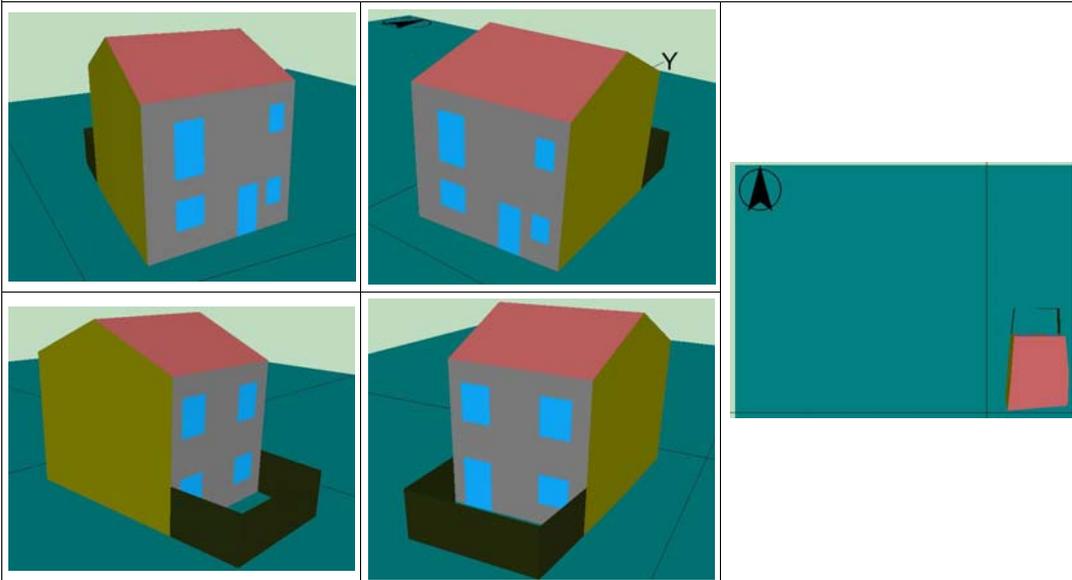
a.2.1. Viviendas unifamiliares en hilera: PB + 1 (cubierta plana)

Superficie acondicionada por vivienda: 40 m^2 (PB) + 40 m^2 (P1) = 80 m^2
 Volumen acondicionado.- 108 m^3 (PB) + 108 m^3 (P1) = 216 m^3

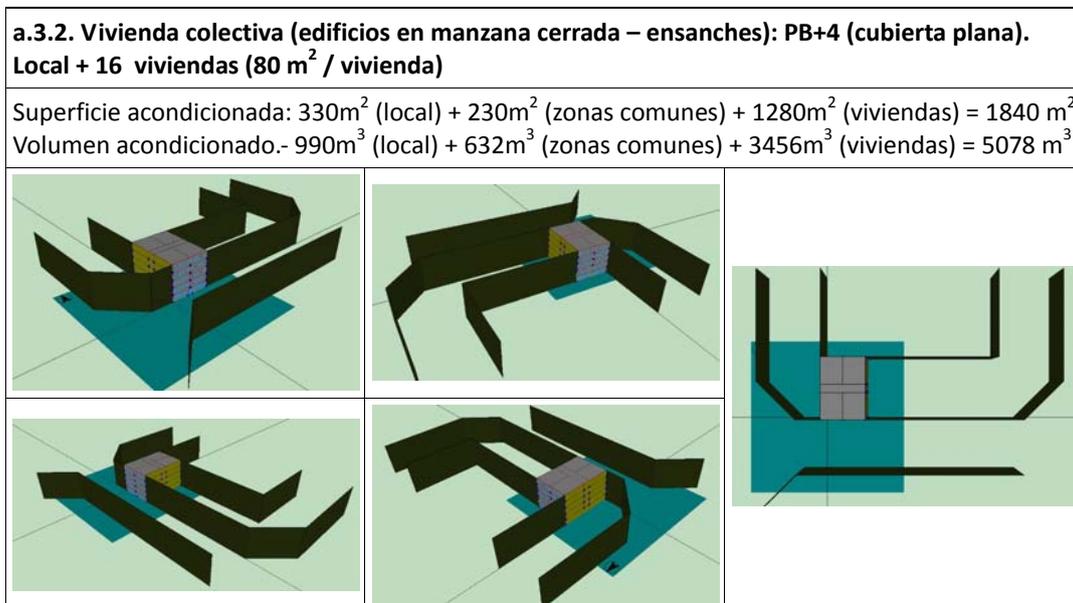
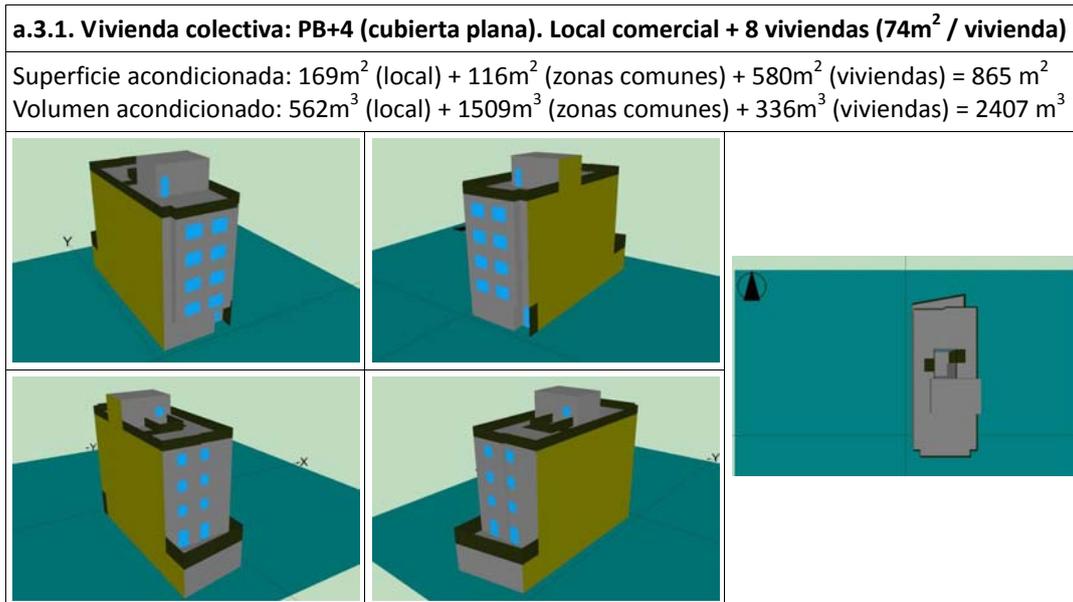


a.2.2. Vivienda unifamiliar: PB + 1 (bajo cubierta no habitable)

Superficie acondicionada: $47,65 \text{ m}^2$ (PB) + $47,65 \text{ m}^2$ (P1) = $95,30 \text{ m}^2$
 Volumen acondicionado.- $128,66 \text{ m}^3$ (PB) + $123,89 \text{ m}^3$ (P1) = $252,55 \text{ m}^3$



a.3.- Vivienda colectiva (bloque).- Se consideran dos situaciones: la primera es un bloque de viviendas entre medianeras, resultado de la ocupación de un solar existente dentro de una manzana ocupada por otros edificios. La segunda reproduce la situación producida con los “ensanches” de las ciudades producidos en el primer tercio del SXX. Para este caso se ha tomado como ejemplo el diseño del Ensanche de Barcelona (Ingeniero de Caminos Ildefonso Cerdá, padre del urbanismo moderno).



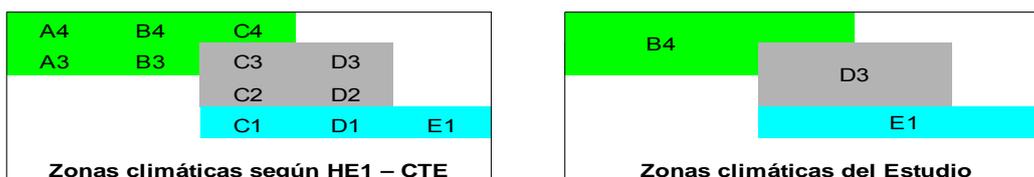
4.4. Zonas climáticas consideradas

A los efectos de este estudio y continuando con el mismo criterio empleado en otros estudios de impacto¹⁴, las doce zonas climáticas establecidas en la Sección HE1 del Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE del Código Técnico de la Edificación, se han rezonificado y agrupado en las tres zonas climáticas contempladas en este estudio. Esta agrupación se ha realizado con zonas climáticas que presentan severidades climáticas similares (de invierno y verano).

¹⁴ Estas zonas climáticas coinciden con las empleadas en el “Estudio de Impacto de la Aplicación de los Nuevos Requisitos sobre la Limitación de la Demanda Energética en los Edificios de la Propuesta de Código Técnico de la Edificación (CTE) respecto a las exigencias de la actual normativa (NBE-CT/79)” desarrollado en junio de 2003 por AICIA – Grupo de Termotecnia (E.S. Ingenieros Industriales, Universidad de Sevilla) para el entonces Ministerio de Fomento.

Las tres zonas climáticas consideradas en el estudio son las siguientes:

- b.1.- **B4 (Sevilla)**, zona climática W en la NBE-CT/79: agrupa a las zonas A4, A3, B4, B3 y C4.
- b.2.- **D3 (Madrid)**, zona climática Y en la NBE-CT/79: agrupa a las zonas C3, C2, D2 y D3.
- b.3.- **E1 (Burgos)**, zona climática Z en la NBE-CT/79: agrupa a las zonas C1, D1 y E1.



4.3. Características consideradas en la envolvente térmica

Los valores empleados para las características térmicas de los cerramientos (opacos y semitransparentes) y demás parámetros que afectan al grado de eficiencia energética de los edificios, se han tomado conforme a lo establecido, si existía, por la normativa térmica vigente en el año de construcción del edificio. En caso contrario se ha empleado la solución típica de la época.

Para ello se ha establecido una distribución cronológica con el propósito de asignar unos valores a cada una de las características térmicas de los edificios. Dicha distribución se indica en la siguiente tabla.

Tabla 4. División cronológica del parque de viviendas.

División cronológica	Año de construcción	Criterio aplicado
c.1	Anterior a 1945	Periodo anterior a la Guerra Civil. Cerramientos de gran espesor e inercia térmica.
c.2	Entre 1945 y 1981	Posguerra. Desde el inicio de uso de cerramientos de doble hoja hasta el año de aplicación efectiva de la primera normativa térmica española sobre condiciones térmicas, RD 2429/1979 (NBE-CT/79).
c.3	Entre 1981 y 2008	Periodo aplicación de la NBE-CT/79 hasta la aplicación efectiva de la normativa térmica actual: DB-HE del CTE.

En base a lo anterior se han establecido las características para los distintos elementos de la envolvente térmica del edificio que afectan al grado de eficiencia energética del mismo. Dichas características se encuentran recogidas en el **anexo 4**.

4.5. Distribución de la antigüedad del parque de viviendas

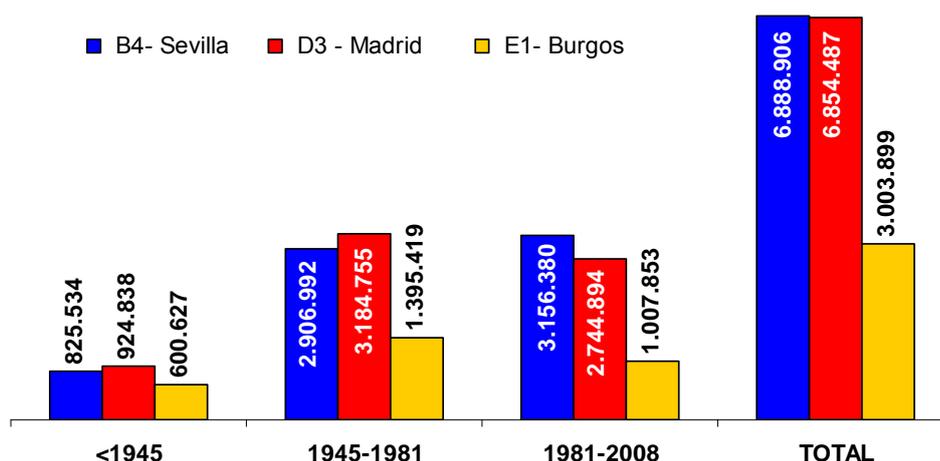
Los datos oficiales sobre la distribución de hogares por antigüedad utilizados en el estudio son los recogidos en el Censo de Población y Vivienda de 2001 del Instituto Nacional de Estadística, último publicado hasta la fecha.

En la actualidad no se dispone de datos de este tipo para el periodo 2002-2010. Sin embargo, el Ministerio de Vivienda ofrece datos de estimación del parque de viviendas (principales y no principales) y de flujos de salida (demoliciones o derribos) hasta 2008, sin especificar la antigüedad de los mismos. En este sentido, el criterio aplicado ha sido la asignación de la cifra de flujos de salida a los hogares anteriores a 1945 y las de nuevos hogares al periodo 1981-2008.

Dado que las capitales de provincia tienen mayor proporción de hogares que el resto de poblaciones de su provincia, se ha optado por asignar a todos los municipios de una provincia la misma zona climática que la de su capital.

Con estos criterios, la distribución de hogares por provincia queda definida de la siguiente forma:

Gráfica 6. Distribución hogares por antigüedad y zona climática

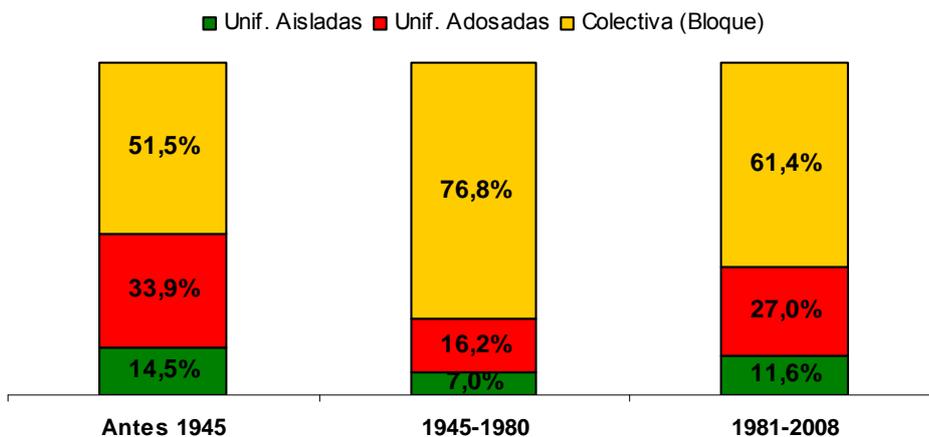


Fuente: Censo de Población y vivienda 2001, INE, y Ministerio de Vivienda (2002-2008).

El 82% de los hogares se distribuyen entre las zonas climáticas B4 (Sevilla) y D3 (Madrid). El periodo 1945-1981 es el que mayor cantidad de hogares concentra, cerca del 45%.

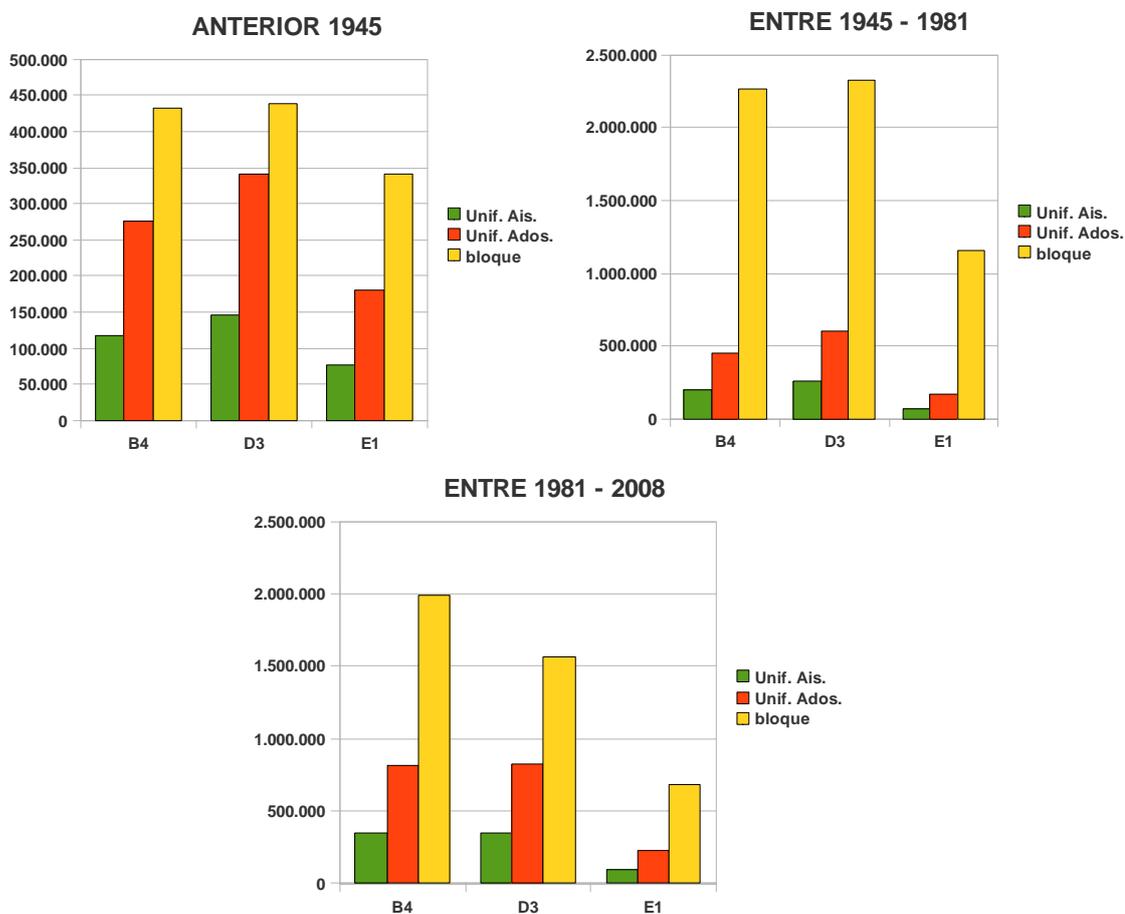
El 10% de las viviendas son unifamiliares aisladas, el 23% unifamiliares adosadas y el 67% restante son viviendas colectivas (en bloque).

Gráfica 7. Distribución hogares por antigüedad y tipo de edificio



Fuente: Censo de Población y vivienda 2001, INE, y Ministerio de Vivienda (2002-2008).

Gráfica 8. Distribución de hogares por zona climática, tipo de edificio y antigüedad.



Fuente: Censo de Población y vivienda 2001, INE, y Ministerio de Vivienda (2002-2008).

Tabla 5. Distribución de hogares tras la rezonificación en las tres zonas climáticas consideradas en el estudio.

DISTRIBUCIÓN HOGARES POR PROVINCIA								DISTRIBUCIÓN HOGARES POR ZONA CLIMÁTICA				
Provincia	Zona climática	TOTAL	<1945	1945-1981	1981-2008	Derribos 2002-2008	Nuevas 2002-2008	Zona climática	TOTAL	<1945	1945-1981	1981-2008
11-Cádiz	A3	421.728	41.542	178.328	201.858	4.401	79.091	A3	1.671.615	156.984	710.767	803.864
29-Málaga	A3	502.731	40.157	234.591	227.983	4.808	72.773	A4	223.750	22.151	80.967	120.632
52-Melilla	A3	24.916	6.126	4.355	14.435	218	7.208	B3	2.325.882	310.130	1.014.769	1.000.983
35-Palmas (Las)	A3	370.354	31.999	151.631	186.724	1.866	85.672	B4	1.807.315	195.204	776.875	835.236
38-Santa Cruz de Tenerife	A3	351.886	37.160	141.862	172.864	1.286	87.223	C1	2.018.944	407.666	985.588	625.690
04-Almería	A4	223.750	22.151	80.967	120.632	2.785	50.365	C2	2.509.720	409.420	1.191.138	909.162
07-Baleares (Illes)	B3	381.433	61.016	155.550	164.867	3.778	79.733	C3	321.844	38.654	134.559	148.631
12-Castellón/Castelló	B3	195.518	25.057	94.358	76.103	3.319	22.389	C4	860.345	141.065	323.615	395.665
51-Ceuta	B3	24.916	6.241	8.312	10.363	219	5.736	D1	543.337	104.973	221.281	217.083
30-Murcia	B3	486.151	43.557	190.607	251.987	7.362	115.261	D2	819.656	148.759	343.872	327.025
43-Tarragona	B3	296.695	42.681	99.915	154.099	4.009	81.059	D3	3.203.266	328.005	1.515.186	1.360.075
46-Valencia/València	B3	941.169	131.578	466.027	343.564	7.893	153.987	E1	441.620	87.989	188.550	165.081
03-Alicante/Alacant	B4	704.282	78.490	277.352	348.440	7.660	190.673	TOTALES	16.747.294	2.351.000	7.487.167	6.909.127
14-Córdoba	B4	284.949	33.223	121.323	130.403	4.573	35.861					
21-Huelva	B4	176.548	28.683	70.843	77.022	1.570	27.167					
41-Sevilla	B4	641.536	54.808	307.357	279.371	6.029	91.960					
33-Asturias	C1	424.997	83.308	203.279	138.410	3.324	38.919					
39-Cantabria	C1	211.864	46.722	84.952	80.190	1.176	30.384					
15-Coruña (A)	C1	404.659	72.936	177.437	154.286	4.253	44.625					
20-Guipúzcoa	C1	259.974	84.974	114.642	60.358	2.005	19.271					
36-Pontevedra	C1	296.749	56.262	138.968	101.519	2.048	13.125					
48-Vizcaya	C1	420.701	63.464	266.310	90.927	2.680	26.184					
08-Barcelona	C2	2.087.457	332.795	1.034.743	719.919	27.541	360.666					
17-Girona	C2	288.994	41.957	100.343	146.694	3.974	79.485					
32-Ourense	C2	133.269	34.668	56.052	42.549	1.116	8.191					
18-Granada	C3	321.844	38.654	134.559	148.631	4.456	44.743					
06-Badajoz	C4	242.091	49.050	82.352	110.689	1.040	23.891					
10-Cáceres	C4	161.076	34.764	57.999	68.313	837	14.227					
23-Jaén	C4	227.801	34.557	102.101	91.143	3.402	13.772					
45-Toledo	C4	229.377	22.694	81.163	125.520	3.227	46.787					
01-Alava	D1	122.165	12.158	57.548	52.459	486	21.148					
27-Lugo	D1	130.688	41.563	43.356	45.769	1.088	7.324					
31-Navarra	D1	221.580	35.023	93.728	92.829	1.726	34.534					
34-Palencia	D1	68.904	16.229	26.649	26.026	256	7.124					
16-Cuenca	D2	81.145	17.096	30.691	33.358	1.128	8.392					
22-Huesca	D2	85.655	19.436	31.130	35.089	583	12.452					
26-Rioja (La)	D2	119.457	22.824	49.606	47.027	1.174	19.192					
37-Salamanca	D2	136.959	24.065	61.649	51.245	716	11.788					
40-Segovia	D2	62.176	10.548	23.699	27.929	465	9.800					
44-Teruel	D2	60.205	16.810	18.756	24.639	505	9.640					
47-Valladolid	D2	195.077	17.523	96.263	81.291	613	23.807					
49-Zamora	D2	78.982	20.457	32.078	26.447	502	4.828					
02-Albacete	D3	136.880	18.939	57.246	60.695	2.675	15.562					
13-Ciudad Real	D3	182.595	26.616	68.809	87.170	4.053	24.808					
19-Guadalajara	D3	83.582	8.100	26.913	48.569	2.126	20.967					
25-Lleida	D3	157.608	31.657	58.791	67.160	3.293	32.505					
28-Madrid	D3	2.275.188	200.867	1.132.884	941.437	8.846	410.242					
50-Zaragoza	D3	367.413	41.826	170.543	155.044	4.327	53.353					
05-Ávila	E1	63.759	12.433	29.783	21.543	396	2.824					
09-Burgos	E1	144.002	25.213	63.352	55.437	810	17.158					
24-León	E1	195.645	41.040	81.927	72.678	543	16.665					
42-Soria	E1	38.214	9.303	13.488	15.423	106	4.856					
TOTAL		16.747.294	2.351.000	7.487.167	6.909.127	159.272	2.719.397					

DISTRIBUCIÓN HOGARES POR REZONIFICACIÓN									
Zona climática	TOTAL	<1945	1945-1981	1981-2008					
B4	6.888.907	825.534	2.906.993	3.156.380					
D3	6.854.486	924.838	3.184.755	2.744.893					
E1	3.003.901	600.628	1.395.419	1.007.854					
TOTALES	16.747.294	2.351.000	7.487.167	6.909.127					

DISTRIBUCIÓN HOGARES POR TIPO									
Zona climática	ANTES 1945			1945-1980			1981-2008		
	Unif. Ais.	Unif. Ados.	bloque	Unif. Ais.	Unif. Ados.	bloque	Unif. Ais.	Unif. Ados.	bloque
B4	118.189	275.775	431.570	193.660	451.874	2.261.458	350.156	817.032	1.989.192
D3	145.818	340.242	438.778	256.644	598.837	2.329.274	353.417	824.639	1.566.838
E1	77.719	181.344	341.564	70.851	165.319	1.159.249	96.649	225.515	685.689

Fuente: Censo de Población y vivienda 2001, INE, y Ministerio de Vivienda (2002-2008).

4.5. Condiciones operacionales

Las condiciones operacionales de los programas LIDER y CALENER utilizadas están prefijadas en los mismos y se recogen en la tabla 6. Los horarios que aquí se definen se diferencian en función de que el día sea laborable, sábado o festivo. En este sentido, se supone que el día 1 de enero es lunes. No se consideran las fiestas nacionales, regionales ni locales. En los datos climáticos se considera que el año no es bisiesto, por lo que el mes de febrero tiene 28 días. Los horarios de fuentes internas aparecen referenciados desde la hora 1 a la 24. La hora 1 representa una potencia aplicada o una temperatura de consigna o un caudal de ventilación, supuestos constantes en ese valor durante el tiempo que transcurre entre las 0 y la 1, y así sucesivamente.

Los horarios se muestran en hora oficial. Se considera régimen de verano desde el último domingo de marzo al último sábado de octubre, y el resto del año se considera régimen de invierno. Igualmente, se considera noche desde la hora 1 hasta la hora 8, ambas inclusive, y día desde la hora 9 hasta la 24. En régimen de verano, durante el periodo comprendido entre la 1 y las 8 horas, se supondrá que los espacios habitables de los edificios destinados a vivienda presentan una infiltración originada por la apertura de ventanas de 4 renovaciones por hora. El resto del tiempo, indicados con * en la tabla, el número de renovaciones hora será constante e igual al calculado según el procedimiento del apartado 4.7.4 del “*Documento de condiciones de aceptación de Procedimientos Alternativos, anexos alternativos a LIDER y CALENER*”.

Tabla 6. Condiciones operacionales de los programas LIDER y CALENER, uso residencial vivienda.

CONDICIONES OPERACIONALES – PROGRAMAS LIDER Y CALENER – USO RESIDENCIAL VIVIENDA																								
T Consigna Alta °C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Febrero	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abril	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mayo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio	27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Julio	27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Agosto	27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Septiembre	27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Octubre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Noviembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diciembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T Consigna Alta °C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Enero	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Febrero	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Marzo	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Abril	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Mayo	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Julio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Noviembre	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Diciembre	17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Ocupación sensible W/m ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Laboral	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15
Sábado	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
Festivo	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
Ocupación sensible W/m ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Laboral	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
Sábado	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
Festivo	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
Iluminación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lab. / Sab. / Fest.	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.20
Equipos W/m ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lab. / Sab. / Fest.	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.20
Ventilación verano	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lab. / Sab. / Fest.	4	4	4	4	4	4	4	4	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ventilación invierno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lab. / Sab. / Fest.	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
ACS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Perfil diario (% del máxi)	12	5	4	2	2	6	27	100	70	75	62	56	48	48	41	33	39	38	52	70	57	63	48	52

4.6. Instalaciones térmicas consideradas

Para cada edificio analizado se han considerado las siguientes combinaciones de instalaciones:

- d1. Caldera eléctrica para producción de agua caliente sanitaria agua caliente sanitaria y radiadores eléctricos para calefacción (sin instalación de refrigeración).
- d2. Calentador convencional instantáneo mediante GLP* para la producción de agua caliente sanitaria, radiadores eléctricos para calefacción y sistemas de expansión directa (split) para refrigeración.
- d3. Caldera mixta convencional mediante gasóleo para agua caliente sanitaria y calefacción, y sistemas de expansión directa (split) para refrigeración.
- d4. Igual que ‘d3’ pero empleando gas natural en lugar de gasóleo para la producción de agua caliente sanitaria y calefacción. Los resultados de demandas y consumos de energía son los mismos que en “d3”, cambiando el valor de las emisiones CO₂ debido al cambio de combustible. Por lo tanto, no se ha realizado una simulación expresa con este caso, sino que a partir de los valores de consumos de energía del caso ‘d3’, se ha aplicado el coeficiente de paso a emisiones correspondiente.

Las características técnicas de las instalaciones térmicas contempladas en el estudio se recogen en el **anexo 5**.

4.7. Mejoras energéticas consideradas

Se ha considerado un total de cinco soluciones de mejora a aplicar sobre las viviendas existentes, de distinta naturaleza, y se ha comparado su efecto con respecto a una situación en la que no se realizara ningún tipo de actuación sobre el parque, para las distintas tipologías de edificios y zonas climáticas.

► **E1 (Tendencial)**

Situación inicial del edificio sin reformar.

► **E2 (Aisla+)**

Introduce una primera mejora sobre los valores máximos permitidos contemplados actualmente en el apartado HE1 del CTE, para los parámetros de transmitancia térmica. No se impone ninguna mejora sobre la permeabilidad al aire de carpinterías, el grado de ventilación (renovaciones) o las características de los puentes térmicos¹⁵.

► **E3 (Aisla ++)** [2ª mejora niveles de aislamiento]

Introduce una segunda mejora sobre los valores máximos permitidos contemplados actualmente en el apartado HE1 del CTE. Estas mejoras incorporan criterios que se emplean en el estándar PassivHaus y se centran en la reducción de los valores máximos permitidos de transmitancia térmica, permeabilidad al aire de carpinterías y recuperación de calor del aire expulsado. No se impone ninguna mejora sobre el grado de ventilación (renovaciones)

¹⁵ Estas mejoras se basan en el estudio de impacto realizado por ETRES Consultores para ANDIMAT como propuesta para la primera y segunda revisión del CTE: <http://www.etresconsultores.es/consultoria/revision-cte-he1/>.

o las características de los puentes térmicos¹⁶.

Tabla 7. Criterios de las mejoras E2 (Aisla+) y E3 (Aisla++).

E2 (Aisla +)					
			Zona climática		
			B4 (Sevilla)	D3 (Madrid)	E1 (Burgos)
Fachadas - U (W/m ² ·K)			0,32 (1,07)	0,23 (0,86)	0,16 (0,74)
Cubiertas - U (W/m ² ·K)			0,24 (0,59)	0,18 (0,49)	0,16 (0,46)
Suelos - U (W/m ² ·K)			0,45 (0,68)	0,35 (0,64)	0,22 (0,62)
Huecos	Marcos - U (W/m ² ·K)		2,20 (5,70)	1,80 (3,50)	1,80 (3,10)
	Vidrios	U (W/m ² ·K)	2,70 (5,70)	2,30 (3,50)	2,30 (3,10)
		Factor solar - g	0,65	0,70	0,75
Permeabilidad carpinterías (m ³ / h m ²)			50	27	27
Ventilación	Renovaciones (h ⁻¹)		0,80	0,80	0,80
	Sistema de recuperación de calor para el aire expulsado		No	No	No
PUENTES TÉRMICOS Ψ TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL					
Dentro de las rehabilitaciones energéticas posibles de los edificios (aislamiento por el exterior, por el interior o relleno de cámaras de aire) se ha tomado los valores de transmitancia térmica lineal más desfavorables.					
Encuentro fachada con frentes de forjado		-0,10	Encuentro fachada con suelo exterior		0,34
Encuentro fachada con cubierta		0,34	Encuentro fachada con pilar		0,05
Encuentro fachada con contorno de huecos		0,24	Encuentro fachada con solera		0,13
Encuentro esquina saliente de fachada		0,15	Encuentro esquina entrante de fachada		0,27
<p>Notas.-</p> <p>→ Los valores de transmitancia térmica indicados son valores máximos y no valores límite o promedios (Tablas 2.2 del HE1). Con ello se evita que se pueda compensar partes de un edificio poco aisladas con otras muy aisladas.</p> <p>→ Los valores máximos de la Tabla 2.1 del HE1 para huecos son aplicables a vidrios y marcos en conjunto y no por separado. La mejora propuesta trata estos dos elementos por separado evitando poder compensar entre ellos (unión de un elemento muy malo térmicamente hablando con otro muy bueno).</p> <p>→ El HE1 no impone ninguna exigencia directa al factor solar “g” de los vidrios. En realidad, y sólo a través de lo que denomina como Opción Simplificada, la exigencia existente en las Tablas 2.2 cubre el “factor solar modificado” (producto del factor solar del vidrio por el factor de sombra).</p>					
E3 (Aisla ++)					
			Zona climática		
			B4 (Sevilla)	D3 (Madrid)	E1 (Burgos)
Fachadas - U (W/m ² ·K)			0,15 (1,07)	0,15 (0,86)	0,15 (0,74)
Cubiertas - U (W/m ² ·K)			0,15 (0,59)	0,15 (0,49)	0,15 (0,46)
Suelos - U (W/m ² ·K)			0,15 (0,68)	0,15 (0,64)	0,15 (0,62)
Huecos	Marcos - U (W/m ² ·K)		2,20 (5,70)	1,60 (3,50)	1,60 (3,10)
	Vidrios	U (W/m ² ·K)	2,20 (5,70)	1,60 (3,50)	1,60 (3,10)

¹⁶ Ibid 12.

	Factor solar - g	0,60	0,65	0,75
Permeabilidad carpinterías (m ³ / h m ²)		27 (50)	9 (27)	9 (27)
Ventilación	Renovaciones (h ⁻¹)	0,80	0,80	0,80
	Sistema de recuperación de calor para el aire expulsado con eficiencia mínima del 50%	Si	Si	Si
PUNTES TÉRMICOS Ψ TRANSMITANCIA TÉRMICA LINEAL				
Dentro de las rehabilitaciones energéticas posibles de los edificios (aislamiento por el exterior, por el interior o relleno de cámaras de aire) se ha tomado los valores de transmitancia térmica lineal más desfavorables.				
Encuentro fachada con frentes de forjado	-0,10	Encuentro fachada con suelo exterior	0,34	
Encuentro fachada con cubierta	0,34	Encuentro fachada con pilar	0,05	
Encuentro fachada con contorno de huecos	0,24	Encuentro fachada con solera	0,13	
Encuentro esquina saliente de fachada	0,15	Encuentro esquina entrante de fachada	-0,27	
<p>Notas.-</p> <p>→ Los valores de transmitancia térmica indicados son valores máximos y no valores límite o promedios (Tablas 2.2 del HE1). Con ello se evita que se pueda compensar partes de un edificio poco aisladas con otras muy aisladas.</p> <p>→ Los valores máximos de la Tabla 2.1 del HE1 para huecos son aplicables a vidrios y marcos en conjunto y no por separado. La mejora propuesta trata estos dos elementos por separado evitando poder compensar entre ellos (unión de un elemento muy malo térmicamente hablando con otro muy bueno).</p> <p>→ El HE1 no impone ninguna exigencia directa al factor solar “g” de los vidrios. En realidad, y sólo a través de lo que denomina como Opción Simplificada, la exigencia existente en las Tablas 2.2 cubre el “factor solar modificado” (producto del factor solar del vidrio por el factor de sombra).</p> <p>→ Esta propuesta incorpora alguno de los criterios que se emplean en el estándar “Passivhaus”: envolvente altamente aislada (valor U máximo de 0,15 W/m²·K) y recuperación de calor para el aire extraído de la vivienda.</p>				

► E4 (Renovables)

Consiste es la incorporación de instalaciones para el aprovechamiento de la energía solar para la producción de agua caliente sanitaria (solar térmica) y electricidad (solar fotovoltaica).

El porcentaje de cobertura para las instalaciones solares térmicas coincide con lo indicado en la Sección HE4 del DB-HE del CTE, ya que se considera que no es viable técnicamente aumentar dichos niveles.

El ámbito de aplicación de la Sección HE5 (contribución fotovoltaica) del DB-HE del CTE no cubre el uso residencial vivienda. Para determinar la cobertura de este tipo de instalación, se ha tomado como base la información facilitada por la Asociación de la Industria Fotovoltaica ASIF.

Tabla 8. Criterios de la mejora E4 (Renovables)

E4 (Renovables)			
	Zona climática H1 / HE4 - CTE		
	B4 (Sevilla)/ V	D3 (Madrid) / IV	E1 (Burgos) / II
Contribución solar para agua caliente sanitaria ACS	70%	70%	60%
Contribución solar para generación eléctrica	10%	10%	10%

► E5 (Planes Renove)

Se analiza el impacto que tendría sobre el consumo de energía del parque residencial existente la aplicación de los planes Renove para calderas y de equipos de aire acondicionado, conforme al desarrollo que están teniendo estos en las distintas Comunidades Autónomas con la aplicación del Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2012.

Tabla 9. Criterios de la mejora E5 (Planes Renove)

E5 (Planes Renove)			
	Actuación		
Plan Renove de calderas	Sustitución equipo existente por calderas de condensación.		
Plan Renove de equipos aire acondicionado	Sustitución equipo existente por uno con clase energética "A", equivalente a:	COP	EER
	Equipos divididos	> 3,6	> 3,2
	Equipos compactos	> 3,2	> 3,0
Nota.- Dado que se trata de la sustitución de equipos existentes, este escenario no es aplicable a la situación de instalaciones térmicas "d1" (caldera eléctrica para ACS y radiadores eléctricos para calefacción sin instalación de refrigeración).			

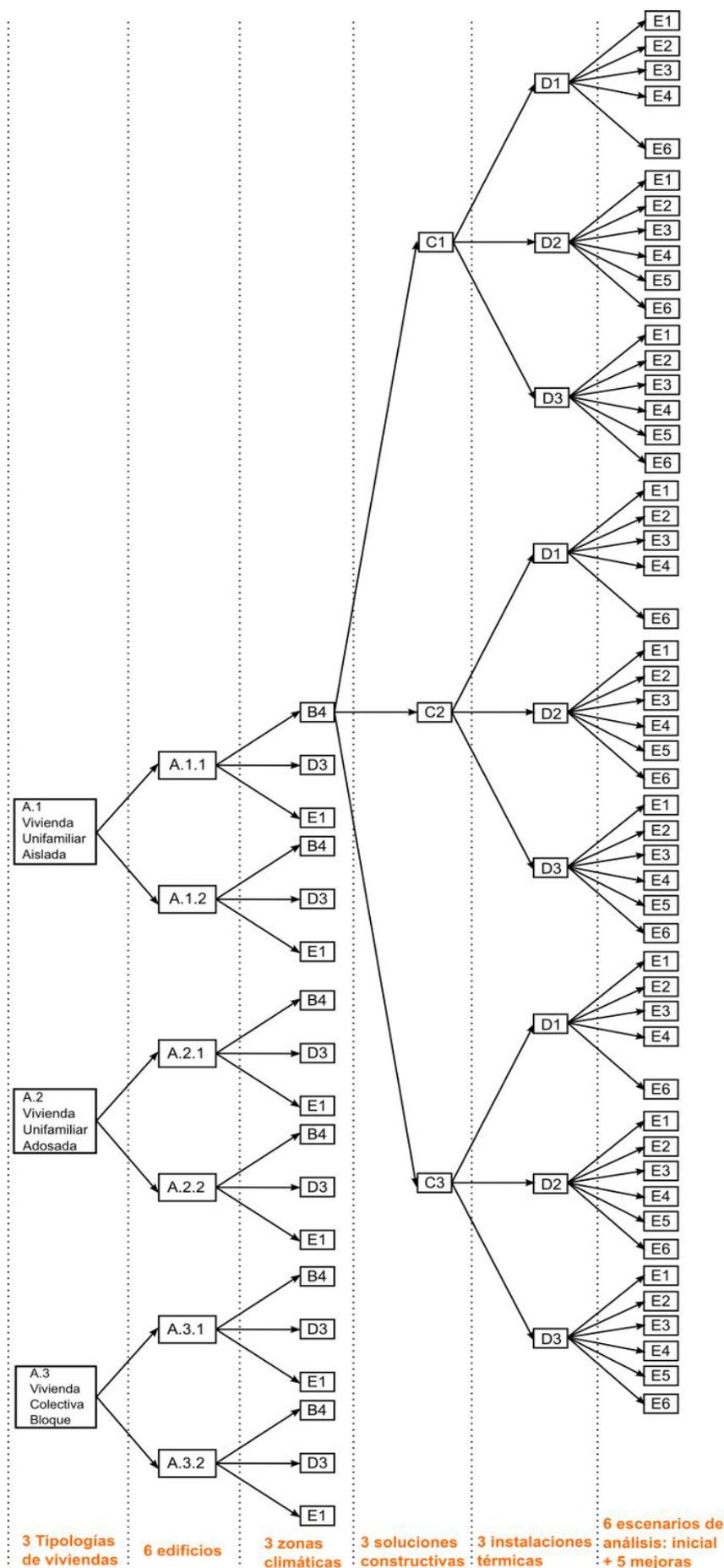
► E6 (Mix)

Consiste en la aplicación conjunta de las mejoras E3 (Aisla++) y E4 (Renovables) para los casos de edificios con instalaciones térmicas totalmente eléctricas (d1) y los escenarios E3 (Aisla++), E4 (Renovables) y E5 (Planes Renove) para el resto de edificios con instalaciones térmicas d2 y d3.

En resumen, en el estudio se analizan un total de 918 casos diferentes, resultado de la combinación de las distintas variables contempladas:

- 6 tipologías de edificios;
- 3 zonas climáticas;
- 3 tipos de envolvente térmica, según el año de construcción;
- 3 tipos de instalaciones térmicas;
- 6 escenarios de análisis: estado actual y 5 propuestas de mejora.

Gráfica 9. Esquema general de los casos analizados



Según el tipo de edificio:

- 51 casos analizados en cada zona climática
- Tres zonas climáticas
- ▶ En total, el nº de casos analizados por tipo de edificio es de 153.

Para el conjunto del estudio:

- 153 casos analizados por tipo de edificio
- 6 tipologías de edificios consideradas
- ▶ El total de casos analizados en el estudio asciende a 918.

5. Resultados del análisis

5.1. Introducción

Conforme a la metodología definida en el apartado 4, se han determinado para cada una de las situaciones consideradas (E1 a E6) los siguientes conceptos, en función de la antigüedad y el tipo de edificio, la zona climática en que se ubica y sus instalaciones térmicas:

- Demanda de energía de calefacción y refrigeración.
- Consumo de energía para cubrir las necesidades térmicas de la vivienda (calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria).
- Emisiones de CO₂ asociadas a este consumo.

Los resultados directos de cálculo de esta etapa se recogen en el **anexo 1**.

Una vez obtenidos estos resultados, se ha comparado el efecto que ejercería la aplicación de las cinco mejoras energéticas contempladas en el estudio (E2 a E6) sobre el consumo de energía y las emisiones de CO₂ de una vivienda media, frente a la situación inicial del mismo edificio sin reformar (E1). Los resultados de este análisis se recogen en el **anexo 2**.

Finalmente, los resultados obtenidos se han proyectado sobre el conjunto del parque de viviendas a lo largo del periodo 2011-2020, considerando distintos escenarios en función del número de viviendas reformadas a lo largo de ese periodo. Para cada escenario, se ha evaluado el impacto que tendría cada una de las soluciones de mejora sobre la reducción del consumo de energía y las emisiones del parque de viviendas en 2020, en comparación con los niveles de 2008, último año del que se dispone de información estadística oficial del sector en el momento de realizar el estudio. Los resultados de las proyecciones realizadas se encuentran recogidos en el **anexo 3**.

La caracterización energética del parque de viviendas se ha realizado mediante el cálculo de los parámetros que se definen a continuación:

→ **IIEP_d o Índice de Intensidad Energética Ponderado correspondiente a las demandas de energía (d)**. Se determina para la demanda de energía de calefacción y refrigeración, para cada uno de los tres periodos temporales analizados y por tipo de edificio. El IIEP_d se obtiene a partir de la fórmula:

$$IIEP_d = \frac{\sum N \times S}{T}$$

expresado en kWh/(m²·año), donde:

- N.- Cantidad de viviendas de un tipo existente en una zona climática para uno de los periodos de estudio.
- S.- Valor promedio de la demanda de calefacción o refrigeración, obtenido a partir de los resultados directos de cálculo para uno de los periodos de estudio y tipo de edificio.
- T.- Total de viviendas existentes para uno de los periodos de estudio y tipo de edificio.

→ **IIEP_c e IIEP_e**. **Indices de Intensidad Energética Ponderados correspondientes a los consumos de energía (c) y las emisiones de CO₂ (e)**. Se determina para los usos de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria, para cada uno de los tres periodos temporales analizados y por tipo de edificio. Se obtienen a partir de las fórmulas:

expresado en kWh/(m²·año) (IIEP_c) y en kg CO₂/(m²·año) (IIEP_e), donde:

$$IIEP_c = \frac{\sum V \times C}{T}$$

$$IIEP_e = \frac{\sum V \times C}{T}$$

V.- Cantidad de viviendas de un tipo existente en una zona climática y por tipo de instalaciones térmicas para uno de los periodos en estudio.

C.- Valor promedio del consumo de energía final o de emisiones de CO₂ para los servicios de calefacción, refrigeración o ACS, por zona climática y tipo de instalación térmica, obtenido a partir de los resultados directos de cálculo para uno de los periodos en estudio y tipo de edificio.

T.- Total de viviendas existentes para uno de los periodos en estudio y tipo de edificio.

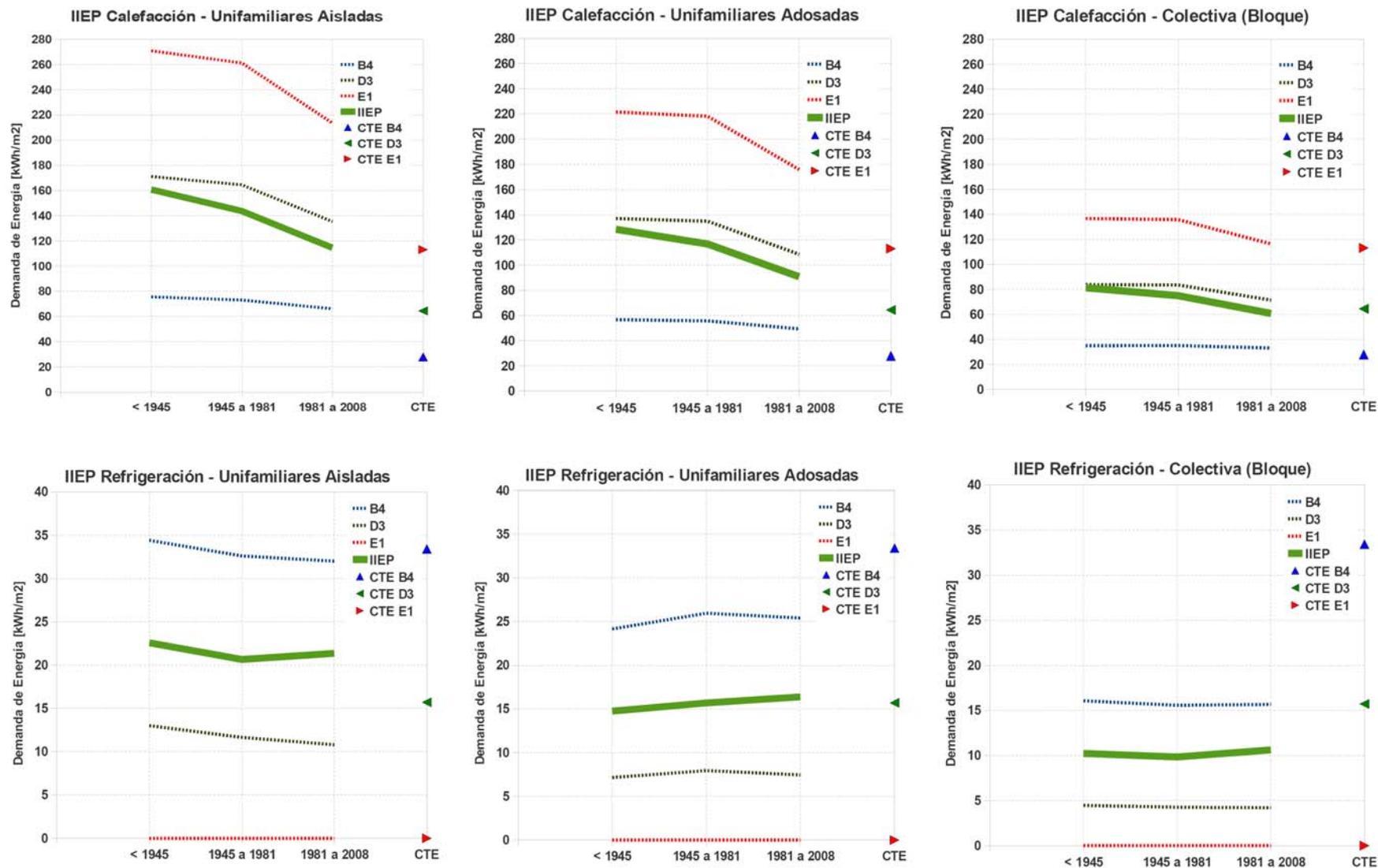
→ A partir de los dos parámetros anteriores y tras realizar ponderaciones consecutivas sobre la distribución de viviendas en función de sus instalaciones térmicas, las zonas climáticas en que se ubican, la antigüedad y el tipo de edificio, se obtiene el **Índice de Intensidad Energética Ponderado Global** o IIEP global. Este es el parámetro que caracteriza al conjunto del parque de viviendas existente, en términos de demanda de energía, consumo de energía final y emisiones de CO₂, utilizado posteriormente para determinar los impactos en 2020.

→ **IAEP globales, o Índices de Ahorro Energético Ponderados**, que se obtienen por comparación entre el IIEP_{Global} de la situación inicial (E1, edificio existente sin rehabilitar) y los IIEP_{Globales} de cada una de las cinco propuestas de mejora energética (E2 a E6).

5.2. Resultados por vivienda

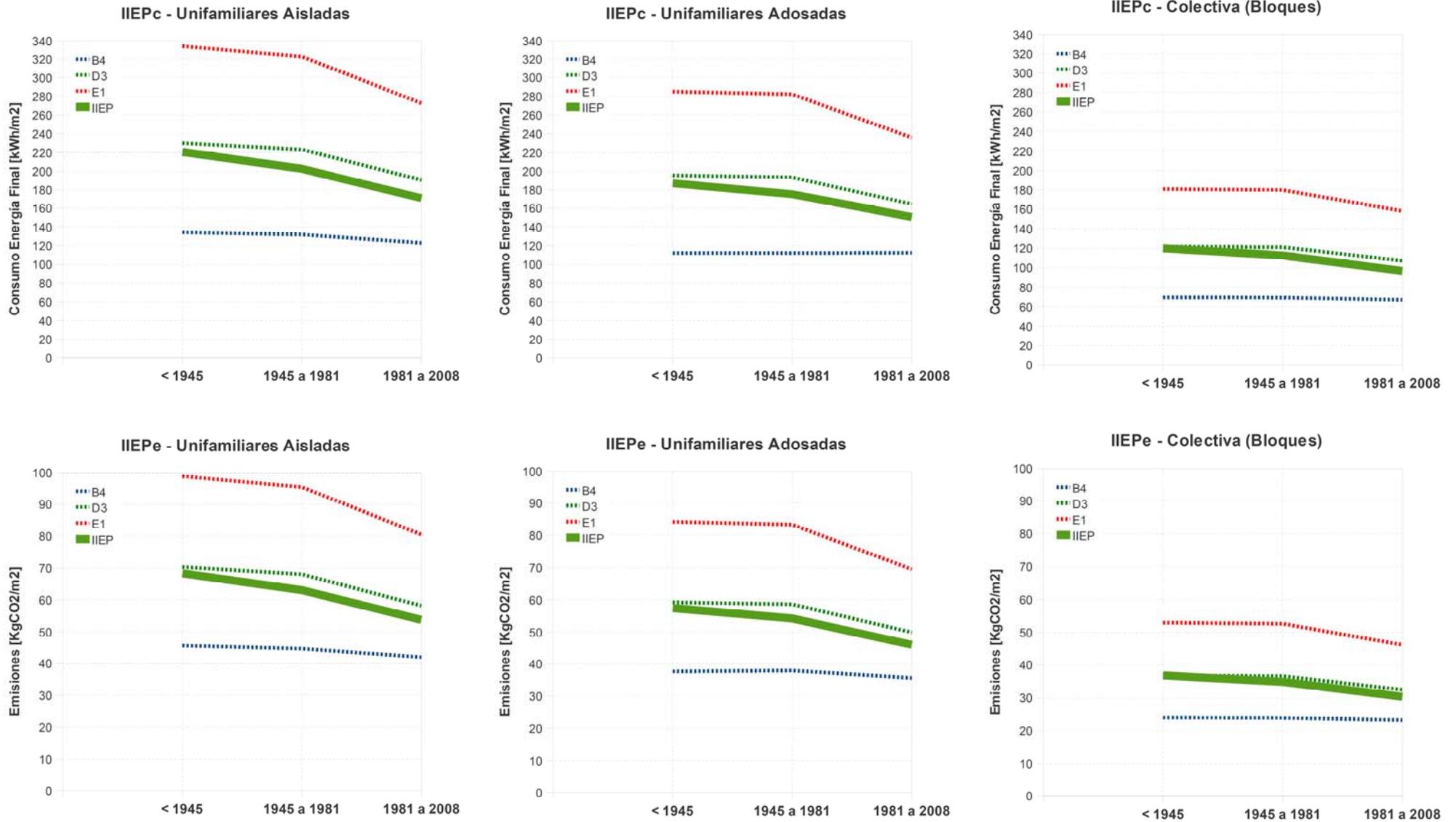
En las gráficas siguientes se pueden observar los resultados obtenidos correspondientes a las demandas, consumos de energía y emisiones de CO₂ para los tres tipos de viviendas consideradas en el estudio -unifamiliar aislada, unifamiliar adosada y colectiva-, en función de la zona climática y el periodo en que fueron construidas.

Gráfica 10. . Índices de Intensidad Energética Ponderados para las demandas de calefacción y refrigeración (IIEPd)



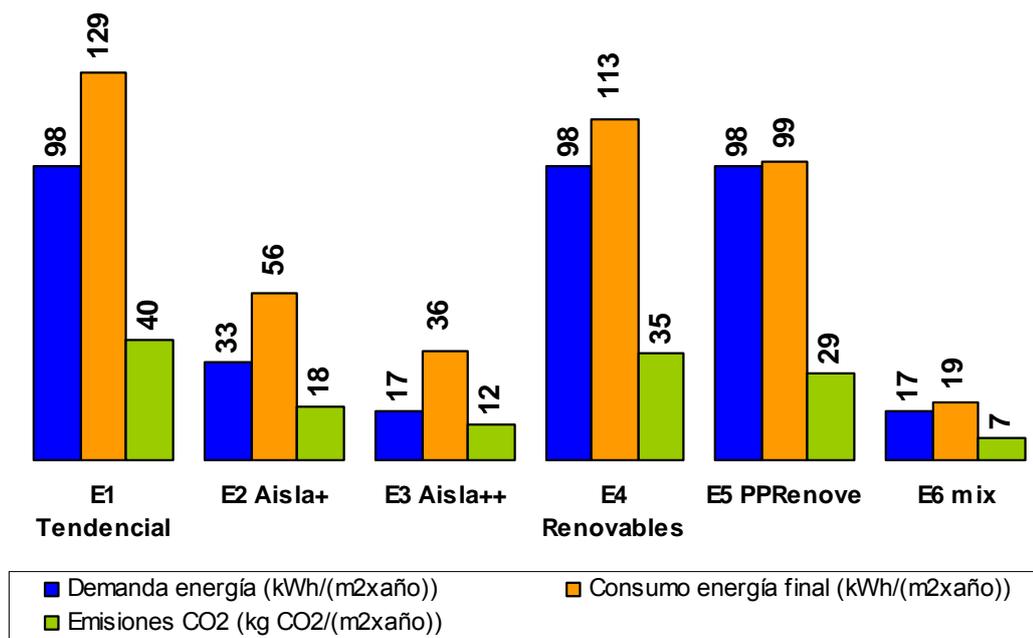
Los valores correspondientes al CTE se han tomado del documento “Escala de Calificación Energética para Edificios de Nueva Construcción” (Ministerio de Vivienda y Ministerio de Industria, Turismo y Comercio - IDAE) .

Gráfica 11. Índices de Intensidad Energética Ponderados para los consumos de energía final (IIEPc) y las emisiones de CO₂ (IIEPe)

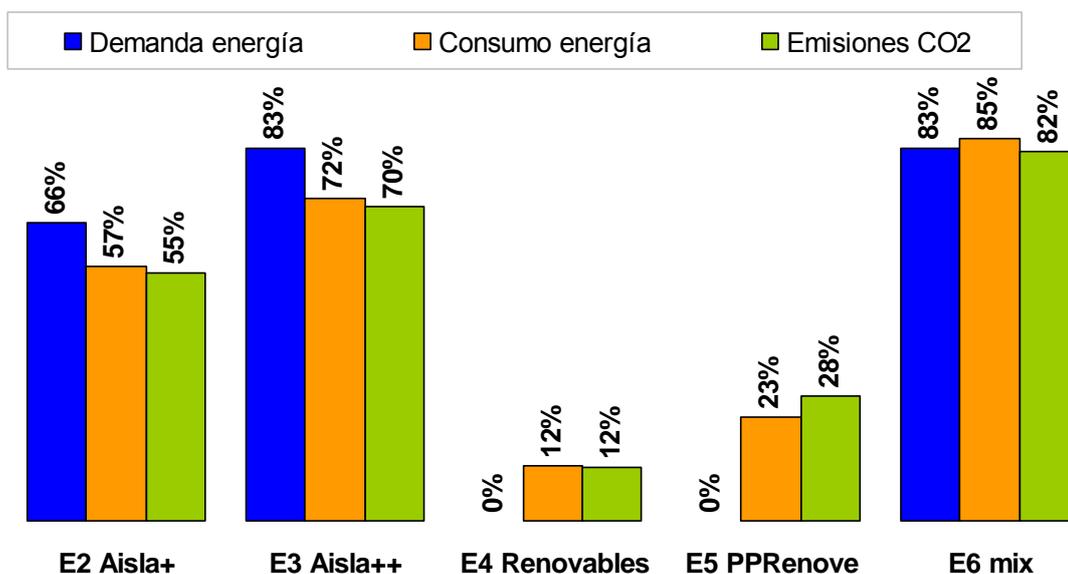


La gráfica y las tablas siguientes muestran los valores medios globales para la demanda de energía, el consumo y las emisiones de CO₂ del conjunto del parque de viviendas existente, así como los ahorros conseguidos tras la aplicación de las diferentes opciones de mejora energética, en comparación con la situación inicial del mismo edificio sin reformar (E1).

Gráfica 12. Impacto de las propuestas de mejora energética sobre una vivienda media española (IIEP globales)



Gráfica 13. Comparación del impacto de las mejoras energéticas analizadas (% de reducción respecto a una vivienda media sin intervenir)



Las medidas relacionadas con la mejora del aislamiento de los edificios son las que ofrecen los mejores resultados, en términos de ahorro de energía y de reducción de emisiones. Por el contrario, las soluciones menos efectivas son aquellas que no ejercen ningún efecto sobre la demanda térmica del inmueble.

El consumo medio de energía de una vivienda española para cubrir sus necesidades térmicas (calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria) se sitúa en 129,1 kWh/m²·año, con unas emisiones medias de 40 kg CO₂/(m²·año). La incorporación de sistemas solares o la sustitución de las instalaciones térmicas por otras más eficientes, tendría como resultado una reducción del consumo entre el 12,4% y 23,2%, respectivamente, y sobre las emisiones entre el 12% y 28%. En cambio, si se opta por mejorar el aislamiento del edificio, la reducción que se podría alcanzar sería mucho mayor, entre un 57% y un 72%, según la profundidad de la reforma acometida, de acuerdo con los parámetros definidos en el apartado 4.7. para las mejoras E2 (Aisla+) y E3 (Aisla++). En este caso, la reducción sobre las emisiones se situaría, respectivamente, entre el 55 % y 70%.

La aplicación combinada de distintas soluciones de mejora se presenta como la opción con la que se consiguen los mejores resultados en términos absolutos. El efecto de incorporar equipos más eficientes e instalaciones solares, tras mejorar previamente los niveles de aislamiento del edificio con criterios próximos a las casas pasivas, permitiría reducir más del 85% el consumo de energía y el 82% de las emisiones de CO₂ por vivienda, con respecto a los que tendría el mismo edificio sin reformar.

Tabla 10. Resultados medios sobre la demanda de energía por vivienda media

IIEP Global [kWh/(m ² ·año)]				
	IIEP aislada	IIEP adosada	IIEP colectiva	IIEP global
E1 Tendencial	154,5	122,5	80,38	97,5
E2 Aisla+	50,46	38,82	28,03	32,76
E3 Aisla++	34,65	23,19	11,57	16,55
E4 Renovables	154,5	122,5	80,38	97,5
E5 PPRenove	154,5	122,5	80,38	97,5
E6 mix	34,65	23,19	11,57	16,55
% reducción sobre E1 (vivienda sin rehabilitar)				
E2 Aisla+	-67,3%	-68,3%	-65,1%	-66,4%
E3 Aisla++	-77,6%	-81,1%	-85,6%	-83,0%
E4 Renovables	-	-	-	0
E5 PPRenove	-	-	-	0
E6 mix	-77,6%	-81,1%	-85,6%	-83,0%
IAEE Global [kWh/(m ² ·año)] (comparación con E1)				
	IAEE aislada	IAEE adosada	IAEE colectiva	IAEE global
E2 Aisla+	104,04	83,68	52,35	64,74
E3 Aisla++	119,85	99,31	68,81	80,95
E4 Renovables	0	122,5	80,38	0
E5 PPRenove	0	122,5	80,38	0
E6 mix	119,85	99,31	68,81	80,95

Tabla 11. Resultados medios sobre el consumo de energía final por vivienda media

IIEP Global [kWh/(m²*año)]				
	IIEP aislada	IIEP adosada	IIEP colectiva	IIEP global
E1 Tendencial	191,1	165,7	107,3	129,1
E2 Aisla+	76,1	71,2	47,4	55,7
E3 Aisla++	57,3	52	27,3	36
E4 Renovables	168,8	140,6	95,3	113,1
E5 PPRenove	143,4	122,2	84,7	99,2
E6 mix	31,3	27,2	14,6	19,1
% reducción sobre E1 (vivienda sin rehabilitar)				
E2 Aisla+	-60,2%	-57%	-55,8%	-56,9%
E3 Aisla++	-70%	-68,6%	-74,6%	-72,1%
E4 Renovables	-11,7%	-15,1%	-11,2%	-12,4%
E5 PPRenove	-25%	-26,3%	-21,1%	-23,2%
E6 mix	-83,6%	-83,6%	-86,4%	-85,2%
IAEE Global [kWh/(m²*año)] (comparación con E1)				
	IAEE aislada	IAEE adosada	IAEE colectiva	IAEE global
E2 Aisla+	115	94,5	59,9	73,4
E3 Aisla++	133,8	113,7	80	93,1
E4 Renovables	22,3	25,1	12	16,0
E5 PPRenove	47,7	43,5	22,6	29,9
E6 mix	159,8	138,5	92,7	110,0

Tabla 12. Resultados medios sobre las emisiones de CO₂ por vivienda media

IIEP Total [kg CO₂/(m²*año)]				
	IIEP aislada	IIEP adosada	IIEP colectiva	IIEP global
E1 Tendencial	59,7	50,9	33,3	40
E2 Aisla+	24,9	22,8	15,1	17,9
E3 Aisla++	19,4	17	9,1	12
E4 Renovables	52,4	43,6	29,7	35,2
E5 PPRenove	42,1	35,6	24,5	28,8
E6 mix	11,8	9,9	5,5	7,1
% reducción sobre E1 (vivienda sin rehabilitar)				
E2 Aisla+	-58,3%	-55,2%	-54,7%	-55,3%
E3 Aisla++	-67,5%	-66,6%	-72,7%	-70%
E4 Renovables	-12,2%	-14,3%	-10,8%	-12%
E5 PPRenove	-29,5%	-30,1%	-26,4%	-28%
E6 mix	-80,2%	-80,6%	-83,5%	-82,3%
IAEE Global [kg CO₂/(m²*año)] (comparación con E1)				
	IAEE aislada	IAEE adosada	IAEE colectiva	IAEE global
E2 Aisla+	34,8	28,1	18,2	22,1
E3 Aisla++	40,3	33,9	24,2	28,0
E4 Renovables	7,3	7,3	3,6	4,8
E5 PPRenove	17,6	15,3	8,8	11,2
E6 mix	47,9	41	27,8	32,9

5.3. Resultados sobre el parque de viviendas en 2020

A la hora de proyectar el impacto que tendrían las diferentes mejoras energéticas sobre el consumo final de energía y las emisiones de CO₂ del parque de viviendas existente a 2020, se han definido cuatro escenarios considerando el número de viviendas reformadas a lo largo del periodo 2011-2020. Para cada escenario, se ha evaluado el impacto que tendría cada una de las soluciones de mejora (E2 a E6) sobre la reducción del consumo de energía y las emisiones de todo el parque residencial en el año 2020, en comparación con los niveles de 2008, último año del que se dispone de información estadística oficial del sector en el momento de realizar el estudio.

Bajo los escenarios de impacto considerados se contempla la intervención desde 117.500 viviendas/año, coincidente con la tasa de rehabilitación anual prevista bajo el Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2011¹⁷, hasta 1.250.000 viviendas/año, lo que significa multiplicar por 9,6 la tasa anterior. Teniendo en cuenta estos ritmos, en los próximos diez años se conseguiría reformar entre el 4,5% y el 49,7% del parque de viviendas existente en 2008, teniendo distintos resultados sobre la evolución del consumo de energía final y emisiones de CO₂ de todo el parque de cara a 2020.

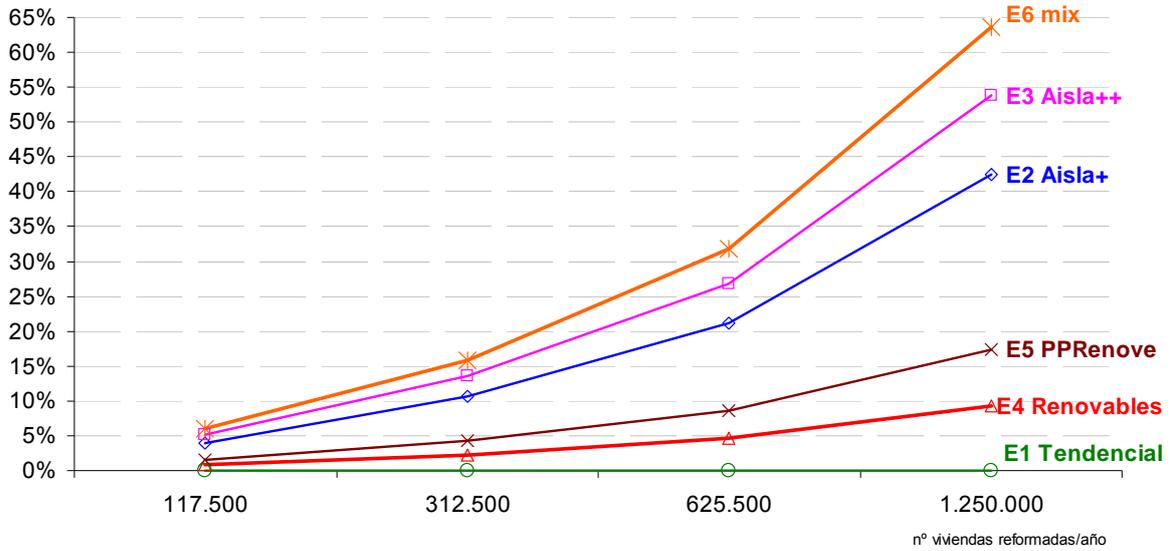
Tabla 13. Proyección sobre el parque residencial existente* entre 2011-2020

PROYECCIÓN SOBRE EL PARQUE RESIDENCIAL EXISTENTE * ENTRE 2011-2020				
	Tasa anual de reformadas (nº viviendas/año)	Nº total de viviendas reformadas en 2020	% del parque de viviendas reformado entre 2011-2020, con respecto al año base*	Nº años que se tardaría en reformar el 50% del parque
T1	117.500	1.175.000	4,5%	106 años (2116)
T2	312.500	3.125.000	12,4%	40 años (2050)
T3	625.500	6.255.000	24,5%	20 años (2030)
T4	1.250.000	12.500.000	49,7%	10 años (2020)

* Año base= 2008.

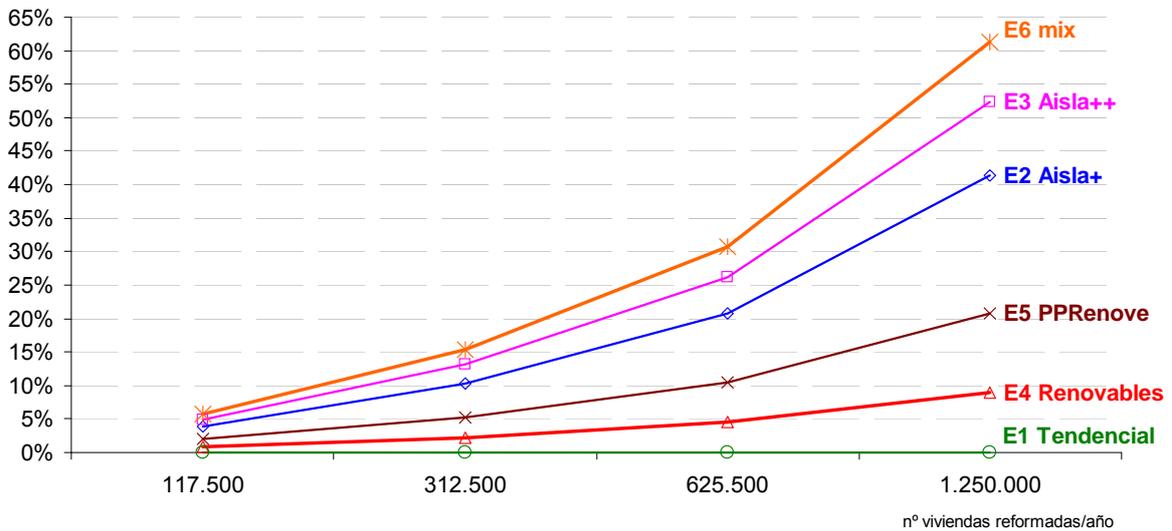
El ahorro energético y la cantidad de emisiones de CO₂ reducidas resultantes para el periodo 2011-2020 en los cuatro escenarios de impacto son, indiscutiblemente, mayores cuanto mayor es el número de viviendas reformadas. **En todos los escenarios, los efectos más significativos se consiguen al aplicar soluciones que inciden directamente sobre la demanda térmica de los inmuebles, esto es, mejorando los niveles de aislamiento de las viviendas.**

Gráfica 14. Reducción del consumo de energía final del parque residencial en 2020*, según nº viviendas reformadas entre 2011-2020.



*Año base= 2008.

Gráfica 15. Reducción de las emisiones del parque residencial en 2020*, según nº viviendas reformadas entre 2011-2020.



*Año base= 2008.

Mejorar el aislamiento de las viviendas bajo criterios más exigentes que los del actual CTE (mejora E2-Aisla+), permitiría reducir el consumo de energía del parque hasta un 42% y sus emisiones de CO₂ un 41% en 2020, con respecto a 2008, lo que significaría un ahorro acumulado de más de 400.000 GWh y más de 123 Mton CO₂ a lo largo del periodo 2011-2020.

En el caso de aplicar criterios de rehabilitación aún más exigentes, cercanos a los estándares de las casas pasivas (mejora E3-Aisla++), el parque de viviendas podría reducir en 2020 hasta un 54% su consumo de energía en comparación con 2008, y sus emisiones en un 52%. La factura energética doméstica se reduciría así en más de 500.000 GWh, y se evitaría la emisión de más de 153 Mton CO₂ durante todo el periodo.

En cambio, medidas como la renovación de las instalaciones térmicas o la incorporación de sistemas solares a las viviendas presentan, comparativamente, un impacto muy bajo sobre la reducción del consumo de energía del parque. En el primer caso, el máximo ahorro que se obtendría en 2020 no supera el 17% en el mejor de los escenarios, y en el segundo apenas el 9%. Para las emisiones, estas cifras alcanzarían el 21% y 9%, respectivamente.

Estos resultados ponen de relieve que si no se optimiza previamente la envolvente térmica de los edificios, medidas como mejorar la eficiencia energética de las instalaciones o incorporar energías renovables en las viviendas presentan unos efectos muy limitados sobre la mejora integral del parque.

Por el contrario, si se contemplan estas mismas mejoras tras someter previamente a los inmuebles a una rehabilitación energética en profundidad y con criterios próximos a los estándares de las casas pasivas (mejora E6-mix), el impacto sobre el ahorro energético del parque de viviendas sería máximo. El consumo de energía final y las emisiones de CO₂ en 2020 lograrían disminuir hasta un 64% y 61% con respecto a 2008, respectivamente, y dejarían de consumirse más de 600.000 GWh entre 2011 y 2020. Las emisiones acumuladas evitadas ascenderían a cerca de 183 Mton CO₂, equivalente al 49,4% de las emisiones de CO_{2eq} que emitió España en 2009¹⁸.

Tabla 14. Ahorro acumulado de energía final del parque de viviendas* entre 2011-2020 (GWh)

Nº total viviendas reformadas al año	117.500	312.500	625.500	1.250.000
E1 Tendencial	0	0	0	0
E2 Aislamiento +	38.425	102.193	204.550	408.773
E3 Aislamiento ++	48.758	129.677	259.561	518.707
E4 Renovables	8.411	22.370	44.777	89.481
E5 PPRenove	15.650	41.622	83.310	166.470
E6 mix	57.575	153.126	306.497	612.503

*Parque de viviendas correspondiente al año 2008. Resultados calculados a partir de una vivienda media en España.

¹⁸ Las emisiones brutas totales de gases de efecto invernadero en 2009 fueron 370.389,15 kton CO_{2eq}. “Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2009)”, Worldwatch y CC.OO., abril 2010.

Tabla 15 Ahorro acumulado de las emisiones de CO₂ del parque de viviendas* entre 2011-2020 (kton CO₂)

Nº viviendas reformadas al año	117.500	312.500	625.500	1.250.000
E1 Tendencial	0	0	0	0
E2 Aislamiento +	11.581	30.802	61.653	123.207
E3 Aislamiento ++	14.677	39.034	78.130	156.135
E4 Renovables	2.516	6.692	13.394	26.766
E5 PPRenove	5.845	15.546	31.117	62.184
E6 mix	17.196	45.733	91.539	182.931

*Parque de viviendas correspondiente al año 2008. Resultados calculados a partir de una vivienda media en España.

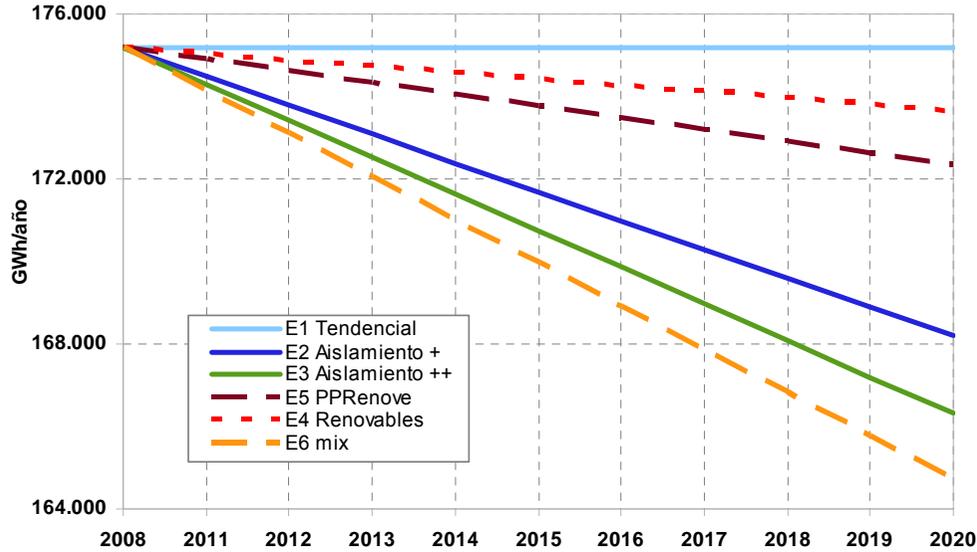
Al valorar únicamente las opciones que sobrellevan reducciones en la demanda térmica (tabla 16), se observa que, **para alcanzar en 2020 unas cifras de ahorro significativas en cuanto a resultados, a lo largo del periodo 2011-2020 habría que rehabilitar entre el 20% y el 40% del parque existente en 2008**, esto es, **entre medio millón y un millón de viviendas al año**. En función de la mejora aplicada, **el consumo de energía en 2020 podría reducirse entre un 30% y un 50% con respecto a 2008**.

Tabla 16. Nº viviendas a intervenir anualmente según mejora y objetivo de reducción del consumo de energía final en 2020

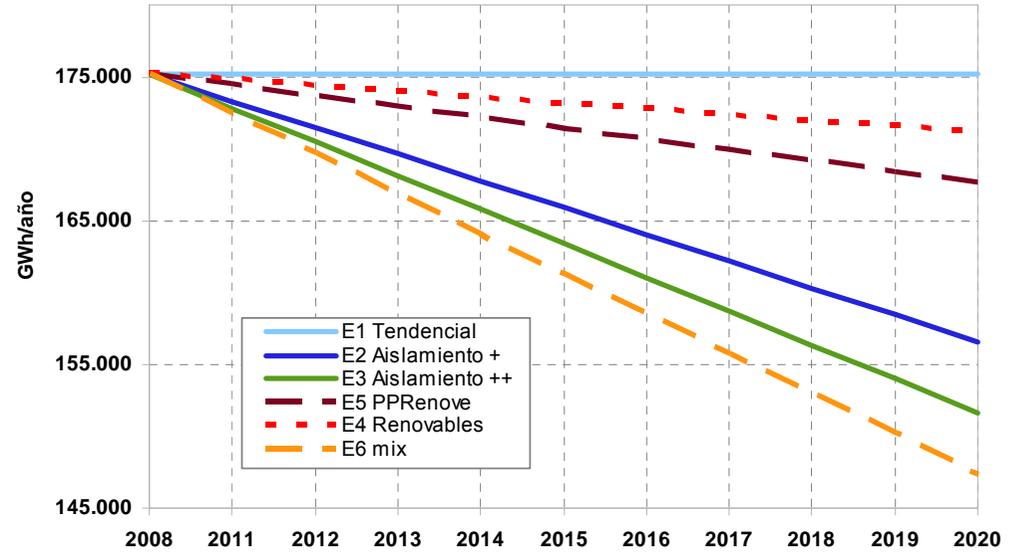
Reducción del consumo de viviendas (sobre 2008)	Ahorro EFinal del parque (GWh)	Ahorro medio de emisiones (kton CO2/año)	Mejora aplicada	Nº viviendas que necesitarían intervenir por año	Nº total de viviendas intervenidas entre 2011-2020	% del parque rehabilitado en 2020 (resp. 2008)
30%	52.554	8.717	E2	890.000	8.900.000	35
			E3	700.000	7.000.000	28
			E6	590.000	5.900.000	23
35%	61.313	10.230	E2	1.050.000	10.500.000	42
			E3	820.000	8.200.000	33
			E6	690.000	6.900.000	27
40%	70.072	11.662	E3	930.000	9.300.000	37
			E6	800.000	8.000.000	32
50%	8.759	14.488	E6	990.000	9.900.000	39

Gráfica 16. Evolución del consumo de energía final del parque de viviendas entre 2011-2020, respecto al año base.

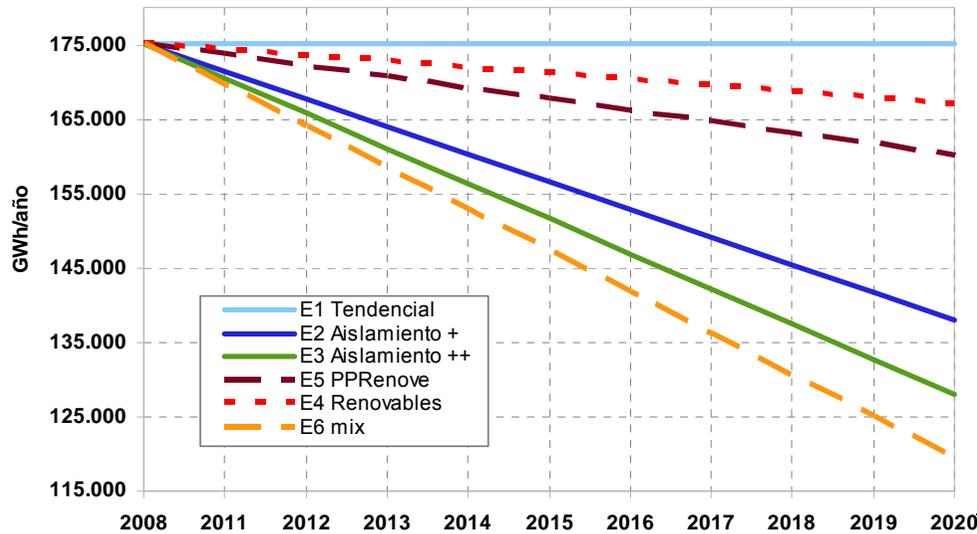
Año base: 2008. Tasa anual rehabilitación = 117.500 vivs.



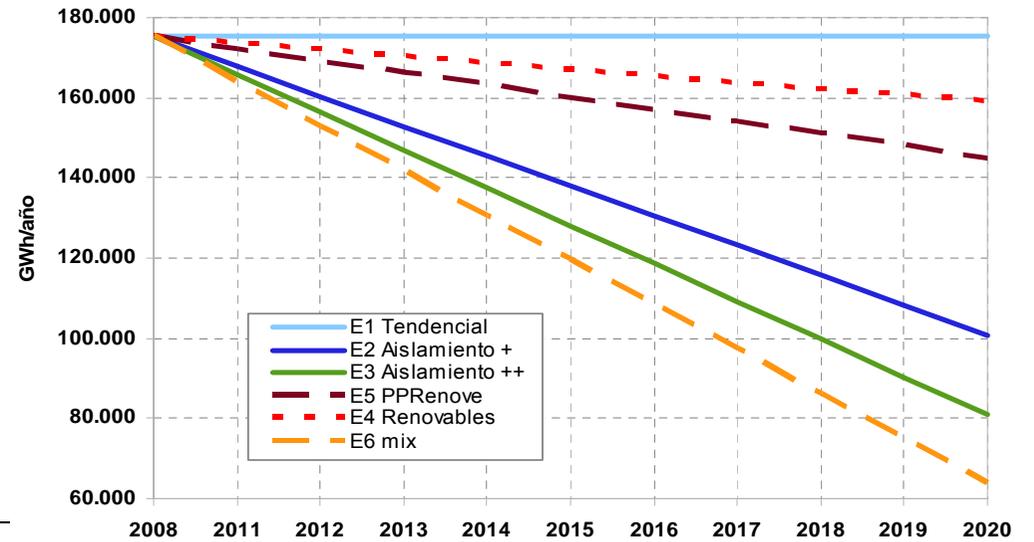
Año base: 2008. Tasa anual rehabilitación = 312.500 vivs.



Año base: 2008. Tasa anual rehabilitación = 625.500 vivs.

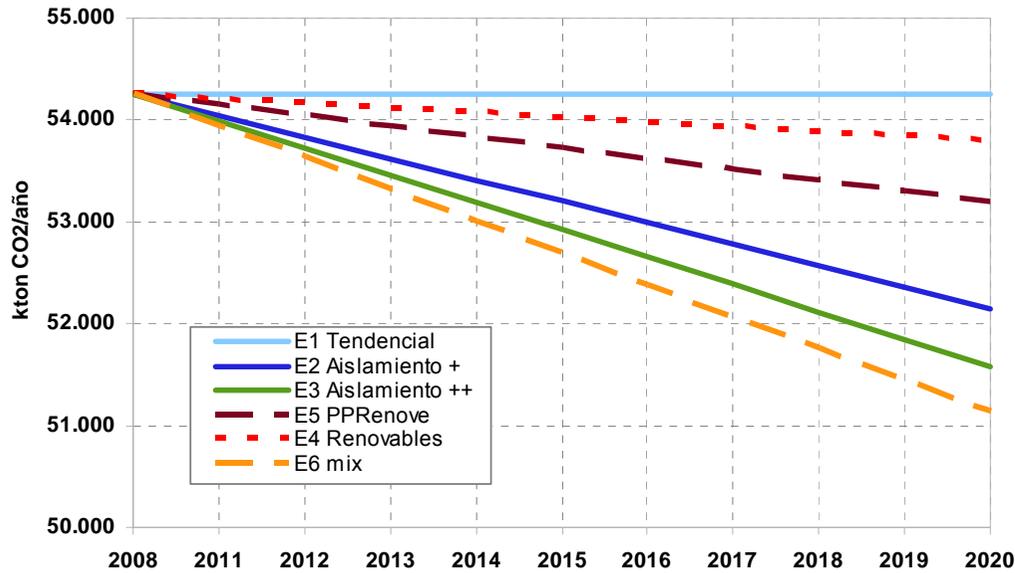


Año base: 2008. Tasa anual rehabilitación = 1.250.000 vivs.

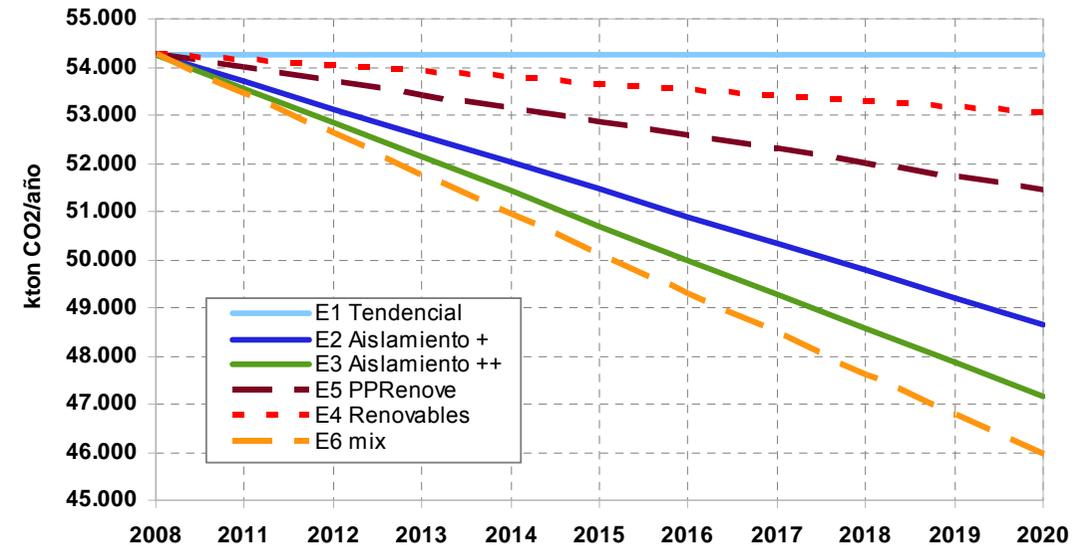


Gráfica 17. Evolución de las emisiones de CO₂ del parque de viviendas entre 2011-2020, respecto al año base.

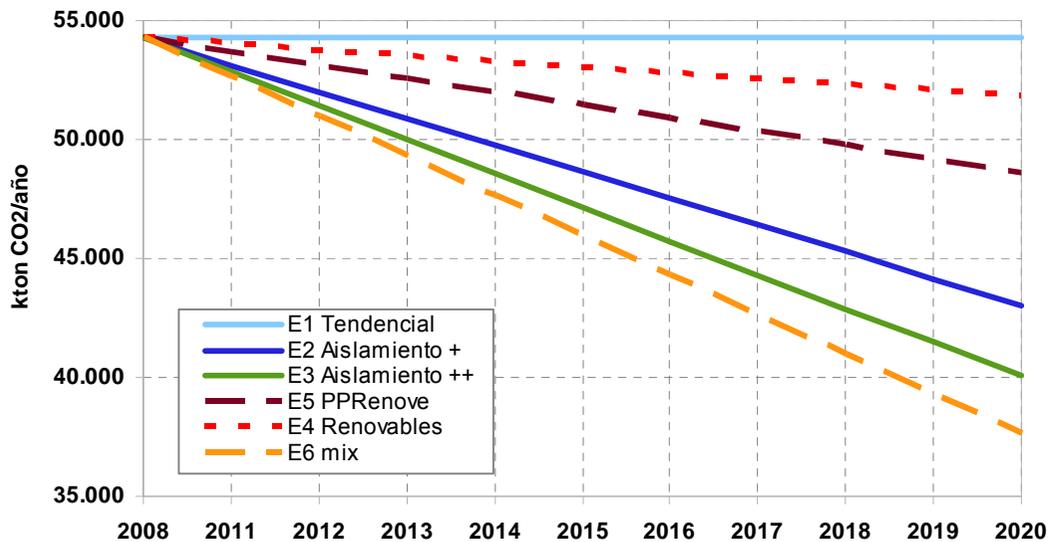
Año base: 2008. Tasa anual rehabilitación = 117.500 vivs.



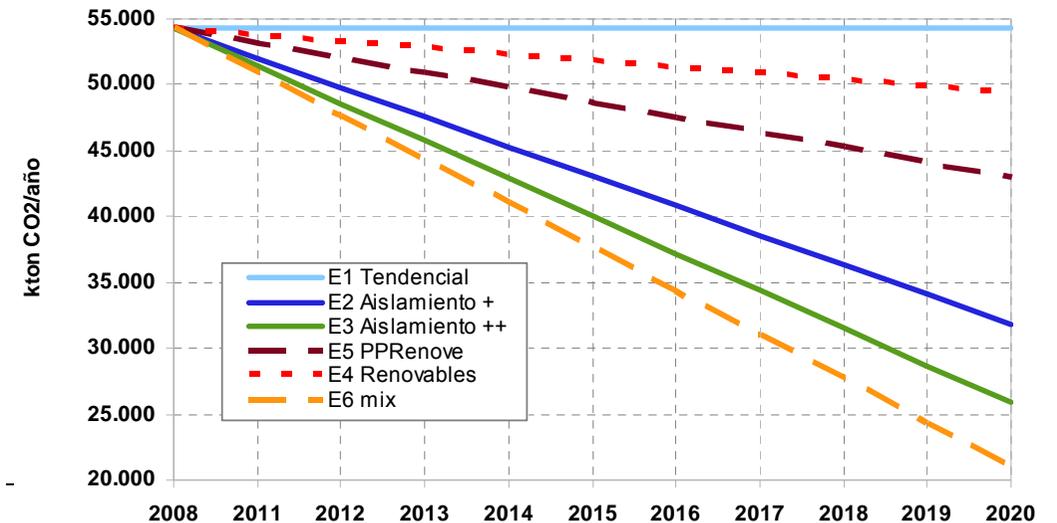
Año base: 2008. Tasa anual rehabilitación = 312.500 vivs.



Año base: 2008. Tasa anual rehabilitación = 625.500 vivs.



Año base: 2008. Tasa anual rehabilitación = 1.250.000 vivs.



6. Análisis económico

A continuación se muestran los resultados del impacto económico que supondría la aplicación de las diferentes soluciones de mejora contempladas en el estudio, para una vivienda media española.

Para su valoración, se ha seguido la misma metodología empleada por las Agencias de la Energía para la concesión de las ayudas económicas. Para ello, se han considerado los siguientes conceptos:

→ **El ahorro económico anual (E)** que supone reducir el consumo de energía en una vivienda media, tras la aplicación de las diferentes mejoras energéticas propuestas (E2 a E6) sobre esa misma vivienda sin rehabilitar (E1).

→ **El coste total de la inversión (I)** que supone la aplicación de cada una de las mejoras energéticas propuestas (E2 a E6).

→ **La cuantía de las ayudas económicas percibidas (S)**, a través de las subvenciones económicas existentes puestas en marcha por el IDAE y gestionadas a través de las distintas Comunidades Autónomas.

→ **El coste anual de mantenimiento (M)** que requiere cada una de las mejoras energéticas propuestas (E2 a E6).

→ **El retorno de la inversión (T)**, calculado mediante la expresión siguiente:

$$T = \frac{I - S}{E - M}$$

Este método de cálculo no incluye la variación futura de los precios de la energía, por lo que los resultados obtenidos deben considerarse conservadores.

Los resultados obtenidos para cada una de las variables económicas descritas en el apartado anterior se presentan a continuación.

a) Ahorro económico anual (E).-

El coste energético anual CE (€/año), para cada mejora, se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$CE = S \cdot [IIEP_{\text{calefacción}} \cdot CE_{\text{calefacción}} + IIEP_{\text{refrigeración}} \cdot CE_{\text{refrigeración}} + IIEP_{\text{ACS}} \cdot CE_{\text{ACS}}]$$

donde:

- S.- es la superficie habitable de la vivienda (m²). El valor medio del parque de viviendas existentes es de 81 m² (censo INE 2001).
- IIEP_{calefacción}, IIEP_{refrigeración} o IIEP_{ACS}.- es el Índice de Intensidad Energética Ponderado correspondiente al consumo de energía final para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS (kWh/(m²·año)), definido conforme al punto 5.1.

Tabla 17. Índices de Intensidad Energética Ponderado correspondiente al consumo de energía final para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS.

	IIEP Global [kWh/(m ² ·año)]			
	Global	Calefacción	Refrigeración	ACS
E1	129,1	102,6	6,5	20,0
E2	55,7	30,3	5,3	20,1
E3	36,0	10,9	5,0	20,1
E4	113,1	100,7	5,9	6,5
E5	99,2	78,1	5,5	15,6
E6	19,1	9,1	4,1	6,0

- CE_{calefacción}, CE_{refrigeración} o CE_{ACS}.- es el coste de la energía empleada para suministrar los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (€/kWh). Dado que para calefacción y agua caliente se emplea gas natural (precio según TUR.2 RS 22/03/2010), gasóleo (precio obtenido de la web del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio) o electricidad (precio según Tarifa ATR 2.0 BOE 30/06/2010), se ha determinado un coste energético ponderado por el número de viviendas que emplean cada una de estas energías según los datos del Censo de 2001 del INE.
 - Refrigeración.- 0,117759 €/kWh (Tarifa ATR 2.1 A BOE 30/06/2010).
 - Calefacción.- 0,075905 €/kWh (ponderación con las fuentes indicadas).
 - ACS.- 0,075905 €/kWh (ponderación con las fuentes indicadas).

El ahorro económico anual (E) se obtiene por comparación entre la mejora E1 (edificio sin rehabilitar) y el resto de mejoras:

Tabla 18. Ahorro económico anual.

	Coste Energético	E – Ahorro		
	€/año	€/año	%	€/m2
E1	816,14	--	--	--
E2	360,76	455,37	55,80%	5,62
E3	238,31	577,83	70,80%	7,13
E4	715,22	100,92	12,37%	1,25
E5	628,83	187,31	22,95%	2,31
E6	131,68	684,46	83,87%	8,45

© ETRES Consultores

b) Coste total de inversión (I).-

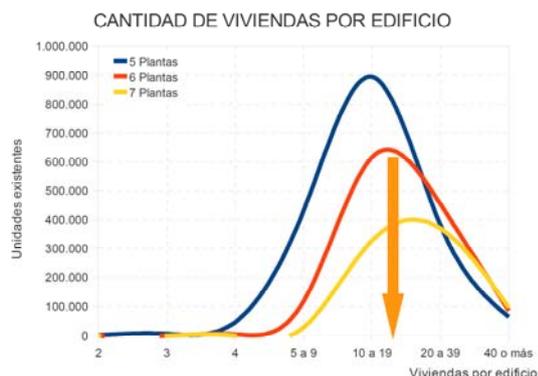
→ **Mejora E2 (Aisla+).**- El coste (€) de la inversión se determinará a partir de la fórmula:

$$I_{E2} = S_{\text{útil}} \cdot C_v + \sum (S \cdot C_{AT})$$

donde:

- S_{útil} es la superficie habitable de la vivienda (m²). El valor medio del parque de viviendas existentes es de 81 m² (censo INE 2001).
- C_v es el coste de las ventanas (€/m²). Los precios utilizados se han obtenido a partir de los datos facilitados por ANDIMAT para el estudio de impacto realizado por ETRES Consultores como propuesta de revisión del CTE.
- S es la superficie de fachada, cubierta o suelo exterior (m²). Para su obtención se han calculado los valores de superficie promedio a partir de los datos del censo del INE de 2001, diferenciando entre vivienda colectiva y unifamiliares, y realizando a continuación el cálculo del valor promedio del parque existente al ponderar por el número de viviendas existentes de cada tipo.

Vivienda colectiva.- Del análisis de los datos del censo del INE se obtienen las siguientes gráficas y resultados promedio.



Viviendas por edificio promedio.- 12

Nº Plantas	6 ud	Sup/viv	81 m2
Altura PB	3,00 m	Viv/planta	2 ud
Altura resto	2,80 m	Zona común	40 m2
Altura edificio	17,00 m	Sup/planta	202 m2
Ancho fachada	16 m	Número vivi	12 ud
Ancho patio	5 m		
Largo patio	5 m		
Ancho vuelo	1,5 m		
Nº fachadas	3 ud		

Plantas promedio.- 6

Cuadro de superficies (m2)		
Elemento	Edificio	Vivienda
Fachada	1156,00	96,33
Suelo ext	24,00	2,00
Cubierta	202,00	16,83

Vivienda unifamiliar.- Utilizando los datos del INE, el número de plantas promedio es de dos, obteniendo el siguiente cuadro de superficies:

Nº Plantas	2 Ud	Sup/viv	81 m2
Altura PB	3,00 m	Viv/planta	1 ud
Altura resto	2,80 m	Zona común	0 m2
Altura edificio	5,80 m	Sup/planta	81 m2
Ancho fachada	10 m	Número vivi	1 ud
Ancho patio	5 m		
Largo patio	5 m		
Ancho vuelo	1,5 m		
Nº fachadas	3 ud		

Cuadro de superficies (m2)		
Elemento	Edificio	Vivienda
Fachada	290,00	290,00
Suelo ext	15,00	15,00
Cubierta	81,00	81,00

Superficies promedio.-

Tabla 19. Cuadro de superficies promedio.

Cuadro de superficies (m2)			
Elemento	Unifamiliar	Colectiva	Promedio
Fachada	290,00	96,33	160,44
Suelo ext	15,00	2,00	6,30
Cubierta	81,00	16,83	38,07
Ud existentes	5.543.681	11.203.613	

- C_{AT} es el coste del aislamiento térmico (€/m²). Los precios utilizados se han obtenido a partir de los datos facilitados por el Comité Técnico de ANDIMAT en el informe de precios de materiales aislantes instalados de fecha 09/01/2006. Estos precios se han incrementado un 8% para contemplar sobre costes debidos a la rehabilitación y la variación de precios desde 2006 a 2010.

- **I_{E2}** es el coste de inversión correspondiente a la mejora E2 (Aisla+) (€/m²):

Tabla 20. Coste de inversión mejora E2 (Aisla+).

		Parte opaca			Huecos			TOTAL	
		Fachada	Cubierta	Suelos	Zona climática	€/m2 construidos	Promedio		
E2	Rt	3,67	4,30	2,18	B4	15,21	1.599,48 €	4.550,43 €	56,18 €/m2
	Coste €/m2	12,98	21,79	6,10	D3	16,90			
	Inversión	2.082,67	829,79	38,48	E1	16,90			

→ **Mejora E3 (Aisla++)**.- El coste de la inversión se obtiene exactamente igual que el de la mejora E2 (Aisla+), añadiendo el coste del sistema de recuperación de calor que se ha obtenido de una base de datos de precios de la construcción.

Tabla 21. Coste de inversión mejora E3 (Aisla++).

		Parte opaca			Huecos			Recuperador	TOTAL	
		Fachada	Cubierta	Suelos	Zona climática	€/m2 construidos	Promedio			
E3	Rt	6,18	5,81	5,94	B4	17,11	1.761,46 €	1.105,00 €	6.200,46 €	76,55 €/m2
	Coste €/m2	20,39	28,5	13,03	D3	18,36				
	Inversión	3.271,65	1.085,24	82,12	E1	18,36				

→ **Mejora E4 (Renovables)**.-

- **Solar térmica**.- El coste considerado incluye todos los elementos de este tipo de instalación (captadores, acumulador, circuladores, tuberías y elementos auxiliares) y tiene en cuenta, además, la variación del tamaño de la instalación en función de la cobertura solar a conseguir.

Dado que ésta depende de la zona climática, se ha determinado un coste promedio ponderando por el número de viviendas existentes en cada zona climática.

- **Solar fotovoltaica**.- Los precios utilizados se han obtenido a partir de los datos facilitados por ASIF. Dichos precios unitarios (€/Wp) varían en función de la potencia instalada, es decir, según de que se trate de una vivienda unifamiliar (potencia instalada pequeña) o un edificio multiresidencial (potencia instalada mayor). Por ello, se ha obtenido un precio promedio a partir del número de viviendas existentes de cada tipo (unifamiliar o colectiva).

Tabla 22. Coste de inversión mejora E4 (Renovables).

SOLAR TÉRMICA					
Viviendas existentes			Inversión		
B4	D3	E1	Cobertura 60%	Cobertura 70%	Promedio
6.888.907	6.854.486	3.003.901	2.455,90 €	3.078,90 €	3.615,69 €

© ETRES Consultores

SOLAR FOTOVOLTAICA						
Viviendas existentes		Cobertura	Pot. instalada (Wp)	Inversión		
				Coste (€/Wp)	Por vivienda	Promedio
Unifamiliar	5.543.681	10,00%	330	14,78	4.877,40 €	2.325,37 €
Colectiva	11.203.613	10,00%	3960	3,22	1.062,60 €	

® ETRES Consultores

E4	INVERSIÓN TOTAL:	5.941,06 €	73,35 €/m²
-----------	-------------------------	-------------------	------------------------------

® ETRES Consultores

→ Mejora E5 (Planes Renove).

El coste de inversión para este escenario se ha obtenido a partir del coste del equipo (obtenido de una base de datos de precios de la construcción), incluida la instalación, de calefacción y refrigeración descontando la subvención que incorporan los Planes Renove. Se ha obtenido un coste de inversión promedio al ponderar por la cantidad de viviendas existentes que disponen de este tipo de instalación según el censo del INE.

Tabla 23. Coste de inversión mejora E5 (Planes Renove).

E5	Cantidad de viviendas existentes				
	Calef. + Ref.	Sólo calef.	Solo Ref.	Nada	Total
	1.619.394	6.417.163	980.459	7.730.278	16.747.294
Inversión	Caldera condensación 32 kW				2.044,36 €
	Aire Acondicionado 7 kW Clase A				3.328,14 €
INVERSIÓN TOTAL:				2.781,66 €	34,34 €/m²

® ETRES Consultores

→ Mejora E6 (mix).

El coste de inversión de esta mejora se obtiene a partir de la suma de los costes de inversión de los escenarios E3, E4 y E5.

Tabla 24. Coste de inversión mejora E6 (mix).

E6	Inversión por escenario			INVERSIÓN TOTAL	
	E3	E4	E5		
	6200,5	5941,1	2781,7	14.923,18 €	184,24 €/m²

® ETRES Consultores

c) Ayuda económica (S).

→ Mejora E2 (Aisla+).- La cuantía de las ayudas indicadas en el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética 2008-2012 asciende al 22% del coste de la inversión si se alcanzan los niveles de calidad térmica indicados en la Sección HE1 del CTE. Para el caso en el que se superen esos valores, la cuantía de las ayudas ascienden al 35%. Dado que la mejora E2 supone un nivel superior al del CTE, la ayuda considerada es del 35%.

→ Mejora E3 (Aisla++).- Se considera la misma ayuda económica que en la considerada en al mejora E2, sin incluir el coste del sistema de recuperación de calor.

→ **Mejoras E4 (Renovables) y E5 (Planes Renove).**- La cuantía de las ayudas para estas mejoras se han obtenido considerando lo indicado en los distintos Planes Renove existentes en las Comunidades Autónomas.

→ **Mejora E6 (mix).**- Se corresponde con la suma de las cuantías de las ayudas de las mejoras E3, E4 y E5.

Tabla 25. Ayudas a la inversión consideradas para las distintas mejoras

	Envolvente térmica	Solar térmica	Solar fotovoltaica	Caldera condensación	Equipo aire acondicionado	TOTAL
E2	1.592,65 €	--	--	--	--	1.592,65 €
E3	2.170,16 €	--	--	--	--	2.170,16 €
E4	--	1.015,00 €	930,15 €	--	--	1.945,15 €
E5	--	--	--	500,00 €	350,00 €	850,00 €
E6	2.170,16 €	1.015,00 €	930,15 €	500,00 €	350,00 €	4.965,31 €

© ETRES Consultores

d) Coste de manteniendo (M).- El mantenimiento afecta principalmente a los equipos equipos en las diferentes opciones de mejora planteadas. No se ha tenido en cuenta el coste de reparación o sustitución de ninguno de los elementos.

→ **Mejora E2 (Aisla+).**- No requiere mantenimiento.

→ **Mejora E3 (Aisla++).**- El equipo de recuperación de calor requiere un mantenimiento cada 10 años, valorado en 147,20 € (obtenido de una base de precios de la construcción).

→ **Mejora E4 (Renovables).**- Se considera un coste de 20 € por captador al año.

→ **Mejora E5 (Planes Renove).**- Se considera un coste de 300 € cada cinco años para los equipos de aire acondicionado, y de 400 € para las calderas para el mismo periodo. Se ha obtenido un coste de mantenimiento promedio al ponderar por la cantidad de viviendas existentes que disponen de este tipo de instalación, según el censo del INE.

→ **Mejora E6.**- Suma de los costes de las mejoras E3, E4 y E5.

Tabla 26. Costes de mantenimiento considerados para las distintas mejoras.

	Mantenimiento		Total
	Coste	Periodo	
E2	0,00 €	0	0
E3	147,20 €	10	14,72 €
E4	60,00 €	1	60,00 €
E5	443,00 €	5	88,60 €
E6	--	--	163,32 €

© ETRES Consultores

e) Retorno de la inversión (T).- Se ha calculado a partir de la expresión siguiente:

$$T = \frac{I - S}{E - M}$$

donde

- I.- Coste total de la inversión (€)
- S.- Ayuda económica (€)
- M.- Coste anual de mantenimiento (€/año)
- E.- Ahorro económico anual (€/año)

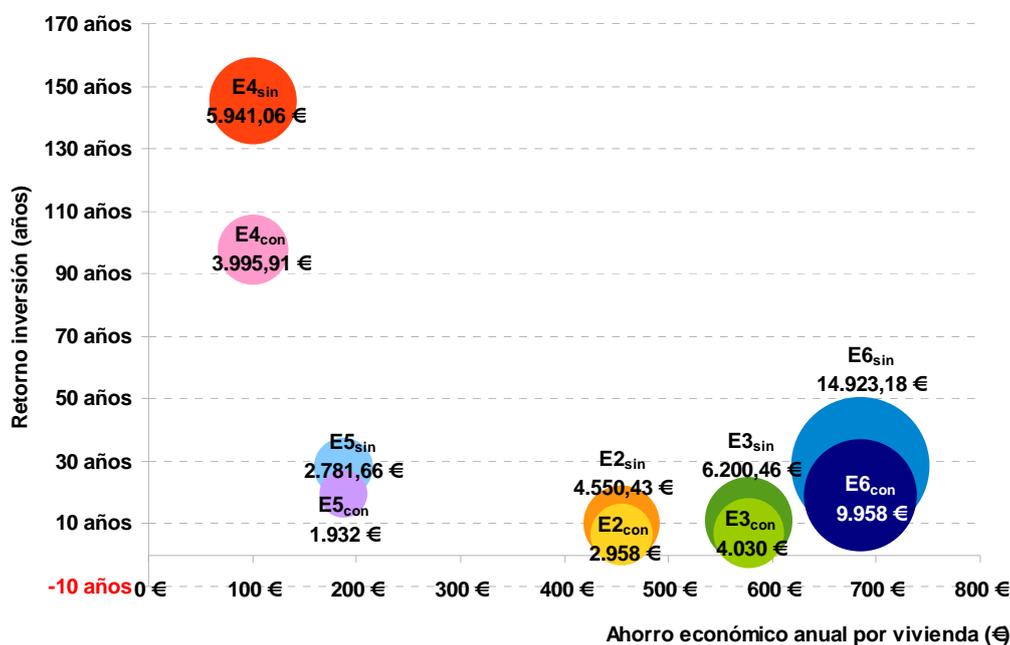
Tabla 27. Tiempos de retorno de la inversión para las distintas mejoras consideradas en el estudio (con y sin ayudas económicas)

	I- Inversión	E – Ahorro	M Mantenimiento	S Ayuda	T – Retorno inversión	
					Sin ayuda económica	Con ayuda económica
E2	4.550,43 €	455,37 €	0,00 €	1592,6	10,0 años	6,5 años
E3	6.200,46 €	577,83 €	14,72 €	2170,2	11,0 años	7,2 años
E4	5.941,06 €	100,92 €	60,00 €	1945,2	145,2 años	97,7 años
E5	2.781,66 €	187,31 €	88,60 €	850,0	28,2 años	19,6 años
E6	14.923,18 €	684,46 €	163,32 €	4965,3	28,6 años	19,1 años

© ETRES Consultores

A continuación se representan gráficamente los resultados obtenidos en el análisis anterior, posibilitando así la comparación del impacto económico que supondría cada una de las mejoras energéticas contempladas en el estudio, para una vivienda media española.

Gráfica 18. Comparación de la rentabilidad de las mejoras energéticas analizadas, con y sin ayudas económicas



E1 (Tendencial) - E2 (Aisla+) - E3 (Aisla++) - E4 (Renovables) - E5 (PPRenove) - E6 (mix)

Nota: El diámetro de los círculos representa el coste de la inversión.

A la hora de valorar las diferentes inversiones, el ahorro económico anual y los tiempos de retorno son muy diferentes en función de la mejora energética que se desee introducir en la vivienda.

Las medidas relacionadas con la mejora de los niveles de aislamiento son las que ofrecen los mejores resultados en términos de rentabilidad económica.

A pesar de su mayor inversión inicial, el ahorro económico que se genera mejorando el aislamiento de una vivienda media es **cuatro veces superior** a los beneficios que se consiguen si tan sólo se modernizan los equipos de climatización o se instalan equipos solares en los edificios.

Las mejoras E2 (Aisla+) y E3 (Aisla++) presentan unos costes de inversión sensiblemente superiores al resto de medidas (56,18 €/m² y 76,55 €/m², respectivamente), pero los ahorros económicos son muy superiores (455 €/año y 578 €/año). Los tiempos de recuperación de las inversiones son igualmente, mucho más cortas y asumibles para los propietarios de las viviendas, entre 10 y 11 años, respectivamente. Estos tiempos pueden verse reducidos a 6,5 y 7,2 años, en el caso de mantener la percepción de ayudas a la inversión como las que existen en la actualidad.

Aunque la renovación de equipos es la solución que requiere una menor inversión inicial (34,34 €/m²), los ahorros que genera en una vivienda media son, en comparación con las soluciones anteriores, poco significativos, por debajo de 200 €/año. Además, los tiempos de retorno de la inversión son elevados, en torno a 30 años, que se reducen a 20 en el caso de percibir ayudas a la inversión.

La instalación de equipos solares para producción de agua caliente y de electricidad para autoconsumo es, de todas las medidas analizadas, la opción que genera los menores ahorros económicos (en torno a 100 €/año), y sería, a día de hoy, la solución menos rentable para el propietario de una vivienda que desee ver reducida de forma efectiva y significativa su consumo energético.

La mejora E6 (mix), al combinar una mezcla de las soluciones anteriores, presentaría la mayor inversión inicial por vivienda (184 €/m²) y generaría el mayor ahorro económico anual, próximo a 700 € al año. Los plazos de recuperación de la inversión se situarían, en este caso, entre 19 y 29 años, similares a los obtenidos para la medida de renovación de equipos.

Sin duda, estos resultados aportan conclusiones muy interesantes para aquellas administraciones públicas que deseen implementar unas políticas energéticas inteligentes y rentables para sus ciudadanos.

7. Resumen y conclusiones

WWF España ha encargado a ETRES Consultores la realización del estudio *Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO₂ del parque residencial existente en España en 2020*.

El alcance del estudio se limita exclusivamente a los edificios destinados a uso residencial vivienda y persigue los siguientes objetivos:

- Analizar el potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones que encierra el parque de edificios de uso residencial en España a 2020, considerando la aplicación de diferentes soluciones de mejora energética.
- Proponer un objetivo realista y asumible por el sector para una renovación energética profunda del parque residencial a 2020.
- Mostrar la urgencia y la importancia de impulsar de forma más acusada la rehabilitación energética sobre el parque edificado, para conseguir reducciones significativas del consumo de energía y las emisiones asociadas al sector.

Para conocer el potencial de ahorro energético y la consiguiente reducción de emisiones del parque de viviendas existente, se ha realizado una caracterización energética de este y se ha valorado el efecto de distintas soluciones de mejora energética sobre el consumo de energía y las emisiones de los edificios de viviendas, teniendo en cuenta las diferentes condiciones climáticas y tipologías edificatorias existentes en nuestra geografía.

Estos resultados se han proyectado posteriormente sobre el conjunto del parque entre 2011-2020, definiendo cuatro escenarios, considerando distintas tasas de renovación del parque a lo largo de este periodo: desde 117.500 viviendas/año, tasa que coincide con la prevista bajo el Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación 2009-2011, hasta 1.250.000 viviendas/año, lo que implicaría multiplicar por un factor de 9,6 la tasa anterior.

Para cada uno de estos escenarios, se ha evaluado el impacto que tendría cada una de las soluciones de mejora sobre la reducción del consumo de energía y las emisiones del parque residencial vivienda en el año 2020, comparado con los niveles de 2008, último año del que se dispone de información estadística oficial del sector en el momento de realizar el estudio.

También se ha evaluado el impacto económico que supondría la aplicación de las diferentes soluciones de mejora propuestas en el estudio para una vivienda media española.

Las soluciones de mejora contemplada incluyen medidas de distinta naturaleza: desde mejoras en los niveles de aislamiento del edificio bajo criterios más exigentes que los recogidos en el actual Código Técnico de la Edificación actual (cercaos al estándar Passivhaus); hasta la incorporación de sistemas solares térmicos y fotovoltaicos para cubrir una parte de las necesidades energéticas de las viviendas y la renovación de las instalaciones térmicas por otras más eficientes.

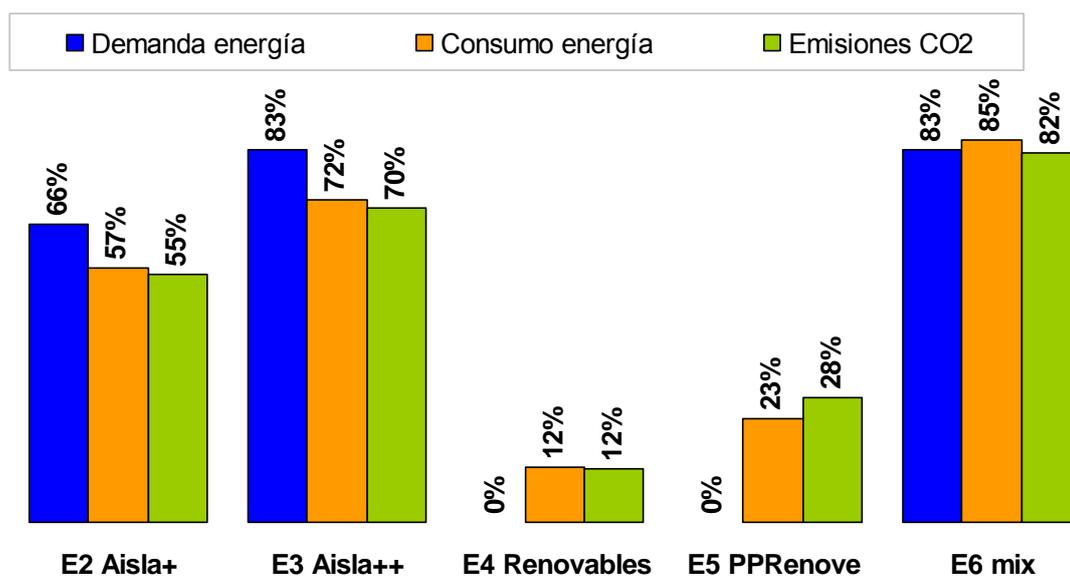
De la caracterización energética del parque en el año base (2008), se obtiene que una vivienda española media tiene un consumo de energía final de 129 kWh/(m²·año), y unas emisiones medias de unos 40 kg CO₂/(m²·año).

Las medidas relacionadas con la mejora del aislamiento son las que ofrecen los mejores resultados por vivienda en términos de ahorro energético, reducción de emisiones y rentabilidad económica. Con la modernización de equipos térmicos y la instalación de sistemas de energía solar, el consumo medio de una vivienda se puede ver

reducido entre un 12,4% y 23,2%, respectivamente. Mientras que aumentar los niveles de aislamiento del edificio llevaría a reducciones mucho mayores, entre el 57% y 72%, según la profundidad de la mejora acometida.

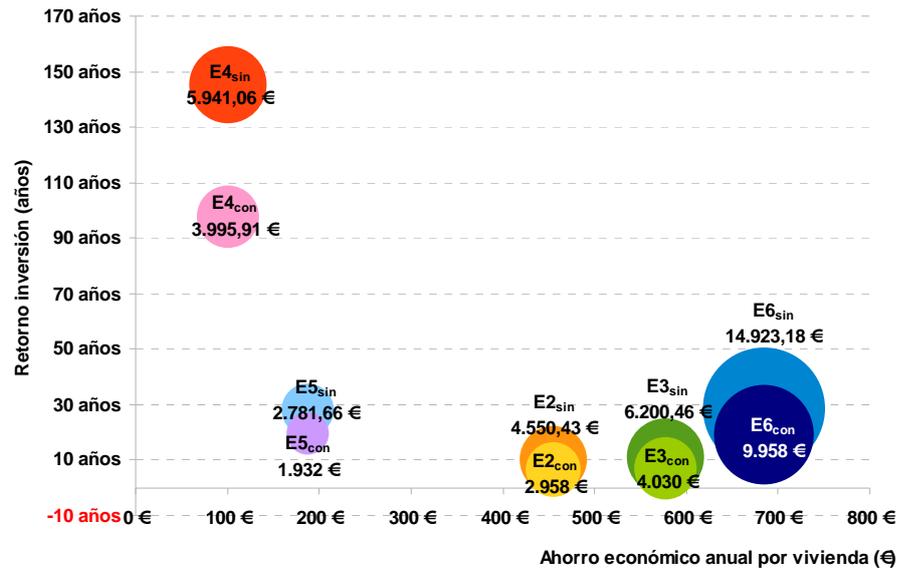
El efecto de incorporar equipos más eficientes e instalaciones solares, tras mejorar previamente los niveles de aislamiento del edificio con criterios próximos a las casas pasivas, permitiría reducir más del 85% el consumo de energía y el 82% de las emisiones de CO₂ por vivienda, con respecto a los que tendría el mismo edificio sin reformar.

**Comparación del impacto de las mejoras energéticas analizadas
(% de reducción respecto a una vivienda media sin intervenir)**



A pesar de la mayor inversión inicial, **el ahorro económico que se consigue mejorando el aislamiento de las viviendas es cuatro veces superior a los beneficios que se consiguen si tan sólo se modernizan los equipos de climatización o se instalan equipos solares en los edificios.** Este ahorro alcanza entre 455€ - 578€/año por vivienda, según la profundidad de la mejora aplicada sobre los niveles de aislamiento térmico del edificio. Presenta también unos tiempos de retorno de la inversión mucho más cortos y asumibles para los propietarios de las viviendas, entre 10 y 11 años, que pueden reducirse a entre 6,5 – 7,2 años, en el caso de percibir ayudas a la inversión como las que existen actualmente.

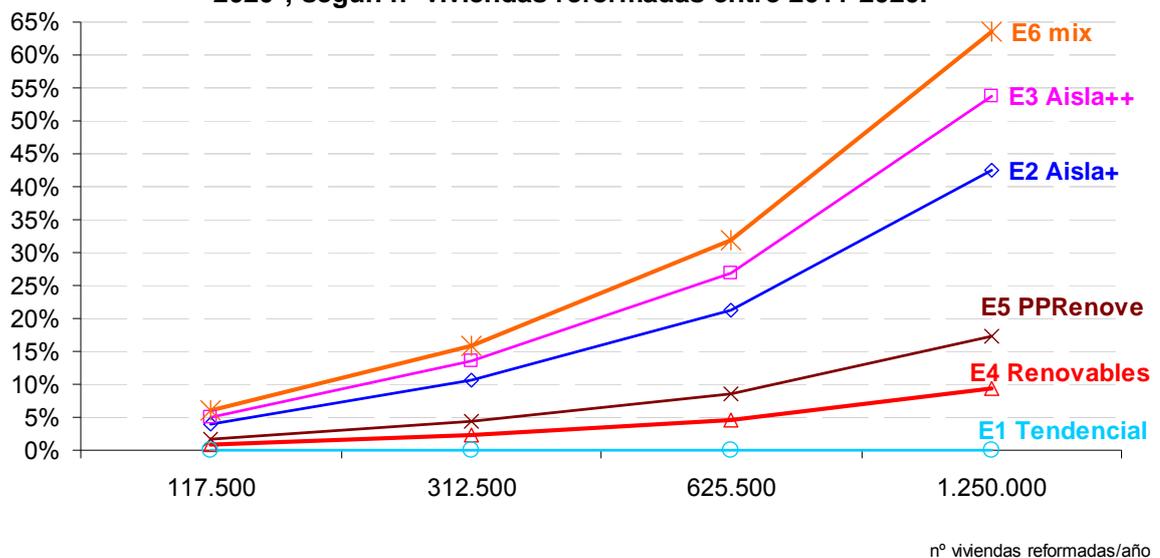
Comparación de la rentabilidad de las mejoras, con y sin ayudas económicas



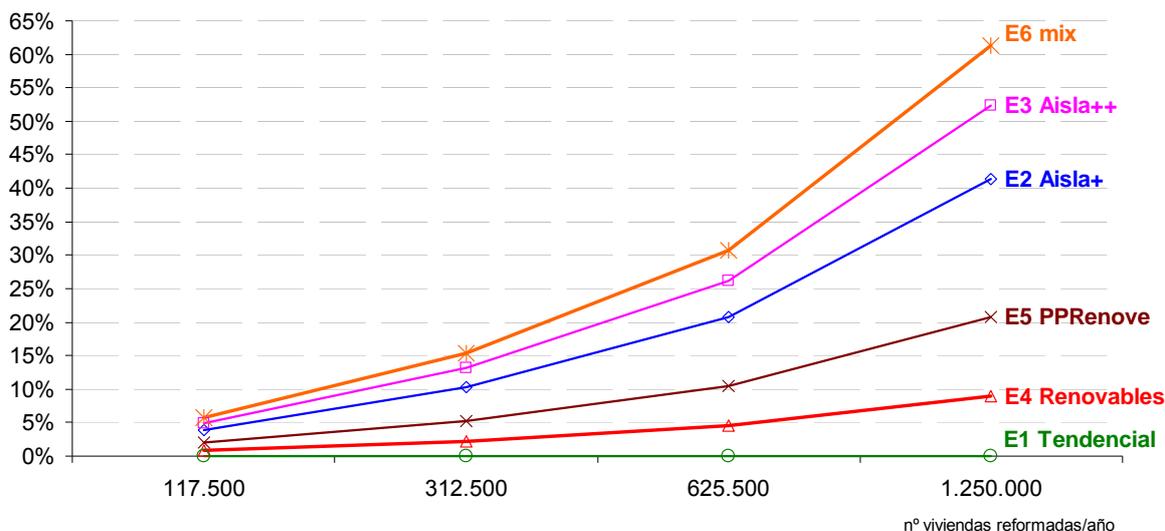
Al proyectar estos resultados sobre el conjunto del parque en el periodo 2011-2020, se pone de relieve que **si no se optimiza previamente la envolvente térmica de los edificios, medidas como mejorar la eficiencia energética de las instalaciones o incorporar energías renovables en las viviendas presentan unos efectos muy limitados sobre la mejora integral del parque.**

El ahorro energético que se obtiene a lo largo del periodo analizado es, indiscutiblemente, mayor cuanto mayor es el número de viviendas reformadas. En todos ellos, los efectos más significativos se consiguen al aplicar soluciones que inciden directamente sobre la demanda térmica de los inmuebles, esto es, mejorando los niveles de aislamiento de las viviendas.

Reducción del consumo de energía final del parque residencial en 2020*, según nº viviendas reformadas entre 2011-2020.



* Año base= 2008.

Reducción de las emisiones del parque residencial en 2020*, según nº viviendas reformadas entre 2011-2020.

*Año base= 2008.

La mejora de los niveles de aislamiento de las viviendas bajo la solución E2 (Asila+) permitiría reducir el consumo de energía del parque hasta un 42% y sus emisiones de CO₂ un 41% en 2020, con respecto a 2008. Esto significaría un ahorro acumulado de más de 400.000 GWh y más de 123 Mton CO₂ a lo largo del periodo 2011-2020.

De aplicar criterios de rehabilitación aún más exigentes, cercanos a los estándares de las casas pasivas (mejora E3-Aisla++), el parque de viviendas podría reducir en 2020 hasta un 54% su consumo de energía en comparación con 2008, y sus emisiones en un 52%. La factura energética doméstica se reduciría así en más de 500.000 GWh, y se evitaría la emisión de más de 153 Mton CO₂ durante todo el periodo.

Medidas como la renovación de las instalaciones térmicas o la incorporación de sistemas solares a las viviendas presentan, comparativamente, un impacto muy bajo sobre la reducción del consumo de energía del parque. En el primer caso, el máximo ahorro que se obtendría en 2020 no supera el 17% en el mejor de los escenarios, y en el segundo apenas el 9%. Para las emisiones, estas cifras alcanzarían el 21% y 9%, respectivamente.

Por el contrario, si se contemplan estas mismas mejoras tras someter previamente a los inmuebles a una rehabilitación energética en profundidad y con criterios próximos a los estándares de las casas pasivas (mejora E6-mix), el impacto sobre el ahorro energético del parque de viviendas sería máximo. El consumo de energía final y las emisiones de CO₂ en 2020 lograrían disminuir hasta un 64% y 61% con respecto a 2008, respectivamente, y dejarían de consumirse más de 600.000 GWh entre 2011 y 2020. Las emisiones acumuladas evitadas ascenderían a cerca de 183 Mton CO₂, equivalente al 49,4% de las emisiones de CO_{2eq} que emitió España en 2009¹⁹.

Al valorar únicamente las opciones que sobrellevan reducciones en la demanda térmica, se observa que, para alcanzar en 2020 unas cifras de ahorro que sean al mismo tiempo,

¹⁹ Las emisiones brutas totales de gases de efecto invernadero en 2009 fueron 370.389,15 kton CO_{2eq}. "Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2009)", Worldwatch y CC.OO., abril 2010.

significativas en cuanto a resultados y asumibles técnica y económicamente por el sector, a lo largo del periodo 2011-2020 habría que rehabilitar entre el 20% y el 40% del parque existente en 2008, esto es, entre medio millón y un millón de viviendas al año. En función de la mejora aplicada, el consumo de energía en 2020 podría reducirse entre un 30% y un 50% con respecto a 2008, con impactos económicos también muy diferenciados según el tipo de medida y el número de viviendas anuales que se rehabiliten.

A partir de los resultados del estudio realizado, WWF concluye lo siguiente:

- ▶ Si no se optimiza previamente la envolvente térmica de los edificios, medidas como mejorar la eficiencia energética de las instalaciones o incorporar energías renovables en las viviendas presentan unos efectos muy limitados sobre la mejora integral del parque.
- ▶ El sector residencial español tiene capacidad técnica y económica para **asumir un objetivo de reducción del consumo de energía final en el parque de viviendas existente de, al menos, un 30% para el año 2020 con respecto a 2008.**
- ▶ Para ello, sería necesario **renovar entre medio millón y un millón de viviendas al año**, lo que representa el 2% y el 4% del parque residencial de 2008. Esto significaría incrementar entre 3 y 7 veces la tasa de rehabilitación contemplada en el actual Plan Estatal de Vivienda y Rehabilitación.
- ▶ Reducir el consumo final del parque un 30% significaría dejar de emitir de media **8,7 millones de toneladas de CO₂ al año**, y generaría un **ahorro medio anual de 2.312 millones €**. A lo largo del periodo 2011-2020, el ahorro medio de energía final acumulado ascendería a más de 290 TWh.
- ▶ Para alcanzar este objetivo, **se debe dar máxima prioridad a la mejora de los niveles de aislamiento térmico de la envolvente de las viviendas**. Los **criterios** considerados deberían ser mucho más exigentes que los fijados en el actual Código Técnico de la Edificación, **próximos al estándar de las casas pasivas**.

8. Peticiones de WWF

WWF considera que las políticas actuales de eficiencia energética y de viviendas no resultan suficientes para lograr reducciones permanentes y significativas en el tiempo respecto al consumo de energía y a las emisiones del sector residencial de aquí a 2020. Resulta imprescindible impulsar un enérgico paquete de políticas de apoyo a la rehabilitación energética de edificios, así como establecer mecanismos financieros y fiscales suficientes para dar soporte a estas actuaciones. Para conseguirlo, será necesario incrementar sustancialmente el ritmo de rehabilitación del parque de viviendas y reforzar los niveles de aislamiento exigibles, así como priorizar las ayudas públicas hacia aquellas medidas que contribuyen a limitar la demanda energética de los edificios. Todo ello

complementado con líneas de apoyo para la renovación de equipos por tecnologías de bajo consumo energético y de carbono cero.

Para que el sector de la edificación contribuya de forma significativa al ahorro de energía y a la disminución de emisiones de CO₂ a 2020, **WWF pide al Gobierno que:**

1. **Establezca para el año 2020 un objetivo vinculante a nivel nacional para renovar en profundidad el parque de viviendas existente**, dirigido a reducir su consumo de energía final en al menos un 30%, con respecto a la situación del parque en 2008. Este objetivo debe venir implementado a través de un **Plan de Acción para la Rehabilitación Energética del Parque de Viviendas**, donde se identifiquen claramente las medidas y actuaciones, los plazos y los presupuestos que son necesarios para alcanzar el objetivo.
2. **Refuerce los requisitos energéticos de la normativa española sobre edificación**, en particular el Documento Básico de Ahorro de Energía DB-HE del CTE, para acercarla a los niveles de los países europeos de nuestro entorno. Dicho documento básico debería incorporar un apartado exclusivo de requerimientos aplicables a los edificios existentes, mucho más exigentes que los actuales. Destacando la reducción de los valores máximos permitidos de transmitancia térmica para suelos, paredes y fachadas a niveles próximos a los empleados en el estándar PassivHaus (valor U máximo de 0,15 W/m²K), atendiendo a las diferentes características climáticas de la geografía española, así como los valores para la permeabilidad al aire de carpinterías y la recuperación de calor para el aire extraído de los edificios.
3. **Garantice el cumplimiento de la normativa sobre edificación y controlar la calidad de los proyectos de rehabilitación energética** que se realicen en las viviendas.
4. **Aumente las ayudas disponibles para abordar los costes de inversión de las obras de rehabilitación y alcanzar los objetivos de renovación del parque**. La falta de financiación inicial sigue siendo una barrera para la renovación de los edificios existentes. Por ello, deben proporcionarse a los propietarios de las viviendas incentivos fiscales y financieros suficientes para invertir en la mejora de la eficiencia energética de sus edificios. Entre estos instrumentos se incluyen desgravaciones fiscales sobre la renta o impuestos sobre la propiedad, la concesión de préstamos a bajo interés, así como subvenciones directas y otros mecanismos como el de la financiación de proyectos por terceros.
5. **Incorporar criterios de rehabilitación energética en los mecanismos de concesión de licencias municipales de rehabilitación de edificios** debe ser un requisito indispensable para tener acceso a las ayudas, planes y programas aprobados por las distintas Administraciones Públicas. Por ello, resulta imprescindible que los gobiernos locales adapten sus normativas para incorporar las exigencias normativas de ahorro de energía aplicables a los edificios existentes.
6. **Se mejoren los mecanismos de coordinación y cooperación entre las Administraciones** a nivel nacional, regional y local, para garantizar la correcta implementación de las actuaciones previstas en los diferentes planes y programas en materia de vivienda y de ahorro y eficiencia energética.
7. **Se promueva el conocimiento y la puesta en práctica de las exigencias normativas de ahorro y eficiencia energética aplicables a los edificios existentes dentro de las Administraciones provinciales y locales**, a través de la realización de actividades de formación y sensibilización dirigidas a su personal técnico.

8. **Se desarrollen programas de concienciación ciudadana** para dar a conocer a los propietarios y arrendatarios de las viviendas los beneficios de la rehabilitación energética de edificios, del ahorro de energía y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, así como las ayudas económicas y mecanismos fiscales y financieros existentes. En este sentido, se recomienda establecer un **servicio de atención ciudadana** que responda a las demandas y dudas de los ciudadanos sobre la rehabilitación de edificios y les asesoren debidamente en todo aquello que necesiten.

9. Referencias bibliográficas.

- (1) Código Técnico de la Edificación – CTE. Documento Básico Ahorro de Energía DB-HE. Sección HE1, Limitación de demanda energética.
- (2) Aislamiento térmico en 2020. Propuesta de revisión del Código Técnico de la Edificación: Sección HE1, Limitación de demanda energética. ETRES Consultores – Andimat.
- (3) GEE1. Guía de Eficiencia Energética para la Rehabilitación de Edificios Existentes. ETRES Consultores (www.renovarte.es).
- (4) Plan de Acción 2008-2012 de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España PAE4+.
- (5) The McKinsey Quarterly. A cost curve for greenhouse gas reduction.
- (6) Tackling climate change. Why demand side measures supply truly cost-effective solutions. CEPS – Centre for European Policy Studies.
- (7) El estándar Passivhaus en climas europeos templados. 1. Una revisión de viviendas confortables de baja energía. Passive-On Project.
- (8) The Passivhaus Standard in European warm climates. 2 National proposals in detail. Passive-On Project.
- (9) The Passivhaus Standard in European warm climates: design guidelines for comfortable low energy homes. Part 3. Comfort, climate and passive strategies. Passive-On Project.
- (10) CTE Plus. El potencial de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO₂ en viviendas mediante incremento del aislamiento. España 2005-2012. CENER – Rockwool.
- (11) Cost-effective climate protection in the EU building stock. Ecofys – Eurima.
- (12) U-Values for better energy performance of buildings. The Eurima Ecofys VII study.

WWF trabaja por un planeta vivo y su misión es detener la degradación ambiental de la Tierra y construir un futuro en el que el ser humano viva en armonía con la naturaleza:

- Conservando la diversidad biológica mundial
- Asegurando que el uso de los recursos naturales renovables sea sostenible
- Promoviendo la reducción de la contaminación y del consumo desmedido



por un planeta vivo®

WWF España
Gran Vía de San Francisco, 8-D
28005 Madrid
Tel.: 91 354 05 78
Fax: 91 365 63 36
info@wwf.
www.wwf.es