

LA REHABILITACIÓN Y LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA SOCIAL A EXAMEN

BELINDA LÓPEZ-MESA
JOSÉ IGNACIO PALOMERO CÁMARA
AGUSTÍN ORTEGA ZAPATA
ALEJANDRO DEL AMO SANCHO

SUMARIO: I. INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.– II. ESTUDIO DEL CUMPLIMIENTO DE LOS COMPROMISOS INTERNACIONALES DE ESPAÑA EN RELACIÓN AL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN.– III. NORMATIVA ENERGÉTICA EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN: DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA PERDIDA EN EL PERIODO DE EXPANSIÓN URBANÍSTICA A LA PROPUESTA DE UN NUEVO MODELO BASADO EN LA REHABILITACIÓN.– IV. ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS DE CARÁCTER TÉCNICO AL SERVICIO DE LA RENOVACIÓN DEL PARQUE EDIFICATORIO EXISTENTE.– V. ANÁLISIS DEL BENEFICIO MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICO DE LA REHABILITACIÓN DE VIVIENDA SOCIAL MEDIANTE UN ESTUDIO DE CASO: 1. Beneficios medioambientales y económicos de una vivienda del Grupo Girón suponiendo los ahorros energéticos proporcionados por el programa de simulación Lider. 2. Beneficios medioambientales y económicos de una vivienda real del Grupo Girón conectada al nuevo sistema de calefacción y ACS del edificio. 3. Beneficios medioambientales y económicos de una vivienda real del Grupo Girón no conectada al nuevo sistema de calefacción del edificio.– VI. CONCLUSIONES SOBRE LAS NECESIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACIÓN EN EL ÁMBITO TÉCNICO DE LA REHABILITACIÓN DE LAS VIVIENDAS SOCIALES.– VII. BIBLIOGRAFÍA.

RESUMEN: En este artículo los autores demuestran que España está lejos de cumplir con sus compromisos internacionales en relación al problema del cambio climático en el sector de la edificación, y analizan cómo la normativa ha tenido una influencia en esto y cómo la rehabilitación del parque edificado es una parte esencial para poder conseguirlo. Realizan asimismo un estado del arte de las herramientas técnicas disponibles para mejorar el parque edificado, y demuestran a través de un estudio de la rehabilitación piloto de un bloque de viviendas, que la dimensión técnico-económica aún tiene que ser investigada en mayor profundidad, dado que las rehabilitaciones pueden no estar resultando en la reducción de gases de efecto invernadero y de costes esperada.

Palabras clave: rehabilitación energética; vivienda social; gases de efecto invernadero (GEI); análisis de costes.

ABSTRACT: In this paper, the authors prove that Spain is far from fulfilling its international commitments regarding climate change in the building sector and analyse how

regulations have had an influence on this matter and how existing building renovation represents an essential part of the solution. They make a state of the art of the available technical tools to improve the existing building stock, and prove through a study of a refurbished social housing block, that the technical and economic dimensions must be further researched since building renovations may not be producing the expected reduction of green house gas emissions and costs.

Key words: energy retrofitting; social housing; green house gases (GHG); cost analysis.

I. INTRODUCCIÓN, OBJETIVO Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El cambio climático es aceptado ampliamente como uno de los principales problemas medioambientales de la actualidad. En la exposición de motivos inicial de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático se reconoce dicho problema como perteneciente a toda la humanidad mostrando las partes de la Convención preocupación *«porque las actividades humanas han ido aumentando sustancialmente las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, y porque ese aumento intensifica el efecto invernadero natural, lo cual dará como resultado, en promedio, un calentamiento adicional de la superficie y la atmósfera de la Tierra y puede afectar adversamente a los ecosistemas naturales y a la Humanidad»* (ONU, 1992).

La actividad humana produce, al alterar la composición de la atmósfera a nivel mundial, un forzamiento radiativo, es decir, un cambio en el flujo neto de energía radiativa hacia la superficie de la Tierra medido en el borde superior de la troposfera, a unos 12.000 m sobre el nivel del mar. Un forzamiento radiativo positivo, como el que se está produciendo en este caso, contribuye a calentar la superficie de la Tierra, mientras que uno negativo favorecería su enfriamiento. El incremento de las temperaturas conlleva el deshielo de los glaciares, la multiplicación de las sequías y de las inundaciones, etc. Todo apunta a que el cambio climático ha comenzado. Los riesgos para el planeta y las generaciones futuras son inmensos, por lo que se ha de actuar de forma urgente y global.

El Artículo 2 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático establece que su objetivo último, y el de todo instrumento jurídico conexas que adopte la Conferencia de las Partes, es *«lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de*

alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible» (ONU, 1992).

La Unión Europea lleva varios años comprometida en esta lucha, tanto a escala europea como internacional, con el objetivo prioritario de reducir los gases de efecto invernadero (GEI). Sus políticas ponen de manifiesto la necesidad de un nuevo modelo productivo y cultural basado en el equilibrio entre los factores sociales, ambientales y económicos, que afecta a todos los sectores, siendo el de la edificación uno de los que más requiere evolucionar. En España, el estado actual del sector de la edificación se caracteriza por una gran superficie construida en las últimas décadas y un parón edificatorio desde 2008. Parece obvio que una importante labor para disminuir su contribución al cambio climático, radica en la adaptación del parque edificatorio existente a las nuevas exigencias. Informes recientes (OZCÁRIZ et al., 2008; OZCÁRIZ SALAZAR & PRATS PALAZUELO, 2009; CUCHÍ, 2010; CUCHÍ & SWETMAN, 2011; CUCHÍ & SWETMAN, 2012) ponen de manifiesto la necesidad de abandonar las lógicas basadas en la continua e indiscriminada expansión urbanística y de impulsar un nuevo ciclo urbano basado en una visión integrada de la ciudad, en base a sus contenidos sociales, ambientales y económicos, en la que la resolución de las necesidades urbanas se realice de forma compatible con la reducción del impacto ecológico.

Este artículo se centra en el sector de la edificación en España con el objetivo de estudiar su progreso en relación a la lucha contra el cambio climático, y de definir líneas de investigación futuras en la vertiente más técnica de la materia. Para ello damos los siguientes pasos:

- En primer lugar, estudiamos el cumplimiento de los compromisos internacionales de España en relación al problema del cambio climático en el sector de la edificación.
- A continuación, realizamos un análisis crítico de la evolución de la normativa energética europea en el sector de la edificación y su transposición a la legislación española.
- Continuamos realizando un estado del arte de los instrumentos y herramientas técnicas disponibles en la actualidad para la renovación del parque edificatorio existente.
- Utilizamos una experiencia piloto de rehabilitación de un bloque de viviendas sociales en Zaragoza para analizar las ventajas ambientales y realizar un análisis de costes de la renovación del parque edificatorio más vulnerable, el de la vivienda social.
- Concluimos con las necesidades en materia de investigación en el área técnica de la rehabilitación de las viviendas sociales.

II. ESTUDIO DEL CUMPLIMIENTO DE LOS COMPROMISOS INTERNACIONALES DE ESPAÑA EN RELACIÓN AL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN

Con el fin de estabilizar las concentraciones de GEI, el Protocolo de Kyoto (ONU, 1998) estableció un primer periodo de compromiso 2008-2012 en el que las emisiones de estos gases de los países desarrollados debían representar un $-5,2\%$ respecto del año base de referencia. A este fin, la cuota de esfuerzo que le correspondió a la Unión Europea fue del -8% , con una cuota diferente para cada Estado miembro, siendo la de España de $+15\%$, es decir, nuestro país no debía incrementar sus emisiones netas en más de un 15% , con independencia del posible cumplimiento conjunto (-8%) debido a la reducción del resto. La valoración del cumplimiento tiene en cuenta tanto las modificaciones de las emisiones por las fuentes de efecto invernadero antropógenas como el descuento correspondiente a la absorción por sumideros de GEI en las categorías de suelos agrícolas y de cambio del uso de la tierra y silvicultura.

En el marco de la Convención sobre Cambio Climático (ONU, 1992) y en el Protocolo de Kyoto (Naciones Unidas, 1998), los GEI considerados son: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarburos (HFC) y perfluorocarburos (PFC), y hexafluoruro de azufre (SF_6). Otros GEI no se computan en los totales nacionales debido a que no resultan directamente de emisiones antropógenas, como el vapor de agua (H_2O), y el ozono (O_3), o por ser tratados por el Protocolo de Montreal, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro. El año base se considera 1990 para las emisiones de CO_2 , CH_4 y N_2O , y 1990 ó 1995 para las emisiones de PFC, HFC y SF_6 . Las cifras de emisiones se expresan en términos de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_2\text{-eq}$), que es la unidad de medición usada para indicar el potencial de calentamiento global de cada uno de los GEI, en comparación con el dióxido de carbono. Los GEI distintos del dióxido de carbono son convertidos a su valor de $\text{CO}_2\text{-eq}$ multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global (PCT) (PAS 2050:2008). El PCT se define como el efecto de calentamiento integrado a lo largo del tiempo que produce hoy una liberación instantánea de 1 kg de un gas de efecto invernadero, en comparación con el causado por el CO_2 . Las contribuciones en 2010 en España al denominado forzamiento radiactivo de las emisiones de CO_2 son aproximadamente del 80% , de CH_4 en torno al 10% , de N_2O alrededor del $7,5\%$, mientras que los restantes gases fluorados contribuyen con cerca del $2,5\%$ (MAGRAMA, 2012).

Con el fin de facilitar el cumplimiento de las obligaciones de los países firmantes del Protocolo de Kyoto, se introdujeron en el mismo tres procedimientos complementarios conocidos como «Mecanismos de Flexibilidad»: Aplicación Conjunta, Desarrollo Limpio y Comercio de Emisiones (ONU, 1998). La Aplicación Conjunta, recogida en el artículo 6, permite la inversión de un país incluido

en el Protocolo en otro país del Protocolo en proyectos de reducción de emisiones o de fijación de carbono. El país receptor, se descuenta las unidades de reducción de emisiones del proyecto, que adquiere el país inversor. El Mecanismo de Desarrollo Limpio, recogido en el artículo 12, permite la inversión de un país incluido en el Protocolo en otro país no incluido, en proyectos de reducción de emisiones o de fijación de carbono. El país incluido en el Protocolo recibe los créditos de reducción del proyecto, que utiliza para alcanzar sus compromisos. El Comercio de Emisiones, recogido en el artículo 17, permite a los países incluidos en el Protocolo adquirir créditos de otros países del Protocolo para alcanzar, de forma eficiente desde el punto de vista económico, sus compromisos adquiridos en Kyoto. De esta manera, los que reduzcan sus emisiones más de lo comprometido pueden vender los créditos de emisiones excedentarios a los países que consideren más difícil alcanzar sus objetivos.

Se estableció que el compromiso sería de obligado cumplimiento cuando, una vez pactadas las reglas que regulan los mecanismos de flexibilidad, el papel de los bosques como captadores de carbono o las consecuencias del incumplimiento, lo ratificasen los países industrializados responsables de, al menos, un 55 % de las emisiones de CO₂. Las repercusiones económicas de la aplicación del Protocolo son tan elevadas para los países que este no entró en vigor hasta febrero de 2005, después de que Rusia lo ratificara en noviembre de 2004, tras conseguir que la Unión Europea pagase la reconversión industrial y la modernización de sus instalaciones, en especial las petroleras.

España, como los demás países ratificantes del Protocolo, ha de responder por el incumplimiento de cualquiera de sus obligaciones ante el Comité de Cumplimiento creado al amparo del Protocolo de Kyoto. Además, al igual que los demás Estados miembros de la Unión Europea, deberá responder ante las instituciones de la Comunidad. El Protocolo no contempla sanciones económicas en caso de incumplimiento, pero impone una multa equivalente al 30% del exceso emitido, que se deducirá de la cantidad asignada en el siguiente periodo de compromiso. La Unión Europea sí contempla sanciones y obligaciones económicas, a través del régimen europeo de comercio de derechos de emisión, concebido como una herramienta para facilitar el cumplimiento de los compromisos contraídos por la Comunidad Europea tras la aprobación del Protocolo de Kyoto y para adquirir experiencia previa a la entrada en vigor de dicho Protocolo en la participación en un régimen de comercio de derechos de emisión. Así, el 13 de octubre de 2003 se aprobó la Directiva 2003/87/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se estableció un régimen para el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero en la Comunidad, que entró en funcionamiento el 1 de enero de 2005. La Ley 1/2005 de 9 de marzo por la que se regula el régimen del comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, transpone

a la legislación española la Directiva 2003/87/CE. Según la mencionada Directiva y la ley, los Estados Miembros de la Unión Europea establecen límites a las emisiones de GEI de las instalaciones afectadas mediante los llamados Planes Nacionales de Asignación. Las obligaciones fijadas a las instalaciones incluyen la limitación de sus emisiones, la necesidad de realizar el seguimiento y notificación de las mismas, así como la obligación de entregar anualmente una cantidad de derechos equivalente a su límite establecido. En función de la diferencia entre la limitación y las emisiones reales, las instalaciones pueden cumplir con el límite mediante medidas internas, acudir al mercado a comprar derechos en caso de haber emitido más de lo permitido o vender el excedente de derechos si es que han conseguido o decidido emitir por debajo de su límite. Las instalaciones se pueden agrupar para el cumplimiento de sus obligaciones de forma conjunta, nombrando un administrador fiduciario.

En abril de 2009, la Unión Europea aprobó un paquete de medidas encaminadas a obtener los siguientes objetivos, conocidos como «20-20-20»: 20% de producción de energía con fuentes renovables, 20% de mejora de la eficiencia energética y -20% de reducción de las emisiones de CO₂ respecto de los niveles de 1990. Entre las medidas aprobadas para alcanzar el objetivo «20-20-20» se encuentra la Directiva 2009/29/CE, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, por la que se modifica la Directiva 2003/87/CE para perfeccionar y ampliar el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero, transpuesta al sistema español por la Ley 13/2010, de 5 de julio. En España, hay unas 1.000 instalaciones sujetas al comercio europeo de derechos de emisión: plantas de combustión de combustibles fósiles mayores de 20 MW, refinerías, coquerías, producción y transformación de metales férreos, papel y pasta de papel, cemento, vidrio, ladrillos y tejas, cerámica e industrias mineras, quedando excluidas las instalaciones o partes de instalaciones cuya dedicación principal sea la investigación, desarrollo y experimentación de nuevos productos y procesos, así como las instalaciones de combustión de residuos peligrosos o municipales (RIVERO FERNÁNDEZ, 2009). Para obtener información detallada sobre el coste de las emisiones de CO₂ y el estado del mercado de derechos de emisión se recomienda visitar el Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisión de CO₂ (SENDECO₂, 2013). Para alcanzar la reducción del -20% en emisiones respecto de 1990 a nivel europeo, a cada Estado miembro le corresponde una reducción de emisiones del -21% en relación a los niveles de 2005 en los sectores afectados por la Directiva 2009/29/CE sobre el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión de GEI, así como una cuota de esfuerzo diferente para reducir sus emisiones respecto de 2005 en los sectores fuera del ámbito de dicha Directiva, conocidos como sectores difusos (CE, 2013). Los distintos esfuerzos de reducción de emisiones a realizar por los Estados en los sectores difusos se han establecido en base

al principio de solidaridad económica entre Estados miembros, teniendo en cuenta su posición relativa en términos de PIB per cápita.

A España le corresponde reducir las emisiones de los sectores difusos para el año 2020 en -10% respecto a 2005 (CUE, 2007), dado que representan un importante peso en las emisiones totales, 57% en el año 2005 (ASUNCIÓN et al., 2009), y presentan una tendencia ascendente que se aleja del objetivo de Kyoto. Los sectores difusos son: a) Transporte, b) Residencial, comercial e institucional (R&C&I), c) Agrario, d) Residuos, e) Gases fluorados. R&C&I es el nombre que se utiliza para el sector edificación. La mayor aportación entre los sectores difusos proviene del sector del transporte, con un 46% en el año 2005 (ASUNCIÓN et al., 2009). El sector R&C&I representa el 12% en 2005 (ASUNCIÓN et al., 2009).

En marzo de 2011, la UE publicó su hoja de ruta para una economía baja en carbono (CE, 2011), que abarca todos los sectores de actividad, y cuyo objetivo es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero entre un -80 y un -95% por debajo de los niveles de 1990 en 2050. En el análisis de las reducciones sectoriales necesarias, al sector R&C&I, le corresponde una reducción en 2030 del -37% al -53% y en 2050 del -88% al 91%. No se especifica la cuota de esfuerzo de cada estado miembro.

La tabla 1 refleja los compromisos en relación a la reducción de emisiones de GEI de Europa y España derivados de las diferentes iniciativas internacionales y europeas comentadas para la lucha contra el cambio climático.

Tabla 1. Compromisos de reducción de emisiones de GEI derivados de las diferentes iniciativas internacionales y europeas para la lucha contra el cambio climático.

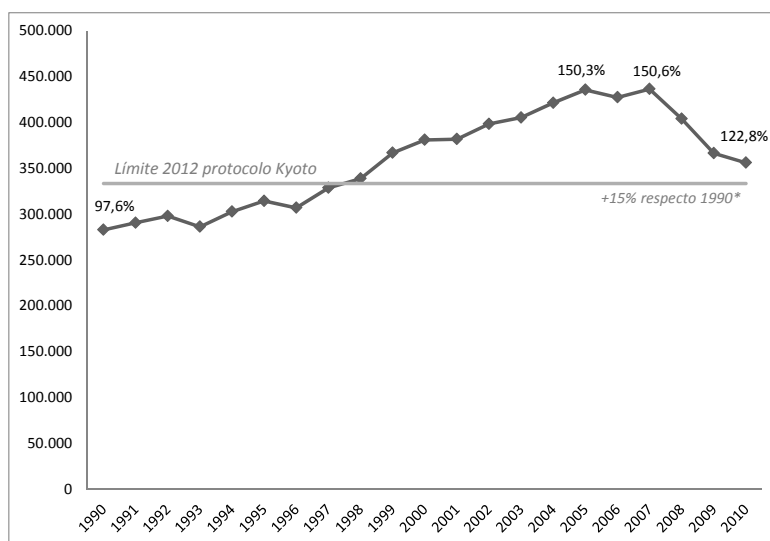
Marco	Año objetivo	Europa				España			
		Todos los sectores		Sector Edificación		Todos los sectores		Sector Edificación	
		Año base	Reducción de GEI	Año base	Reducción de GEI	Año base	Reducción de GEI	Año base	Reducción de GEI
Protocolo Kyoto	2012	1990	-8%	Sin especificar		1990*	+15%	Sin especificar	
Objetivos «20-20-20»	2020	1990	-20%	Sin especificar		Sin especificar		2005	-10%
Hoja ruta economía baja en carbono	2050	1990	Entre -80% y -95%	1990	Entre -88% y -91%	Sin especificar			

*Excepción para las emisiones de gases fluorados, para los que se utiliza 1995 como año base.

Conforme a los últimos datos oficiales disponibles, contenidos en la edición correspondiente al año 2012 del Informe de España sobre los Inventarios de Emisiones de GEI 1990-2010, la situación es la que recoge la figura 1. Las

cifras de emisiones se expresan en términos de emisiones brutas, excluyendo de la contabilización el sumidero neto. El año que se establece como base para las emisiones de gases fluorados en el protocolo de Kyoto es 1995.

Figura 1. Emisiones brutas totales (en kilotoneladas de CO₂-eq) e índice anual respecto al año base, 1990*, (año base = 100) en España. Gráfica de elaboración propia a partir de los datos de la serie 1990-2010 de acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.



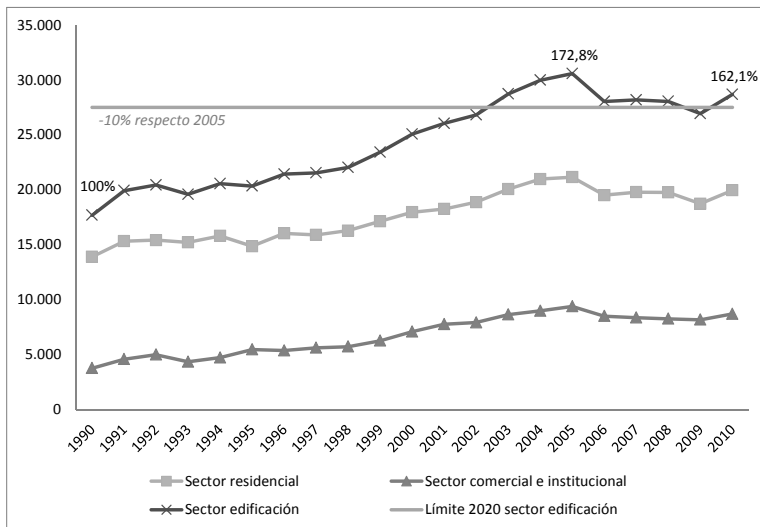
*Excepto para las emisiones de gases fluorados, para los que se utiliza 1995 como año base)

Puede observarse que desde el año base hasta 2007 las emisiones aumentan respecto al año anterior, excepto en 1993, 1996 y 2006, y a partir de 2008 las emisiones disminuyen respecto al año anterior. No es casualidad que la caída se produzca a partir del comienzo de la crisis. En el «Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo: Estado del mercado europeo del carbono en 2012» se deja constancia de la crisis como principal causa de la reducción de emisiones:

«Desde el comienzo del segundo período de comercio en 2008, las emisiones han disminuido más de un 10% y, aunque la señal del precio del carbono del RCDE de la UE haya contribuido sin lugar a dudas a ello, la crisis económica es a todas luces la principal causa de esta acusada reducción de las emisiones» (CE, 2012).

Los resultados del inventario se desglosan por sector de actividad según categorías EMEP/CORINAIR – 2007, establecidas por la Agencia Europea del Medio Ambiente (EEA, 2007). En la figura 2, se muestran las emisiones totales de CO₂-eq procedentes del sector edificación, obtenidas como la suma de las emisiones de los sectores de actividad «02 01 Plantas de combustión comercial e institucional» y «02 02 Plantas de combustión residencial», ambos pertenecientes al grupo 02 (plantas de combustión no industrial), según categorías EMEP/CORINAIR – 2007. Los valores de la categoría «08 09 Actividades domésticas y jardinería», que se podrían haber sumado a la categoría 02 02, para obtener el total de las emisiones del sector residencial, eran siempre de valor nulo. Las emisiones totales incluyen las correspondientes a CO₂, CH₄ y N₂O, ponderadas en función de sus potenciales de calentamiento atmosférico. Los gases fluorados no tienen incidencia en estos sectores de actividad. Las emisiones de CO₂ en el sector edificación representan más del 95% de las emisiones de CO₂-eq.

Figura 2. Emisiones brutas totales (en kilotoneladas de CO₂-eq) e índice anual respecto al año base, 1990, (año base = 100) en la Combustión en los sectores comercial, institucional y residencial. Gráfica de elaboración propia a partir de los datos de la serie 1990-2010 de acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.



Como puede observarse, si bien se produjo una caída en las emisiones de GEI en el conjunto de las actividades españolas (figura 1) desde el comienzo

de la crisis, en el sector de la edificación no se puede hablar de reducción, sino de estabilización de las emisiones (figura 2). Esto es debido a que las emisiones del sector de la edificación, asociadas al consumo de fuentes de energía para iluminación, electrodomésticos, calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria, incluyen tanto las producidas en los edificios de nueva construcción como las que se producen en el parque edificatorio existente, suponiendo estas últimas el mayor porcentaje, por varios motivos, como explicamos en el siguiente apartado: por su elevado número respecto de la totalidad, por los bajos estándares de su construcción, y por el hecho que la normativa energética en el sector de la edificación y la inversión pública en España se han centrado fundamentalmente en la obra nueva, sin dar la importancia debida a los consumos del parque edificatorio existente.

Para España, recuperarse de la crisis antes de 2020 implicará alejarse de sus compromisos internacionales de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de mejora de la eficiencia energética en el sector de la edificación, a menos que se invierta en la rehabilitación energética del parque edificatorio existente. Asimismo nos encontramos muy lejos de los objetivos que se puedan fijar para el sector de la edificación en España en 2050, con el fin de alcanzar la reducción perseguida entre el -88% y el -91% en este sector en Europa, por lo que será necesario una apuesta firme por la rehabilitación energética del parque edificatorio existente.

III. NORMATIVA ENERGÉTICA EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN: DE LA OPORTUNIDAD DE MEJORA PERDIDA EN EL PERIODO DE EXPANSIÓN URBANÍSTICA A LA PROPUESTA DE UN NUEVO MODELO BASADO EN LA REHABILITACIÓN

La Unión Europea otorga prioridad a la reducción de energía en el sector de la edificación desde principios de los 90, como ponen de manifiesto las Directivas 93/76/CEE y 2002/91/CE. Sin embargo, la transposición de estas Directivas a la normativa española ha sido muy lenta.

La Directiva 93/76/CEE apuntaba al sector de la edificación por su gran responsabilidad en lo relativo al consumo energético y sus emisiones de CO₂ asociadas en Europa. La certificación energética ya se proponía como herramienta necesaria en esta Directiva, recomendando a los Estados miembros su puesta en vigor antes de 1995. La certificación energética del edificio es un proceso mediante el que se genera una etiqueta en la que se muestra la valoración, según unos métodos objetivos, de las características de eficiencia energética de un edificio. Sin embargo, la falta de concreción en la Directiva, así como la gran inercia en el sector de la edificación en algunos países, provocó implantaciones muy desiguales entre los Estados miembros (GARCÍA

CASALS, 2006). Países como Dinamarca y Alemania fueron los primeros en establecer nuevas demandas energéticas restrictivas, y métodos para la Certificación Energética de edificios. Países como Francia, Italia y España tardaron considerablemente más (ASDRUBALI et al., 2008). En el caso de España, las nuevas demandas energéticas vinieron con el Real Decreto 314/2006 por el que se aprobó el Código Técnico de la Edificación (CTE) que entró en vigor el 29 de marzo de 2006, aunque realmente no podemos hablar de su puesta en marcha real hasta el 29 de marzo de 2007 cuando sus Documentos Básicos se hicieron de plena aplicación (salvo el DB-HR Ruido), quedando definitivamente derogada la normativa anterior.

La Directiva 2002/91/CE, específica sobre el comportamiento energético de los edificios, representó un avance efectivo y concreto de las líneas de acción que ya fueron indicadas en la Directiva 93/76/CEE para el sector de la edificación. Esta Directiva pretendía reducir las grandes diferencias entre los Estados miembros. Con ella se estableció el marco general para la evaluación energética de los edificios, y se instó a los Países Miembros a establecer una metodología de certificación energética que llevase al sector de la edificación a niveles de comportamiento energético superiores a los entonces actuales. Esta Directiva se transpuso parcialmente al ordenamiento jurídico español a través del Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprobó el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción. Este Real Decreto 47/2007, entró en vigor el 30 de abril de 2007, siendo voluntaria su aplicación hasta el 31 de octubre de 2007, fecha a partir de la cual los proyectos de edificios que solicitan licencia de obras deben cumplir la normativa establecida en este Real Decreto.

Como crítica al Real Decreto 47/2007 cabe mencionar su tardía entrada en vigor, que podría haberse realizado en 1995, dado que en 1993 la Directiva 93/76/CEE ya había señalado su necesidad. Desde 1995 a 2006, la superficie edificada en España aumentó 800 km² (GARCÍA CASALS, 2006), que junto con las bajas exigencias energéticas de la normativa previa al CTE, que data de 1979, supuso un aumento en demanda de energía primaria en ese período de 140 TW·h·año⁻¹, casi un 60% de la demanda energética anual (GARCÍA CASALS, 2006).

A esto se suma el hecho de que entre 2006 y la entrada en vigor definitiva del CTE en marzo de 2007 aumentó considerablemente el número de proyectos de viviendas visados en los Colegios de Arquitectos, dado que muchos promotores veían de forma negativa las nuevas exigencias del CTE porque supondrían un aumento de los costes de ejecución estimado en un 10%. Finalmente, la entrada en vigor del CTE coincidió con el inicio de la crisis económica mundial y su consabida afección al sector inmobiliario, con lo que el parque edificatorio residencial desde la entrada en vigor de estas nuevas

exigencias más restrictivas apenas ha aumentado. Por ello, podemos afirmar que España perdió una gran oportunidad de mejora de la calidad energética de su edificación y su asociada reducción de gases de efecto invernadero entre los años 1993, en que fue aprobada la primera Directiva, y 2007 en que entró en vigor el CTE y el Real Decreto 47/2007, coincidiendo con el comienzo de la crisis inmobiliaria.

Otra crítica importante al Real Decreto 47/2007 es que no contempla la edificación existente. De ahí que digamos que sólo transpuso la Directiva 93/76/CEE parcialmente. La certificación energética de los edificios existentes debería haber entrado en vigor en el primer trimestre del 2009, pero no lo hizo, motivo por el que España recibió una sanción. El recientemente aprobado Real Decreto 235/2013 de 5 de abril finalmente regula la certificación tanto de edificios nuevos como existentes, y entró en vigor el pasado 1 de junio de 2013. A partir de esta fecha, todos los edificios de nueva construcción, así como los edificios o partes de edificios existentes que se vendan o alquilen a un nuevo arrendatario o en los que una autoridad pública ocupe una superficie útil total superior a 250 m² y sean frecuentados habitualmente por el público, deben tener un certificado energético en vigor.

En 2010, la Comisión Europea habida cuenta que las restricciones que marcó en la Directiva 2002/91/CE no son suficientes para alcanzar los objetivos «20-20-20» marcados para el año 2020, aprueba la Directiva 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios, que sustituye, refundida, a la Directiva 2002/91/CE. Según esta nueva Directiva a partir del 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos deben tener un consumo de energía casi nulo. Los nuevos edificios que estén ocupados y que sean propiedad de las autoridades públicas deben cumplir los mismos criterios después del 31 de diciembre de 2018. Los edificios existentes, cuando son objeto de trabajos de renovación importantes, deben beneficiarse de una mejora de su eficiencia energética de tal forma que puedan satisfacer igualmente los requisitos mínimos. El reciente Real Decreto 235/2013 ha transpuesto parcialmente estas exigencias al sistema legislativo español, aunque los requisitos concretos no han quedado aún recogidos, especificándose que se determinarán en su momento en el CTE.

La importancia de las emisiones de GEI del parque edificatorio existente se reconoce plenamente a partir de la reciente Directiva 2012/27/UE, según la cual para alcanzar el -20% de reducción de emisiones de GEI, los Estados miembros deben, entre otras medidas, establecer una estrategia a largo plazo para movilizar inversiones en la renovación del parque nacional, cuya primera versión se deberá publicar a más tardar el 30 de abril de 2014. Dicha estrategia se actualizará cada tres años y será remitida a la Comisión en el marco de los Planes nacionales de acción para la eficiencia energética. Dicha estrategia comprenderá:

- a) *un panorama del parque inmobiliario nacional basado, según convenga, en un muestreo estadístico;*
- b) *una definición de enfoques rentables de renovación en relación con el tipo de edificio y la zona climática;*
- c) *políticas y medidas destinadas a estimular renovaciones exhaustivas y rentables de los edificios, entre ellas renovaciones profundas por fases;*
- d) *una perspectiva de futuro destinada a orientar las decisiones de inversión de las personas, la industria de la construcción y las entidades financieras;*
- e) *un cálculo fundado en datos reales, del ahorro de energía y de los beneficios de mayor radio que se esperan obtener.*

De los contenidos de esta estrategia se deduce la importancia de disponer información al servicio de la Unión Europea y de las Administraciones públicas relativa a la diagnosis del parque edificatorio, a la rentabilidad de las actuaciones de renovación, a protocolos de renovación profunda por fases y a sus medidas de los beneficios energéticos y de mayor amplitud. Por beneficios de mayor amplitud, entendemos otros beneficios de carácter socioeconómico, recogidos en los objetivos de la estrategia Europa 2020, que para España son:

- Objetivo 1: Empleo para el 74% de las personas de 20 a 64 años.
- Objetivo 2: Inversión del 3% del PIB en I+D.
- Objetivo 3: Cambio climático y sostenibilidad energética.
- Objetivo 4: Educación.
- Objetivo 5: Luchar contra la pobreza y la exclusión social.

Según el Censo de Población y Vivienda de 2011 del Instituto Nacional de Estadística, el parque de viviendas español estaba formado por un total de 25.208.623 viviendas, de las cuales el 55% fue construido con anterioridad a 1981. Entre 2008 y 2011, de acuerdo con los informes de estadística de la Edificación del Consejo Superior de Colegios de Arquitectos, se visan 515.309 viviendas. Por tanto, podemos estimar que en 2011 aproximadamente el 55% del parque de viviendas español fue construido antes de entrar en vigor la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79 sobre condiciones térmicas en los edificios, el 43% mientras esta normativa era de aplicación, y el 2% siendo de aplicación el CTE. Esto quiere decir que el 98% del parque de viviendas español se construyó conforme a estándares energéticos muy bajos en relación a los actuales estándares españoles y particularmente respecto a los que están por venir como consecuencia de la Directiva 2010/31/UE. Además, cabe añadir que la inversión en rehabilitación por cada euro en nueva planta en 2009 en España, fue de 0,77 €, sensiblemente inferior a los 1,26 € de media de los cinco grandes países de la UE, según los datos del informe Euroconstruct, de

diciembre de 2009, lo que denota la falta de interés que el parque edificatorio existente había suscitado en España hasta el momento.

En el sistema legislativo español, los primeros signos de preocupación por la eficiencia energética del parque edificatorio existente se observan en 2009 con la aprobación de la Ley 19/2009, de 23 de noviembre, de medidas de fomento y agilización procesal del alquiler y de la eficiencia energética de los edificios. La Ley 19/2009 modifica la Ley de Propiedad Horizontal para facilitar que las comunidades de propietarios puedan adoptar acuerdos para la realización de obras y la instalación de equipos o sistemas que tengan por finalidad mejorar la eficiencia energética del edificio. Asimismo la Ley 19/2009 modifica la Ley de Arrendamientos Urbanos y la Ley de Enjuiciamiento Civil con el fin de impulsar el desarrollo del mercado del alquiler de la vivienda, dado que como la propia ley señala en su preámbulo el alquiler ofrece ventajas económicas, sociales y laborales cuyo disfrute no se había visto favorecido por las propias características del mercado de vivienda en alquiler, los incentivos ofrecidos por los poderes públicos y unas condiciones financieras favorables al endeudamiento en España. De esta forma, el alquiler en España en 2009 representaba tan solo el 11% del mercado de vivienda, cuando la media europea se situaba en torno al 40%. La ley 19/2009 pretendía crear medidas de estímulo, tanto dirigidas a ayudar a las familias de menor capacidad económica y a jóvenes a hacer frente a los pagos de las rentas arrendaticias como a fortalecer la seguridad jurídica de las partes para fomentar el incremento de la oferta en el mercado del alquiler. Efectivamente, el alquiler ya se está convirtiendo en una opción importante para los nuevos hogares, aunque esto lo podemos achacar fundamentalmente a la crisis económica y a las dificultades para acceder al crédito hipotecario.

El paso más importante hacia un nuevo modelo de vivienda basado en el alquiler y la rehabilitación en España lo constituye la reciente aprobación en abril de 2013, de un paquete de medidas legislativas que incluyen la nueva Ley de Rehabilitación, Regeneración y Renovación urbanas (LBR), el Plan Estatal de Vivienda 2013-2016 y el Real Decreto 235/2013 Certificación Energética de Edificios, tanto de edificios nuevos como existentes. Este paquete de medidas tiene una clara vocación social y de ahorro energético, que apoya el alquiler como forma idónea para el acceso a la vivienda, especialmente para quienes disponen de menores niveles de renta y como medio para favorecer la salida al stock de vivienda desocupada, y que apuesta por el fomento de la rehabilitación de edificios y la regeneración urbana para propiciar una reactivación sostenible del sector de la construcción, una vivienda digna para los sectores de población con menos recursos y una mejora de la eficiencia energética. Aún faltan las soluciones económicas que faciliten y permitan hacer real el cambio hacia este nuevo paradigma de la vivienda. Será un objetivo

que debemos marcarnos desde todas las disciplinas que la vivienda y la rehabilitación abarcan.

En la L3R se hace alusión a la creación y actualización permanente de «información al servicio de las políticas públicas para un medio urbano sostenible» como una parte importante de los futuros instrumentos al servicio de las nuevas políticas de rehabilitación urbana que se quieren impulsar y favorecer con la nueva Ley con, al menos, los siguientes instrumentos:

- a) *Censos de construcciones, edificios, viviendas y locales desocupados y de los precisados de mejora o rehabilitación.*
- b) *Mapas de ámbitos urbanos deteriorados, obsoletos, desfavorecidos o en dificultades, precisados de regeneración y renovación urbanas, o de actuaciones de rehabilitación edificatoria.*

De los instrumentos señalados en la L3R, se desprende de nuevo la importancia de disponer de información al servicio de las Administraciones públicas relativa a la diagnosis del parque edificatorio, así como de mapas de barrios vulnerables.

Asimismo, para ejemplarizar hacia el camino de la eficiencia energética en edificación la reciente Directiva 2012/27/UE establece que cada uno de los Estados miembros se asegurará de que, a partir del 1 de enero de 2014, el 3% de la superficie total de los edificios con calefacción y/o sistema de refrigeración que tenga en propiedad y ocupe su Administración central se renueve cada año, de manera que cumpla al menos los requisitos de rendimiento energético mínimos que haya fijado en aplicación del artículo 4 de la Directiva 2010/31/UE. Se deberá dar prioridad a los edificios con peor rendimiento energético, cuando sea rentable y técnicamente viable, pudiendo quedar exentos de cumplir este requisito los edificios protegidos oficialmente cuando el cumplimiento de determinados requisitos mínimos de eficiencia energética pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, los edificios para fines de defensa nacional, y los edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas.

Si un Estado miembro renueva en un año determinado más del 3% de la superficie total de los edificios de la Administración central, podrá computar el exceso en el índice de renovación anual de cualquiera de los tres años anteriores o siguientes. Asimismo se podrán contabilizar, a efectos del índice de renovación anual, los edificios nuevos que la Administración central tenga en propiedad y sustituyan edificios que se hayan demolido en cualquiera de los dos años anteriores, o edificios que se hayan vendido, demolido o dejado de utilizar en cualquiera de los dos años anteriores por haber dado un uso más intensivo a otros edificios.

Con fecha límite de 31 de diciembre de 2013, la Administración central deberá realizar un inventario de los edificios con calefacción y/o sistema de

refrigeración de las Administraciones centrales cuya superficie útil total sea de más de 500 m² y, a partir del 9 de julio de 2015, de más de 250 m², con exclusión de los edificios exentos. El inventario deberá contener la superficie en m² y el rendimiento energético de cada edificio.

De las exigencias sobre mejora energética de los edificios de la Administración central se desprende la importancia de generar información relativa al inventario de estos edificios, así como de los métodos para mejorar su eficiencia energética, estimación de beneficios energéticos y costes asociados.

IV. ANÁLISIS DE HERRAMIENTAS DE CARÁCTER TÉCNICO AL SERVICIO DE LA RENOVACIÓN DEL PARQUE EDIFICATORIO EXISTENTE

Del estudio de la normativa energética europea en el sector de la edificación y su transposición a la legislación española, hemos deducido la importancia de:

- Disponer información relativa a:
 - a) el inventario y diagnosis energética del parque edificatorio, fundamentalmente el residencial y los edificios con calefacción y/o sistema de refrigeración de las Administraciones centrales,
 - b) la mapificación de barrios vulnerables.
- Definir:
 - a) protocolos de renovación profunda del parque edificatorio por fases,
 - b) metodologías para el proyecto de mejora de eficiencia energética, así como soluciones de rehabilitación.
- Realizar estimaciones de:
 - a) los beneficios energéticos y de mayor amplitud de la renovación del parque edificatorio,
 - b) la rentabilidad de las actuaciones de renovación.

Estas necesidades abarcan muchas disciplinas de los ámbitos técnico, jurídico, social y económico. En este artículo nos centramos fundamentalmente en el ámbito técnico. A continuación realizamos un estado del arte de las metodologías, protocolos, instrumentos y soluciones para la renovación del parque edificatorio.

Dentro del ámbito técnico, distinguimos asimismo entre las herramientas que se centran en la escala urbana de las que lo hacen en la escala del edificio. Así, por ejemplo, el reciente desarrollo de indicadores y su mapificación para el diagnóstico de barrios vulnerables de España del Ministerio de Fomento (MFOM, 2010; MFOM, 2012), el diagnóstico de las necesidades de interven-

ción en la renovación del parque edificado de la Comunidad Autónoma del País Vasco (TECNALIA, 2011), o los trabajos sobre identificación y medición de indicadores de la calidad del medio urbano por la Agencia de Ecología Urbana de Barcelona (RUEDA et al., 2012) constituyen líneas de trabajo destacables a escala urbana que ponen al servicio de las Administraciones Públicas herramientas para identificar barrios vulnerables, es decir, espacios que se encuentran «frente a una posible situación crítica, de forma que, de no actuarse sobre las bases del conflicto, el área entrará en crisis, pudiéndose producir una degradación funcional y social del ámbito que lo conduzca a la marginación» (MFOM, 2010). También los estudios impulsados por el Grupo de Trabajo de Rehabilitación (GTR) han supuesto un avance importante en la medida de los beneficios energéticos y de mayor radio de la renovación del parque edificatorio a escala urbana, trazando un plan de acción para la creación de un nuevo sector de la vivienda con la capacidad de crear puestos de trabajo, ahorrar energía y sus emisiones asociadas, y colaborar en el cumplimiento de los compromisos europeos y españoles de reducción de energía y emisiones para 2020 y 2050 (CUHÍ & SWEATMAN, 2012). En este artículo nos centramos, no obstante, en la escala del edificio y por ello procedemos a continuación a realizar un estudio de las herramientas disponibles para la diagnosis y rehabilitación de edificios, así como de las experiencias piloto de rehabilitación de edificios residenciales.

1. Herramientas para la diagnosis energética y rehabilitación de edificios existentes

Desde el punto de vista técnico, cabe plantearse si existen o no las herramientas para abordar la mejora energética de la edificación existente y la regeneración urbana. La capacidad de diseño y cálculo que permiten los ordenadores actuales así como la de comunicación entre usuarios o con la web han facilitado la proliferación de numerosos programas de cálculo tanto dinámicos (con resolución de los balances a partir de expresiones diferenciales), como estáticos (basados en medias estadísticas). En el ámbito de aplicación del edificio encontramos programas para realizar cálculos energéticos que pueden incluir además una evaluación de impacto ambiental con fines de certificación.

Cubriendo ambos aspectos tenemos la combinación sobradamente conocida LIDER y CALENER. Estos programas informáticos son las herramientas oficiales desarrolladas para la comprobación del cumplimiento de la demanda energética de los edificios de nueva construcción, de acuerdo a los estándares establecidos en el CTE (LIDER), y para obtener sus correspondientes etiquetas de calificación energética por la opción general (CALENER) en cumplimiento del Real Decreto 235/2013. Mediante el uso de CALENER se obtiene la etiqueta

que pone a disposición de los compradores información objetiva en relación con las características energéticas de los edificios de nueva construcción. La certificación energética se puede realizar además de con CALENER, mediante la opción simplificada, existiendo varias herramientas aprobadas para aplicar la opción simplificada (CES, CERMA, etc.). CALENER, no obstante, es en la actualidad la única herramienta oficial para la opción general, siendo obligatoria si el edificio proyectado tiene un número elevado de huecos según unos límites establecidos y representando la única vía para optar a las calificaciones mejores (RUÁ & LÓPEZ-MESA, 2012).

Centrándonos únicamente en la variable energética podemos citar el potente BSIM o Energy Plus, gratuito, y su derivado Design Builder que facilita una interfaz más cómoda que el anterior además de incorporar cálculos adicionales CFD (de las siglas en inglés de mecánica de fluidos computacional) para analizar efectos relativos a infiltraciones y ventilación. Con todo, debe recordarse que diferentes estudios (UNE-EN 832/2000) muestran indeterminaciones superiores al 50%, relacionadas con las deficiencias en los procesos constructivos (edificio e instalaciones auxiliares) y sobre todo con los hábitos de los usuarios. En un trabajo reciente (RENAISSANCE, 2010) se han identificado diferencias de un 10% a un 30% entre los resultados proporcionados por BSIM, Energy Plus y LIDER para los mismos edificios y con un único técnico realizando el estudio, para evitar las desviaciones que aparecen cuando distintos técnicos introducen un mismo edificio.

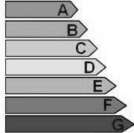
También cabe señalar la existencia de distintas aplicaciones informáticas con un elevado potencial de cálculo, orientadas al diseño, que nos proporcionan, entre otros, datos de radiación, sombreadamiento o trayectorias solares. Destaca en este grupo el programa Ecotect, con recursos para la optimización y análisis de geometrías complejas. Su utilidad en el diseño bioclimático se apoya en los cómodos resultados gráficos para cartas solares 2D y 3D con evaluación de la radiación acumulada. Tanto Ecotect como IES o EDSLtas permiten la exportación de datos térmicos, de confort y de iluminación, proporcionando una información completa de la simulación del edificio introducido.

Existen igualmente numerosos programas informáticos (cada país de nuestro entorno económico tiene el suyo) para la evaluación y/o certificación de la sostenibilidad, entre otros: LEED de USA, BREEAM de Gran Bretaña, CASBEE de Japón y VERDE de España. Estos programas se apoyan en el uso de indicadores que cubren diferentes aspectos relativos a la sostenibilidad (eficiencia energética, calidad interior del aire, eficiencia hídrica, etc.) para realizar una evaluación global del nivel de sostenibilidad de los edificios. Todas estas herramientas adolecen a nuestro entender de imprecisión en las referencias, probablemente más adecuadas a su contexto geográfico, para identificar el peso de los respectivos indicadores del nivel de sostenibilidad.

En general ninguno de los programas informáticos referidos posee la totalidad de las aplicaciones necesarias para el diagnóstico de la edificación existente y el diseño con análisis energético de las soluciones de rehabilitación, que además permita tanto el análisis de un edificio singular como el de un conjunto urbano. No obstante, existen algunas herramientas que comienzan a facilitar la mejora del parque edificatorio existente y la regeneración urbana.

Para el diagnóstico energético del edificio, cabe destacar los programas informáticos CE3X y CE3 de reciente creación, por encargo del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), con el fin de poner una herramienta a disposición de los técnicos para la certificación energética de edificios existentes o partes del mismo. Constituyen procedimientos simplificados de certificación energética que usan como referencia el programa CALENER (IDAE, 2012). Tras la aplicación de estos programas, se obtiene un certificado que incluye: la identificación del edificio o de la parte del mismo que se certifica; los datos del técnico certificador; la calificación energética obtenida mediante una etiqueta como la de la figura 3; la descripción de las características energéticas del edificio; el desglose de la certificación energética en indicadores y etiquetas parciales relativos a la eficiencia de la calefacción, la refrigeración, el Agua Caliente Sanitaria (ACS) y la iluminación; recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética; y una descripción de las pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador. Este certificado, regulado por el Real Decreto 235/2013, permitirá valorar de forma objetiva la eficiencia energética de los edificios que se vendan o alquilen a partir del 1 de junio de 2013, constituyendo un instrumento de diagnóstico energético del edificio certificado.

Figura 3. Etiqueta energética para la calificación energética de la edificación existente

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES	
	CALEFACCIÓN	ACS
	<i>Emisiones calefacción</i> [kgCO ₂ /m ² -año]	<i>Emisiones refrigeración</i> [kgCO ₂ /m ² -año]
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
<i>Emisiones globales</i> [kgCO ₂ /m ² -año]	<i>Emisiones ACS</i> [kgCO ₂ /m ² -año]	<i>Emisiones iluminación</i> [kgCO ₂ /m ² -año]

De forma general, la Inspección técnica del edificio (ITE), un control técnico de carácter preventivo al que se someten periódicamente los edificios existentes, regulados por el Real Decreto-ley 8/2011, de 1 de julio, vigente

hasta la entrada en vigor de la L3R, que introduce el informe de evaluación de los edificios, y por las distintas Ordenanzas Municipales, podría usarse asimismo como instrumento para diagnosticar el grado de conservación de los inmuebles, aunque plantea algunas dificultades en este sentido por su desigual implantación: no está establecida en todas las Comunidades Autónomas, ni se exige en todos los municipios españoles, ni se aplica de igual manera en aquellos lugares en que se ha implantado su uso. De entre los diferentes modelos de ordenanza para la ITE y las herramientas a disposición de los técnicos para su aplicación, cabe destacar el sistema integral de procedimientos para la rehabilitación energética de edificios existentes desarrollado por el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE), que engloba: el Informe de Conservación del edificio y Evaluación Energética (ICE), la herramienta CERMA Rehabilitación, el catálogo de soluciones constructivas para la rehabilitación y el sistema de certificación denominado Perfil de Calidad de rehabilitación (IVE, 2013).

El modelo de ordenanza para la ITE desarrollado por el IVE tiene por objetivo la homogeneización y sistematización del procedimiento de ITE en la Comunidad Valenciana, la constitución de una base de datos de edificios con ITE para la mejor caracterización del parque construido, y el establecimiento de un modelo que atienda exigencias más allá del deber de conservación, como son las relativas a eficiencia energética y accesibilidad. El ICE es el modelo de informe para la realización de la ITE que recoge información relativa a la situación general de los elementos comunes del edificio, sus aspectos de seguridad, funcionalidad y eficiencia energética, analizando deficiencias, lesiones y síntomas en los diferentes elementos constructivos, con el fin de establecer las necesidades y prioridades de intervención en la futura rehabilitación. El catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación es una amplia base de datos que incluye tanto los elementos constructivos de la envolvente del edificio utilizados de 1940 a 1980 como sus posibles soluciones de rehabilitación, incorporando sus prestaciones térmicas, los detalles constructivos y criterios de selección. La herramienta CERMA Rehabilitación permite cuantificar la demanda energética y las emisiones de CO₂ para la obtención de una etiqueta energética, como las que producen CE3X y CE3, aunque a diferencia de estas aún no constituye un documento reconocido. El Perfil de Calidad de Rehabilitación es un distintivo voluntario que expresa el nivel de prestaciones de un edificio rehabilitado por encima de los mínimos marcados por la normativa existente en lo relativo a la accesibilidad, ahorro energético y sostenibilidad. Se puede usar asimismo como herramienta para marcarse objetivos al comienzo de un proceso de rehabilitación.

La herramienta VERDE RH Residencial ha sido desarrollada por *Green Building Council – España* (GBCe) por encargo de la Dirección General de

Arquitectura, Vivienda y Suelo del Ministerio de Fomento con el fin de fomentar la rehabilitación ambiental del parque edificatorio residencial existente (GBCe, 2013). La herramienta constituye un sistema simplificado para la evaluación de edificios existentes y rehabilitados, que utiliza como metodología una aproximación al análisis del ciclo de vida. Compara el estado inicial del edificio con el estado final tras la rehabilitación para una serie de criterios relativos al consumo de agua doméstico y por riego, al comportamiento térmico de la envolvente, al rendimiento y sostenibilidad de los sistemas, a la demanda eléctrica, a la protección frente al ruido externo, a los ruidos de los recintos de instalaciones, a la ventilación natural de las viviendas, a la iluminación natural de las viviendas, al impacto de los materiales usados en la intervención, al reciclaje de residuos domésticos del edificio, y a otros valores añadidos. El programa valora todos estos criterios considerando las diferentes etapas del ciclo de vida a las que afectan, el tipo de impactos que afecta, la incidencia del criterio en la reducción del impacto y el peso del impacto, asignado según la globalidad y duración del efecto así como otros factores regionales. Finalmente el programa proporciona una puntuación global de la rehabilitación, a partir de los impactos evitados relativos al cambio climático, pérdida de fertilidad, pérdida de vida acuática, emisión de compuestos foto oxidantes, agotamiento de energía no renovable, agotamiento de recursos no renovables, agotamiento de agua potable, generación de residuos no peligrosos, pérdida de salud, confort y calidad, así como riesgo para los inversores.

Las aplicaciones referidas anteriormente se limitan al análisis de edificios individualmente. En el ámbito de lo urbano, el programa URSOS (IDAE & GEE, 2013), de libre descarga, es una aplicación de diseño de urbanizaciones con criterios de sostenibilidad y una herramienta de análisis energético de edificios mediante métodos de cálculo estáticos. El desarrollo de URSOS se inició en 2002, mediante un convenio entre la Universidad de Zaragoza a través del Grupo de investigación Energía y Edificación (GEE) y el IDAE, generando una primera versión que se ha ido mejorando con el tiempo. La herramienta ya permite la evaluación de conjuntos urbanos existentes aunque, dada la importancia que esta cuestión está cobrando en la actualidad, actualmente se están realizando mejoras que hagan aún más fácil esta tarea.

Consideramos estas cuatro iniciativas —los programas informáticos para la certificación de la edificación existente, el sistema integral de procedimientos para la ITE del IVE, la herramienta VERDE RH Residencial y el programa informático URSOS— como los resultados de investigación en la frontera del conocimiento en materia de herramientas técnicas de apoyo a la rehabilitación energética en España. A pesar de sus importantes aportaciones, encontramos aún vacíos en este campo de la investigación que requieren ser atendidos y que explicamos a continuación.

V. ANÁLISIS DEL BENEFICIO MEDIOAMBIENTAL Y ECONÓMICO DE LA REHABILITACIÓN DE LA VIVIENDA SOCIAL MEDIANTE UN ESTUDIO DE CASO

A partir de la experiencia piloto de rehabilitación de un bloque de viviendas sociales del Grupo Girón en la ciudad de Zaragoza realizado por los arquitectos Gerardo Molpeceres y Monserrat Abad (figura 4), analizamos en este artículo las posibilidades de reducción de emisiones de GEI y de costes de rehabilitación de la vivienda social desde una visión del total de la vida del edificio. El bloque de viviendas que usamos como estudio de caso fue construido en 1956 y es uno de los cinco proyectos piloto de viviendas sociales que se rehabilitaron con una subvención del Ayuntamiento, el Gobierno de Aragón y el Ministerio de Vivienda en las denominadas zonas ARI (Áreas de Rehabilitación Integral) de la ciudad de Zaragoza. La rehabilitación del inmueble se inició a finales del año 2009, finalizando en agosto de 2010. Es un bloque en L con una doble crujía de 7 metros, con gruesos muros de carga paralelos a fachada con una superficie total habitable aproximada de 1.660 m², que alberga 40 viviendas, de superficie útil entre 37 y 40 m². El bloque presenta aproximadamente 279 m² de fachada tanto a este como oeste, y 670 m² tanto a norte como a sur, con un porcentaje de huecos en todas sus fachadas del 20% aproximadamente. La actuación buscaba entre otros la mejora de la eficiencia energética, tanto a través de la disminución de la demanda energética como mediante la creación de una nueva red comunitaria de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS), que incluía energía solar térmica. La demanda energética se disminuyó, instalando en la fachada original de ladrillo macizo un aislamiento térmico exterior y un revestimiento de paneles cerámicos con cámara ventilada, manteniendo las ventanas existentes y colocando otras a haces exteriores a modo de doble ventana con perfilera de aluminio lacado con vidrio aislante 4+6+4 mm, e incluyendo aislamiento térmico en la cámara ventilada de cubierta. En la solera no se intervino dado que la rehabilitación se realizó manteniendo en todo momento la ocupación de las viviendas, incluso las de la planta baja.

A continuación, realizamos un cálculo de los costes y emisiones de CO₂ a lo largo de la vida del mencionado edificio para evaluar el beneficio ambiental y económico de la rehabilitación de este bloque de viviendas. El estudio lo realizamos para tres casos: a) una vivienda media del bloque suponiendo que sus ahorros energéticos son los que se derivan del programa de simulación Lider; b) una vivienda real del Grupo Girón situada en planta baja, conectada a la nueva red comunitaria de calefacción y de ACS, aprovechando tanto la reducción de demanda energética como la mejora de las instalaciones, que nos ha proporcionado sus consumos energéticos mediante la consulta de facturas; y c) una vivienda real del Grupo Girón situada en planta superior, no conectada a la nueva red de calefacción aunque sí a la red de ACS, y

que por tanto sólo se beneficia de la reducción de demanda energética y una parte de la mejora de las instalaciones, que asimismo nos ha proporcionado sus consumos energéticos mediante la consulta de facturas.

Figura 4. Bloque de viviendas del Grupo Girón antes y después de la rehabilitación



1. Beneficios medioambientales y económicos de una vivienda del Grupo Girón suponiendo los ahorros energéticos proporcionados por el programa de simulación Lider

El cálculo de costes se ha realizado a partir de los siguientes datos:

- Precios de la electricidad y gas natural en España para consumidores domésticos por kW·h incluido impuestos desde 1991 a 2012 (EUROSTAT, 2013).
- Precios de la electricidad y del gas natural en España para consumidores domésticos por kW·h incluido impuestos en 2013, a partir de las tarifas vigentes de electricidad a partir del 1 de abril de 2013, publicadas en el BOE de 29 de marzo de 2013, y las tarifas vigentes de gas natural a partir del 1 de enero de 2013, publicadas en el BOE 31 de diciembre de 2012.
- La predicción de los precios de la electricidad y gas natural en España para consumidores domésticos entre 2013 y 2020, a partir de los datos de 1991 a 2013 mediante ajuste de una función polinómica de tercer orden, con un coeficiente de determinación $R^2 = 0,9932$ para los precios de la electricidad y un $R^2 = 0,8326$, que recogemos en las figuras 5 y 6.
- Los datos de consumo energético que recogemos en la tabla 2, obtenidos a partir de los datos de demandas arrojados por la herramienta Lider y la aplicación de coeficientes de paso de los datos de demanda

a energía final de calefacción similares a los que utiliza el programa Calener VYP según el tipo de instalación.

- Los datos económicos de la actuación de rehabilitación, que son los siguientes (ZV, 2010):
 - o Presupuesto por vivienda 44.204,50 €
 - o Subvención pública 33.700,00 € (76,24%)
 - o Aportación privada propietario 10.504,50 € (23,76 %)
- Los costes de mantenimiento antes y después de la rehabilitación, que incluyen los gastos de ascensor (mantenimiento, teléfono, ascensor), limpieza (coste servicio), seguro multirriesgo (cuota anual), instalaciones (sala calderas, contadores, placas solares, electricidad, antena TV), administrador (cuota mensual, asesoría laboral/fiscal, junta extraordinaria), banco (comisión bancaria) y Ayuntamiento (agua y vertido), y que ascendían antes de la rehabilitación a 196,92 € anuales por vivienda, y después de la rehabilitación a 791,76 € anuales por vivienda (ORTEGA, 2011).

Tabla 2. Consumos energéticos en una vivienda media del bloque de viviendas rehabilitado a partir de los datos arrojados por la herramienta de simulación Lider, calculados por (ORTEGA, 2011).

	Consumo calefacción anual por vivienda (kW-h)	Consumo refrigeración anual por vivienda (kW-h)	Consumo ACS anual por vivienda (kW-h)	Total consumo anual por vivienda (kW-h)
Sin rehabilitar	3.748,28	229,91	601,75	4.579,94
Rehabilitado	1.745,91	209,99	240,70	2.196,60
Ahorro energético	53%	9%	60%	52%

Figura 5. Evolución de los precios de electricidad en España de 1991 a 2013, incluidos impuestos, para consumidores domésticos y predicción para años futuros.

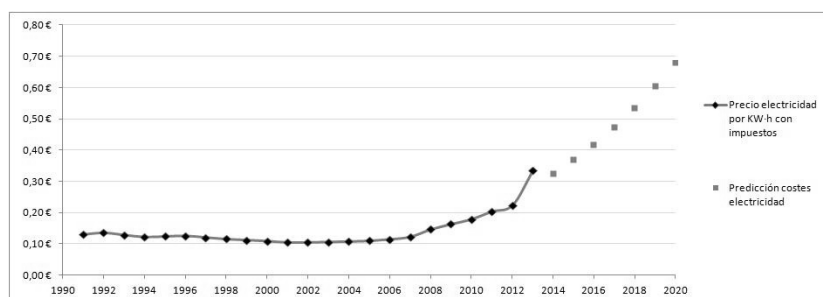
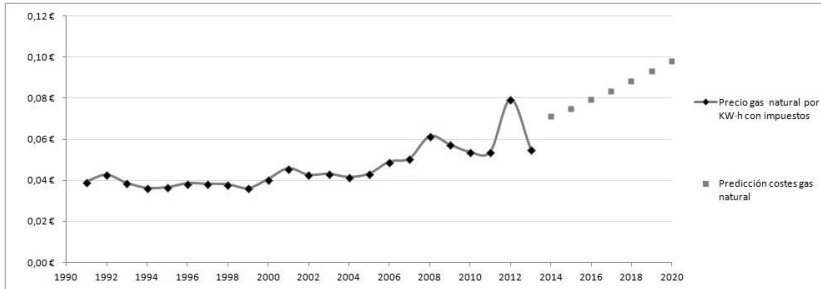
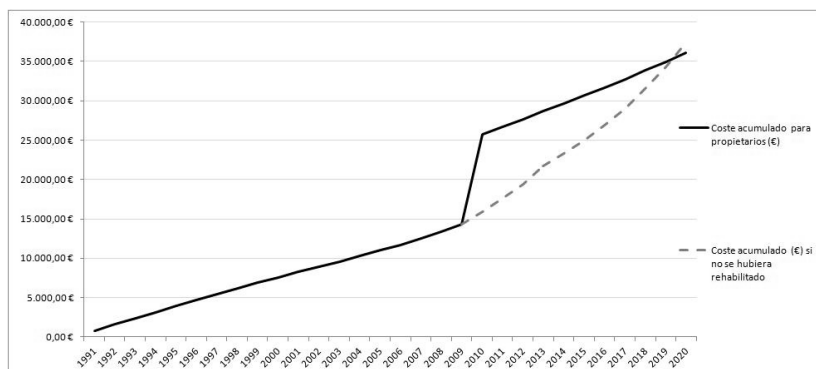


Figura 6. Evolución de los precios del gas natural en España de 1991 a 2013, incluidos impuestos, para consumidores domésticos y predicción para años futuros.



A partir de estos datos hemos construido la figura 7, cuya curva de color negro representa el coste acumulado para los propietarios de una vivienda del Grupo Girón, suponiendo que los consumos energéticos son los derivados de la simulación con el programa Lider. Estos costes incluyen los relativos a los consumos de calefacción, refrigeración y ACS, los costes asumidos por los propietarios por la rehabilitación integral del bloque de viviendas, y los costes de mantenimiento, teniendo en consideración la evolución de los precios de la electricidad y el gas natural. No incluyen los costes relativos a la electricidad por consumo de luz y aparatos electrodomésticos, ni el IRPF por las subvenciones obtenidas. Además partimos del supuesto que los propietarios pagaron en 2010 los 10.504,50 € sin necesidad de pedir préstamo bancario. Podemos observar que los costes acumulados siguen una curva con una inclinación significativamente constante hasta 2009, entre 2009 y 2010 la curva incrementa su inclinación fuertemente debido a los costes de la rehabilitación, y de 2010 en adelante la curva toma una inclinación algo mayor a la anterior a 2009 por la subida de los precios energéticos, a pesar de la disminución de los consumos, y por el incremento en los costes de mantenimiento.

Figura 7. Coste acumulado para los propietarios de una vivienda del Grupo Girón entre 1991 y 2020 y coste acumulado si no se hubiera realizado la rehabilitación, suponiendo que los consumos energéticos son los derivados de la simulación con el programa Lider.



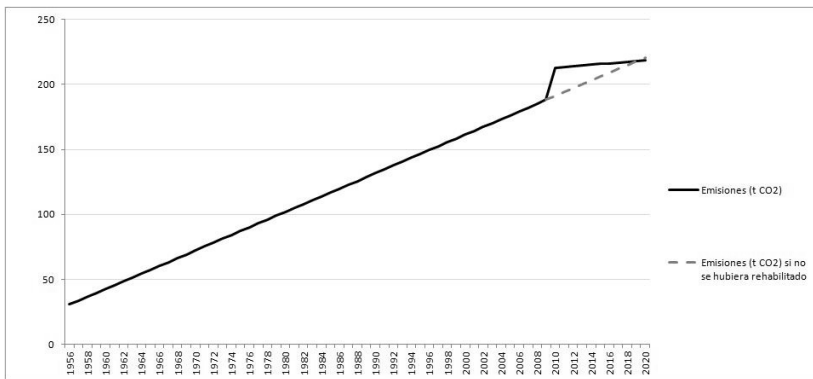
Asimismo, se ha representado en color gris una línea a trazos que representa el coste acumulado si no se hubiera realizado la rehabilitación. Como puede observarse en la figura 7, estas dos líneas se cruzan en el año 2019, año a partir del cual resulta más ventajoso desde el punto de vista económico, haber realizado la rehabilitación integral del edificio que no haberla hecho. Esto quiere decir que el periodo de amortización para el coste de la rehabilitación asumido por los propietarios (10.504,50 €) es de 9 años, de 2010 a 2019, suponiendo que los ahorros energéticos que se consiguen con la rehabilitación son los derivados de la simulación con el programa Lider.

También hemos realizado un estudio del beneficio medioambiental obtenido por vivienda con la rehabilitación del Grupo Girón, que recogemos en la figura 8. El cálculo de emisiones de CO₂ por vivienda a lo largo de la vida del edificio se ha realizado a partir de los siguientes datos:

- Los datos de consumo energético que recogemos en la tabla 2, obtenidos a partir de los datos arrojados por la herramienta Lider, tanto para una vivienda del edificio antes como después de la rehabilitación, los hemos transformado en toneladas de CO₂ emitidas a la atmósfera mediante el uso de los coeficientes de paso de energía final a emisiones de CO₂ en el anexo VI de la publicación *Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER* (AICIA, 2009).
- La cuantificación de las emisiones de CO₂ de una vivienda del edificio asociadas a la energía incorporada en los materiales en la fase de construcción y la de rehabilitación integral, calculada para todas

las partidas de las obras de construcción y rehabilitación a partir de los datos unitarios de los elementos unitarios en el banco de detalles constructivos BEDEC desarrollado por el ITEC (ITEC, 2013) por sus mediciones (PALOMERO et al., 2013).

Figura 8. Emisiones acumuladas en toneladas de CO₂ por la construcción, consumos energéticos y rehabilitación de una vivienda del Grupo Girón entre 1991 y 2020 y emisiones acumuladas si no se hubiera realizado la rehabilitación, suponiendo que los consumos energéticos son los derivados de la simulación con el programa Lider.



Como puede observarse en la figura 8, la construcción de cada vivienda del edificio supuso unas emisiones de unas 28 toneladas de CO₂ en 1956, y desde entonces hasta que el edificio es rehabilitado se pueden estimar según los consumos energéticos obtenidos de simulación unas emisiones de aproximadamente 3 toneladas de CO₂ anuales por vivienda, que tras la rehabilitación integral que supone algo menos de 25 toneladas de CO₂ emitidas por vivienda, se reducen en unas 0,5 toneladas de CO₂ anuales. De esta manera, en 2020, 10 años después de la rehabilitación, cuando se cruzan la línea gris de trazos y la línea negra en la figura 8, compensa desde el punto de vista medioambiental haberla realizado. Podemos por ello concluir que según los ahorros energéticos que se consiguen con la rehabilitación integral del bloque de viviendas del Grupo Girón mediante simulación con el programa Lider, es ventajosa desde el punto de vista económico (para los propietarios) y medioambiental (para la sociedad) la rehabilitación de este inmueble al cabo de 9-10 años.

2. Beneficios medioambientales y económicos de una vivienda real del Grupo Girón conectada al nuevo sistema de calefacción y ACS del edificio

Este mismo estudio lo hacemos para una vivienda real del Grupo Girón en planta baja que está conectada al nuevo sistema de calefacción del edificio y con la instalación de ACS comunitaria. Partimos de los mismos datos anteriormente señalados, salvo que en lugar de usar los consumos energéticos de la tabla 2, recopilamos datos reales de consumos energéticos a partir de facturas emitidas entre 2009 y 2013. Estos datos sí incluyen los consumos de electricidad por iluminación y aparatos electrodomésticos. Sorprende detectar que no se producen los ahorros energéticos esperados, sino que, de hecho, aumenta el consumo energético en kW·h en torno al 2% (tabla 3). A pesar del aumento, hemos de considerar que el consumo de 1 kW·h de gas natural supone menor coste económico y menores emisiones que 1 kW·h de energía eléctrica.

Al trasladar estos datos al análisis medioambiental y económico (figuras 9 y 10), encontramos que la inversión realizada en la rehabilitación difícilmente compensa por reducción de GEI o económicamente a los propietarios, dado que las curvas se cruzan al cabo de un número elevado de años.

Tabla 3. Consumos energéticos en una vivienda en planta baja del bloque rehabilitado, conectada a la red de calefacción nueva, a partir de datos medios de facturas emitidas entre 2009 y 2013.

	Consumo calefacción anual de la vivienda (kW·h)	Consumo refrigeración anual de la vivienda (kW·h)	Consumo iluminación anual de la vivienda (kW·h)	Consumo ACS anual de la vivienda (kW·h)
Sin rehabilitar	4808,00			
Rehabilitado	2091,50	2210,50		619,2
Ahorro energético	-2%			

Las curvas de coste acumulado (figura 9) se cruzan en 2028, al cabo de 18 años. Entonces comenzará a compensar económicamente la inversión. Las curvas de emisiones acumuladas de CO₂ (figura 10) se cruzan en 2031, al cabo de 21 años, que es cuando comenzará a compensar medioambientalmente la rehabilitación. Podemos afirmar que si la vida útil del edificio no supera estos años, únicamente merecería la pena desde el punto de vista funcional, es decir, de la mejora del confort, habitabilidad y accesibilidad del edificio.

Cabe cuestionarse por qué no se producen los ahorros energéticos esperados. Por un lado, las condiciones del motor de cálculo del programa (hábitos de los usuarios, climatología, instalaciones térmicas, etc.) pueden ser diferentes

Figura 9. Coste acumulado para los propietarios de una vivienda conectada a la nueva red de climatización del Grupo Girón entre 1991 y 2020 y coste acumulado si no se hubiera realizado la rehabilitación, a partir de datos reales de consumos en facturas.

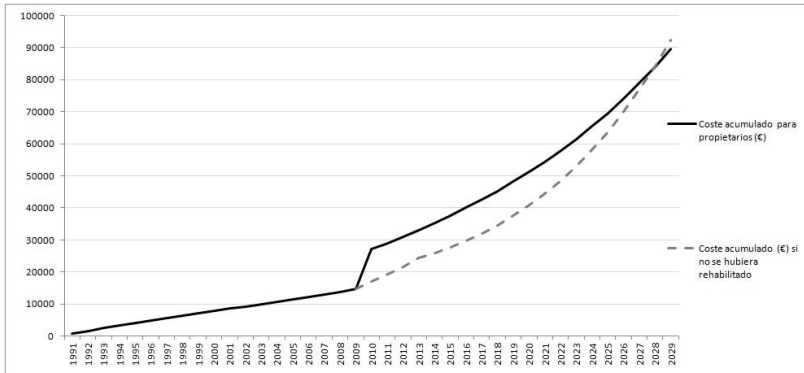
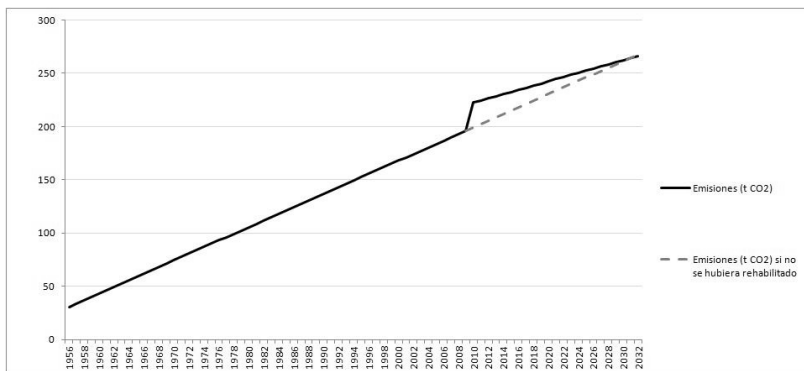


Figura 10. Emisiones acumuladas en toneladas de CO₂ por la construcción, consumos energéticos y rehabilitación de una vivienda conectada a la nueva red de climatización del Grupo Girón entre 1991 y 2020 y emisiones acumuladas si no se hubiera realizado la rehabilitación, a partir de datos reales de consumos en facturas.



de las reales. Diversos autores han observado diferencias entre los consumos obtenidos con los programas de simulación y los consumos reales (UNE-EN 832/2000; SENDRA et al., 2013) y diferencias entre los distintos programas de simulación (RENAISSANCE, 2010). En nuestro caso, el programa de simulación Lider supone una ocupación de la vivienda continua, que no se corresponde con

la realidad. Por otro lado, a través de una entrevista personal con la propietaria de la vivienda, hemos sabido que han cambiado sus hábitos energéticos desde que se realizó la rehabilitación. Anteriormente, ponían en funcionamiento su sistema eléctrico estrictamente cuando lo necesitaban. Con el sistema comunitario con gas natural actual, conecta la calefacción desde las 12:00 a las 24:00, y ventila toda la mañana, desde las 9:00 a las 12:00, perdiendo la energía acumulada en la masa térmica interior. Una ventilación de diez minutos sería suficiente para conseguir un efecto similar en relación a la calidad del aire interior. La propietaria confirma que ha ganado en confort térmico, aunque no ve reducidas sus facturas económicamente. Uno de los motivos es el alto precio que paga por la calefacción de gas, resultando más cara que si fuera eléctrica, debido a que solamente dos vecinos de los diez que hay en su portal se encuentran conectados al sistema de calefacción comunitaria, siendo los gastos de mantenimiento repercutidos mucho mayores de lo que cabría esperar.

3. Beneficios medioambientales y económicos de una vivienda real del Grupo Girón no conectada al nuevo sistema de calefacción del edificio

El estudio también lo realizamos para una vivienda real del Grupo Girón en planta superior (5ª planta) que no está conectada al nuevo sistema de calefacción del edificio. Cuenta con un sistema de calefacción eléctrico a base de acumuladores y tarifa nocturna. La instalación de ACS sí es comunitaria. Partimos de los mismos datos señalados en el punto V.1, salvo que en lugar de usar los consumos energéticos de la tabla 2, recopilamos datos reales de consumos energéticos a partir de facturas entre 2006 y 2013. Estos datos sí incluyen los consumos de electricidad por iluminación artificial y aparatos electrodomésticos. En esta ocasión tampoco se producen los ahorros energéticos esperados, representando únicamente un 0,3% (tabla 4). En este caso, sólo en el consumo de ACS se beneficia la vivienda de los precios inferiores del gas natural frente a la electricidad y de menores emisiones de GEI.

Tabla 4. Consumos energéticos en una vivienda en planta alta del bloque rehabilitado, no conectada a la red de calefacción nueva, a partir de datos medios de facturas emitidas entre 2006 y 2013.

	Consumo calefacción anual de la vivienda (kW-h)	Consumo refrigeración anual de la vivienda (kW-h)	Consumo iluminación anual de la vivienda (kW-h)	Consumo ACS anual de la vivienda (kW-h)
Sin rehabilitar	7443,00			
Rehabilitado	5686,00			1735,2
Ahorro energético	0,3%			

Figura 11. Coste acumulado para los propietarios de una vivienda no conectada a la nueva red de climatización del Grupo Girón entre 1991 y 2020 y coste acumulado si no se hubiera realizado la rehabilitación, a partir de datos reales de consumos en facturas.

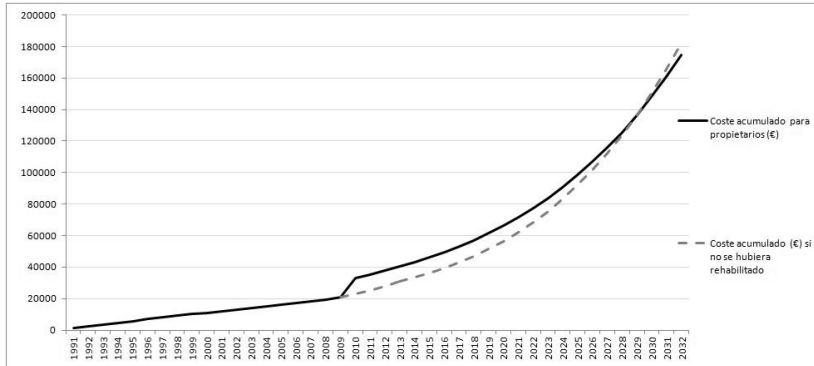
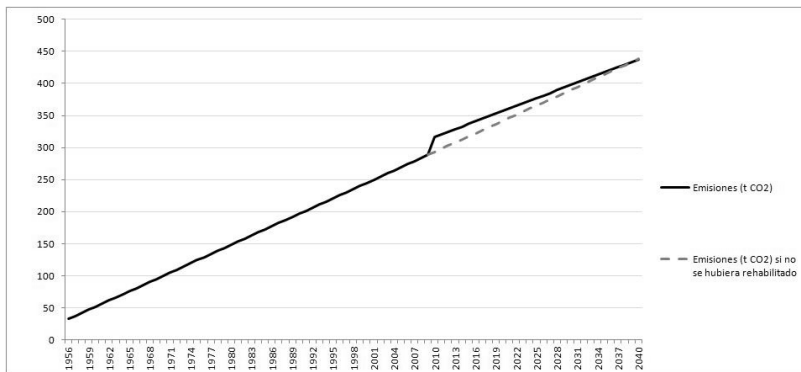


Figura 12. Emisiones acumuladas en toneladas de CO₂ por la construcción, consumos energéticos y rehabilitación de una vivienda no conectada a la nueva red de climatización del Grupo Girón entre 1991 y 2020 y emisiones acumuladas si no se hubiera realizado la rehabilitación, a partir de datos reales de consumos en facturas.



Trasladamos estos datos al análisis medioambiental y económico (figuras 11 y 12) y encontramos que aún compensa menos en este caso la inversión realizada en la rehabilitación por reducción de GEI o económicamente a los propietarios, dado que las curvas se cruzan al cabo de un número mayor

de años. Concretamente las curvas del coste acumulado se cruzan en 2030 (figura 11), al cabo de 20 años de la rehabilitación, año en que empezará a compensar económicamente, y las curvas de las emisiones acumuladas de CO₂ se cruzan en 2040 (figura 12), al cabo de 30 años, cuando comenzará a compensar medioambientalmente, suponiendo que el edificio prolongue su vida útil hasta esa fecha. Por ello, podemos afirmar que el único motivo por el que merece la pena la rehabilitación de esta vivienda tal y como funciona actualmente es por el aumento del confort.

También hemos mantenido una entrevista personal con la propietaria de esta vivienda, a través de la cual hemos sabido que su sistema de calefacción por acumuladores eléctricos con tarifa nocturna no permite regulación, facultando únicamente su desconexión o media carga, que es lo que ha hecho durante el pasado año. Cabe destacar que la usuaria percibe el confort energético como algo tangible porque comprueba que en la actualidad consigue mantener una temperatura muy agradable en invierno, incluso excesiva en días soleados teniendo que abrir las ventanas, y los acumuladores no llegan a descargarse por completo a lo largo del día. Con anterioridad a la rehabilitación, a pesar de disponer de todos los acumuladores a plena carga, no conseguía alcanzar esa temperatura de confort en la vivienda, llegando a pasar frío a partir de media tarde y por la noche. La mejora de la envolvente térmica también se aprecia considerablemente en verano, ya que no es necesario ningún equipo de refrigeración y basta con la ventilación nocturna. Confirma que a pesar de la mejora en confort térmico no se ha producido reducción en las facturas como cabría esperar.

VI. CONCLUSIONES SOBRE LAS NECESIDADES EN MATERIA DE INVESTIGACIÓN EN EL ÁMBITO TÉCNICO DE LA REHABILITACIÓN DE LAS VIVIENDAS SOCIALES

En este artículo hemos estudiado el cumplimiento de los compromisos internacionales de España en relación al problema del cambio climático en el sector de la edificación, para concluir que desde el comienzo de la crisis, en el sector de la edificación se ha producido una estabilización de las emisiones achacable a la misma. Si nos recuperamos de la crisis antes de 2020, nos alejaremos de los compromisos internacionales que hemos asumido de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y de mejora de la eficiencia energética en el sector de la edificación para el mencionado año, a menos que se invierta de forma inminente en la rehabilitación energética del parque edificatorio existente. Asimismo cabe señalar que para alcanzar la reducción perseguida para 2050 en este sector en Europa, de entre el -88% y el -91% respecto de 1990, será necesaria una apuesta firme por la rehabilitación energética del parque edificatorio existente, que aún no se ha producido.

Asimismo hemos realizado un análisis crítico de la evolución de la normativa energética europea en el sector de la edificación y su transposición a la legislación española, y hemos observado a través de su análisis que España perdió una oportunidad de mejora energética del parque edificatorio en el periodo de expansión urbanística y que actualmente debemos reaccionar desde todos los ámbitos del sector de la edificación ante la nueva propuesta normativa de un modelo basado en la rehabilitación.

Hemos realizado un estado del arte de los instrumentos en el ámbito técnico disponibles actualmente para la renovación del parque edificatorio existente, identificando las herramientas de apoyo a la rehabilitación energética en España más relevantes: los programas informáticos para la certificación de la edificación existente, el sistema integral de procedimientos para la ITE del IVE, la herramienta VERDE RH Residencial y el programa informático URSOS.

A pesar de sus importantes aportaciones, encontramos aún vacíos en este campo de la investigación que requieren ser atendidos. Estos vacíos los hemos ilustrado a través del análisis de costes y medioambiental de una experiencia piloto de rehabilitación de un bloque de viviendas sociales en Zaragoza. Hemos observado que las ventajas económicas y de reducción de GEI de la renovación de la vivienda social no son las que se auguran a partir de los datos arrojados por los programas de simulación, sino muy inferiores, debido tanto a los hábitos de los usuarios, como a la inadecuada selección de sistemas de climatización en las rehabilitaciones, siendo especialmente relevantes los problemas de no conexión de todos los usuarios, y de sobredimensionado y potencia no fraccionada para calefacción. Además, hemos de considerar que las ayudas económicas a la rehabilitación de la vivienda social no van a ser tan altas como en el proyecto piloto estudiado, por lo que la dimensión técnico-económica de la rehabilitación cobra una gran importancia, convirtiéndose en una obligación establecer estrategias de reducción de costes en las rehabilitaciones integrales de este tipo de edificios. Los proyectos pilotos de rehabilitación de viviendas sociales que se han desarrollado en diferentes ciudades españolas representan un laboratorio excepcional del que merece la pena extraer todas las conclusiones posibles, que permitirán mejorar el estado de las viviendas renovadas y servir de aprendizaje para intervenciones futuras.

Asimismo es importante realizar investigación básica y proyectos demostrativos de nuevas tecnologías aplicables a la rehabilitación del edificio. Un ejemplo es el de los captadores solares, cuya constante evolución tecnológica junto con su reducción de costes han permitido abrir nuevas posibilidades en el sector de la renovación del parque edificatorio. Por este motivo, en la próxima rehabilitación que promueve el Ayuntamiento de Zaragoza en un bloque de 16 viviendas en el barrio de El Picarral se plantea la integración de estos sistemas. Los paneles híbridos PVT son captadores solares que generan electricidad y

calor de forma simultánea. La combinación de ambos recursos, junto con su bajo coste, puede llegar a conseguir plazos de amortización inferiores a 5 años sin necesidad de primas en la generación eléctrica. A modo de ejemplo, en Zaragoza, un panel de 1,6 m² puede suponer un ahorro de 163 € anuales. Por una parte el agua caliente representará para el usuario un ahorro directo en su factura y por otro lado la generación eléctrica puede ser un ahorro o un flujo de caja en función del marco normativo existente. Por esta razón, si se integran este tipo de tecnologías, el incremento de los costes de mantenimiento puede llegar a ser compensado, reduciéndose los periodos de amortización calculados en las dos viviendas del Grupo Girón en 7-9 años.

En definitiva, es fundamental garantizar la ventaja económica y medioambiental de la renovación de los edificios más vulnerables del parque edificatorio español, las viviendas sociales, para poder llegar a alcanzar los compromisos internacionales relativos al cambio climático asumidos por España y Europa en el sector de la edificación.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- AICIA (2009): *Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER*. Anexos. Publicación del Grupo de Termotecnia de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla para el Ministerio de Vivienda y el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- ASDRUBALI, F., BONAUT, M., BATTISTI, M., VENEGAS, M. (2008): «Comparative study of energy regulations for buildings in Italy and Spain», *Energy and Building* 40, pp. 1805–1815.
- ASUNCIÓN, Mar; SEGOVIA, Enrique; WILLSTEDT, Heikki (coordinadores) (2009): *La ruta de España hacia Copenhague. Propuestas de WWF para reducir un 30% las emisiones de CO₂ de los sectores difusos en España 2005-2020*, Madrid, WWF España.
- CE (2011): *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones*. Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050. Bruselas, Comisión Europea. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0112:FIN:ES:PDF> Acceso el 09.05.2013.
- (2012): *Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo: Estado del mercado europeo del carbono en 2012*, Bruselas, Comisión Europea. http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/reform/docs/com_2012_652_es.pdf Acceso el 04.04.2013.

- (2013) *Europe 2020 targets*, Bruselas, Comisión Europea. http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_en.htm Acceso el 10.05.2013.
- CUCHÍ, Albert (2010): *Cambio global España 2020-2050. Sector Edificación. La imprescindible reconversión del sector frente al reto de la sostenibilidad*, Madrid, Green Building Council España, Asociación Sostenibilidad y Arquitectura, y Centro Complutense de Estudios e Información Ambiental.
- CUCHÍ, Albert, SWEATMAN, Peter (2011): *Una visión-país para el Sector de la Edificación en España. Hoja de ruta para un nuevo sector de la vivienda*, Madrid, Green Building Council España y Fundación Conama.
- (2012): *Una visión-país para el Sector de la Edificación en España. Plan de acción para un nuevo sector de la vivienda*, Madrid, Green Building Council España y Fundación Conama.
- CUE (2007): *Consejo Europeo de Bruselas 8 y 9 de marzo de 2007. Conclusiones de la presidencia*, Consejo de la UE. <http://register.consilium.europa.eu/pdf/es/07/st07/st07224-re01.es07.pdf> Acceso el 04.04.2013.
- EEA (2007): *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook – 2007*, Copenhagen, European Environment Agency. <http://www.eea.europa.eu/publications/EMEP-CORINAIR5> Acceso el 20.02.2013.
- EUROSTAT (2013): *Electricity and natural gas price statistics*, Luxembourg, Eurostat. http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Electricity_and_natural_gas_price_statistics#Electricity_prices_for_household_consumers Acceso el 4 de junio de 2013
- GARCÍA CASALS, Xavier (2006): «Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences», *Energy and Buildings* 38 (5), pp. 381-392.
- GBCe (2011): *Seleccionados los 16 edificios que representarán a la arquitectura española en el Green Building Challenge de Helsinki*. Madrid, Green Building Council – España. <http://www.gbce.es/es/noticia/seleccionados-los-16-edificios-que-representaran-la-arquitectura-espanola-en-el-green-buildi> Acceso el 22.02.2013.
- (2013): *Herramienta VERDE RH Residencial. Versión 1.a enero 2013. Guía de Certificación*, Madrid, Green Building Council – España. <http://www.gbce.es/es/pagina/verde-rh-residencial> Acceso el 14.05.2013.
- IDAE (2012): *Procedimientos de certificación energética para edificios existentes. Informe ejecutivo*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid.
- IDAE; GEE (2013): *URSOS – Urbanismo sostenible*. <http://ursos.unizar.es> Acceso el 19.04.2013.

- ITEC (2013): *Banco de detalles BEDEC*. Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya <http://www.itec.es/nouBedec.e/bedec.aspx> Acceso entre 22.01.2013 y el 19.03.2013.
- IVE (2013): *Sistema integral de procedimientos para la rehabilitación energética de edificios existentes*. Instituto Valenciano de Edificación, IVE. <http://www.five.es/descargas/archivos/ProcedimientosParaRehabilitacionEnergetica.pdf> Acceso el 19.04.2013.
- MAGRAMA (2012): *Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera*, Madrid, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. <http://www.magrama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/> Acceso el 03.04.2013.
- MFOM (2010): *Análisis urbanístico de Barrios Vulnerables en España. Introducción al Informe General 2001: Metodología, Estructura del Catálogo y Créditos*, Madrid, Ministerio de Fomento.
- MFOM (2012): *Atlas de la Vulnerabilidad Urbana en España. Metodología, contenidos y créditos*, Madrid, Ministerio de Fomento.
- ONU (1992): *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, Naciones Unidas. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> Acceso el 03.04.2013.
- (1998): *Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, Naciones Unidas. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> Acceso el 03.04.2013.
- ORTEGA ZAPATA, Agustín (2011): *Análisis de la rehabilitación integral de edificio de 40 viviendas (Grupo Girón 2º fase) en Zaragoza*, Proyecto Final de Máster de la Universidad de Zaragoza, Máster en Ecodiseño y Eficiencia Energética en Edificación.
- OZCÁRIZ, Jorge, NOVO, María, PRATS, Fernando, SEOANE, Marta, TORREGO, Alicia (2008): *Cambio global España 2020's. El reto es actuar. Informe 0*, Madrid, Fundación Universidad Complutense y Fundación Conama.
- OZCÁRIZ SALAZAR, Jorge, PRATS PALAZUELO, Fernando (2009): *Cambio global España 2020-2050. Programa ciudades. Hacia un pacto de las ciudades españolas ante el cambio global*, Madrid, Centro Complutense de Estudios e Información Medioambiental, Fundación Conama, y Observatorio de Sostenibilidad en España.
- PALOMERO CÁMARA, José Ignacio; LÓPEZ-MESA, Belinda; MERCADER MOYANO, Pilar (2013) «Quantifying the environmental benefit of social housing retrofitting». *Proceedings of I International and III National Congress on Sustainable Construction & Eco-efficient solutions*, Sevilla, 20-22 mayo 2013, pp. 27-40.

- PAS 2050:2008 – Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.
- RENAISSANCE (2010): *Evaluation of energy certification program Passive House Deliverable Da.1.2.1-WP 1.2 – EcoBuilding Design – Year 5 Annual progress Report*, Renewable ENergy Acting In SuSustainable And Novel Community Enterprises research project, as part of CONCERTO programme. <http://www.renaissance-project.eu/?lang=en> Acceso el 09.05.2013.
- RIVERO FERNÁNDEZ, Cristina (directora) (2009): *Guía sobre el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero*, Madrid, Fundación MAPFRE, Asociación de empresarios del Henares.
- RUÁ, M^a José; LÓPEZ-MESA, Belinda (2012): «Certificación energética de edificios en España y sus implicaciones económicas», *Informes de la Construcción* 64 (527), pp. 307–318.
- RUEDA, Salvador; CÁRDENAS, Francisco; CORMENZANA, Berta; VIDAL, Mercedes (2012): *Guía Metodológica para los Sistemas de Auditoría, Certificación o Acreditación de la Calidad y Sostenibilidad en el Medio Urbano*, Madrid, Ministerio de Fomento.
- SENDECO₂ (2013): *Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisión de CO₂* www.sendeco2.com/ Acceso el 04.04.2013.
- SENDRA SALAS, Juan José; DOMÍNGUEZ AMARILLO, Samuel; LEÓN RODRÍGUEZ, Ángel Luis; BUSTAMANTE ROJAS, Pedro (2013) «Intervención energética en el sector residencial del sur de España: retos actuales». *Actas del I Congreso Internacional y III Congreso Nacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-eficientes*, Sevilla, 20-22 mayo 2013, pp. 275-286.
- TECNALIA (2011): *Diagnóstico de las necesidades de intervención en la renovación del parque edificado de la CAPV. Inventario*, Vitoria, Gobierno Vasco.
- UNE-EN 832/2000. Comportamiento térmico de los edificios. Cálculo de las necesidades energéticas para calefacción. Edificios residenciales.
- ZV (2010): *Memoria final: Amistad 1, 3, 5 y Girón 8*, Zaragoza, Sociedad Municipal Zaragoza Vivienda.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo económico recibido por la Universidad de Zaragoza y el Banco Santander, proyecto UZ2012-TEC-03. Asimismo quedamos muy agradecidos a Juan Rubio, de la Sociedad Municipal Zaragoza Vivienda, por los datos facilitados sobre el caso de estudio, y a los vecinos del Grupo Girón que nos han facilitado sus facturas de consumos energéticos.

