

# Measures to improve energy efficiency in residential buildings

## Medidas de mejora de la eficiencia energética de edificios residenciales

Juan Manuel Hernández Sánchez

*Departament de Projectes d'Enginyeria. Universitat Politècnica de Catalunya*

### Abstract

The existing residential building stock has a great potential to improve energy efficiency in the short and medium term, due to the large number of existing houses and its long residual life.

The factors that directly influence energy consumption and emissions associated with residential buildings are: thermal envelope, energy efficiency of the equipment, energy sources and user behavior.

Barriers to implementing energy efficiency measures are: low energy prices, lack of training and information of users and managers, the fact that energy is invisible to the user, the lack of incentives, constraints of funding, and the large number of agents involved in the process.

The article aims to provide a holistic view of the measures to improve energy efficiency of residential buildings. For this has been developed a comprehensive list of existing measures found in the literature, and what savings can be achieved with them.

Measures have been classified into: thermal envelope, solar protection, natural lighting and ventilation, materials, equipment, energy sources, management, maintenance, behavior and regulation.

**Keywords:** energy efficiency, residential buildings, measures to improve

### Resumen

El parque de edificios residenciales existente tiene un potencial muy grande para mejorar la eficiencia energética a corto y medio plazo, debido al gran número de viviendas existentes y a su larga vida residual.

Los factores que influyen directamente en el consumo energético y en las emisiones asociadas a los edificios residenciales son: la envolvente térmica, la eficiencia energética de los equipos, las fuentes energéticas utilizadas y el comportamiento de los usuarios.

Las barreras que dificultan la aplicación de medidas de eficiencia energética son: el bajo precio de la energía, la falta de formación e información de los usuarios y gestores, el hecho que la energía es imperceptible para el usuario, la falta de incentivos, limitaciones a la financiación, y la gran cantidad de agentes intervinientes en el proceso.

El objetivo del artículo es proporcionar una visión holística de las medidas de mejora de la eficiencia energética de edificios residenciales. Para ello se ha elaborado una lista exhaustiva de las medidas existentes en la literatura, y qué ahorros se pueden lograr con éstas.

Se han clasificado las medidas en: envolvente térmica, protección solar, iluminación y ventilación natural, materiales, equipos, fuentes de energía, gestión, mantenimiento, comportamiento y normativa.

**Palabras clave:** eficiencia energética, edificios residenciales, medidas de mejora

## 1. Introducción

La Comisión Europea (European Commission, 2008) enfatiza que la eficiencia energética es la manera más rentable de reducir el consumo energético manteniendo un nivel equivalente de actividad económica, y que además aborda los aspectos energéticos claves del cambio climático, la seguridad de abastecimiento energético y la competitividad. El Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible (WBCSD, 2010) considera que las medidas de reducción de la demanda de energía que se pueden hacer en los edificios son las más baratas, las más fáciles y las más escalables. Además, estas medidas reportan grandes beneficios, como reducción de costes económicos, disminución de la dependencia de suministros externos y mejoras medioambientales (Cuchí et al., 2007).

Según la Comisión Europea (European Commission, 2008), en el año 2006 los edificios representaron el 40% del consumo de la energía final de Europa y el 36% de las emisiones de CO<sub>2</sub>. La eficiencia energética en el transporte y viviendas ha mejorado sólo un 9% desde el año 1996 hasta el año 2006. Sin embargo se considera factible para el año 2020 un potencial del 30% de ahorro de energía de una manera rentable en los edificios, reduciendo así un 11% la energía final de la Unión Europea. En el plan 2011 sobre eficiencia energética (European Commission, 2011) se destaca que los edificios constituyen el sector con más potencial de ahorro energético.

Dada la larga vida estimada de los edificios, el gran número de edificios existentes y la baja proporción de edificios nuevos, el mayor potencial para mejorar la eficiencia energética a corto y medio plazo está en el parque de edificios residenciales existentes (Balaras et al., 2007; IPCC, 2007; Meijer et al., 2009). Sin embargo, las decisiones que se tomen hoy para los nuevos edificios determinarán la presión del sector residencial en recursos energéticos y en el cambio climático en el futuro (European Commission & Joint Research Centre, 2008).

Respecto a las fases del ciclo de vida de los edificios residenciales, la fase de construcción es significativa, pero sólo es relevante para nuevos edificios. La demanda energética para la calefacción domina la fase de uso, tanto en edificios nuevos como existentes. Y la fase de fin de vida es la de menor importancia (Nemry et al., 2010).

La mayoría de autores coinciden en que los factores que influyen en el consumo energético y en las emisiones asociadas de los edificios residenciales son: la envolvente térmica, la eficiencia energética de los equipos y sistemas, las fuentes energéticas utilizadas, y el comportamiento de los usuarios (Charlot-Valdieu, 2010; Cuchí et al., 2007; DGIEM, 2008; López, 2006; Salat, 2009). Otros factores que influyen en el consumo energético son la zona climática y la forma, volumen y orientación del edificio. Estos factores sólo son significativos en la etapa de diseño, en el caso que se pueda decidir sobre ellos. Y una vez construido el edificio, sólo la forma y volumen pueden cambiarse.

$$CE=D*\eta*Ge \quad (1)$$

Tal como resume la ecuación 1 de López (2006), el consumo energético (CE), se puede expresar en función de tres factores: la demanda energética (D), el rendimiento medio de las instalaciones ( $\eta$ ) -donde se tiene en cuenta la fuente energética utilizada-, y un factor de gestión (Ge).

Gran parte de las medidas de mejora energética inciden directamente sobre estos tres factores. Sin embargo, existe otro grupo de medidas, las normativas, que inciden indirectamente sobre el consumo energético. Por ejemplo, propiciando mediante financiación la aplicación de medidas de mejora, que de otra manera no se harían.

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007), en cambio, agrupa las medidas en tres categorías: las que reducen el consumo de energía y la

energía incorporada, las que cambian las fuentes de energía a otras con menos emisiones de CO<sub>2</sub> y las que controlan las emisiones de gases de efecto invernadero diferentes al CO<sub>2</sub>. Esta clasificación añade otras dimensiones ambientales, ya que no sólo busca el aumento de la eficiencia energética, sino también reducir la energía incorporada y las emisiones de gases de efecto invernadero.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: primero se analiza cuál es el estado del parque de viviendas residenciales en España. Después se detallan las barreras que frenan la aplicación de las medidas de eficiencia energética. Seguidamente se describen las medidas que existen en la literatura, clasificadas funcionalmente. Y finalmente se analiza el potencial de ahorro de estas medidas.

## **2 Estado del parque de viviendas**

Tradicionalmente, los arquitectos y los ingenieros estaban interesados en el diseño de nuevos edificios, condicionados por el apogeo posterior a la segunda guerra mundial, que duplicó los edificios e infraestructuras en la mayoría de países europeos. Pero en los últimos años, el interés se está desplazando gradualmente de la gestión del crecimiento a la gestión de situaciones de saturación (Kohler et al., 2009).

El último censo de viviendas (INE, 2001) data del año 2001 con una cifra oficial de 14 184 026 viviendas. El auge de la construcción de viviendas y el aumento de la población de los últimos diez años hace que esta cifra sea obsoleta. El número estimado de viviendas principales según el Ministerio de Vivienda (2009) en 2008 es de 16 474 294.

El proyecto europeo *COST Action C16* (Bragança, 2007) tiene como objetivo mejorar las técnicas y métodos usados para adaptar la envolvente térmica de los bloques residenciales construidos durante la segunda mitad del siglo XX. Debido a la rápida producción de un gran número de viviendas, el aspecto cualitativo fue poco importante. Se estima que entre el 50% y el 70% de los edificios residenciales en España están construidos sin la protección térmica adecuada (ANDIMA & IDAE, 2008; del Rosario Heras, 2010), esto indica que existe un potencial enorme en la mejora de la eficiencia energética.

Por otra parte, sólo el 70% de las viviendas está destinado a residencia habitual, representando las viviendas no principales el 30% (14% desocupadas y 16% secundarias), cifra muy superior a las registradas en el resto de países europeos (INE, 2001; Rodríguez, 2004). Si bien estos datos del 2001 indican la desocupación de viviendas, se ha de sumar el número de viviendas nuevas que aún están sin vender, debido al auge inmobiliario, y cuya cifra se estima en más de 600 000 viviendas en el año 2008 (Ministerio de Vivienda, 2010), y que a finales de 2009, estas viviendas sin vender podrían oscilar entre el 2,8% y el 4,4% del parque total de viviendas (Banco de España, 2010).

Otro hecho relevante de la situación de la vivienda en España es que el parque de viviendas es mayoritariamente en propiedad (82%) y que existen más viviendas vacías (14%) que en alquiler (11%) (INE, 2001; OSE, 2009). Al ser la mayoría de viviendas de propiedad, atenúa el dilema de la división de incentivos entre el propietario y el arrendatario que se da cuando quien ha de costear la medida de eficiencia energética no es quien se beneficia de las mejoras.

## **3 Barreras**

Las medidas de eficiencia energética cuentan con diferentes tipos de barreras en su aplicación. Una posible clasificación se puede realizar en cinco categorías: la falta de información, el precio de la energía, la financiación, el proceso de implantación y las barreras técnicas.

La barrera más importante para una mayor eficiencia energética es la falta de información: sobre los costes y la disponibilidad de nuevas tecnologías, o sobre los costes del consumo propio de energía (European Commission, 2005). También hay falta de sensibilización sobre los beneficios de la eficiencia energética y falta de formación para profesionales, especialmente aquellos involucrados con la rehabilitación (European Commission, 2008, 2011). Por otra parte, la energía es imperceptible para el usuario y la información con la que cuenta tiene poco valor para la toma de decisiones (Fundación Entorno, 2009b, 2009c).

En la segunda categoría de barreras se incluyen los hechos que la energía es muy barata, que tiene poco peso relativo de la factura energética, que está subvencionada (del Rosario Heras, 2010; Fundación Entorno, 2009c; IPCC, 2007), o que tiene precios engañosos debido a la exclusión de las externalidades o a la falta de transparencia. (European Commission, 2005).

La tercera categoría está relacionada con la falta de incentivos adecuados y las limitaciones a la financiación (IPCC, 2007). También son barreras los altos costes iniciales y la sobrestimación de los requerimientos de financiación (European Commission, 2008, 2011).

La cuarta categoría se refiere a la dispersión de las competencias y la gran cantidad de agentes intervinientes en el proceso. Un ejemplo es la falta de iniciativa de los promotores para implantar medidas de eficiencia energética (Fundación Entorno, 2009b; IPCC, 2007). Las decisiones sobre inversiones pueden también verse influidas por un problema de motivaciones contradictorias. Por ejemplo, cuando el presupuesto de inversiones de una empresa no se coordina con el presupuesto de gasto energético. O en el caso del dilema del propietario-arrendatario, donde existen diferentes motivaciones entre el propietario que instala la caldera y el arrendatario que paga las facturas de calefacción (European Commission, 2005, 2011; TFB, 2010).

Por último están las barreras técnicas, como la falta de estandarización de los equipos y componentes que utilizan energía, que pueden dificultar la entrada en el mercado de las nuevas tecnologías más eficientes (European Commission, 2005).

#### 4. Medidas de mejora de la eficiencia energética

Las medidas que mejoran la eficiencia energética están clasificadas en 4 categorías: las que tienen que ver con el factor demanda, con el factor rendimiento, con el factor gestión y con la normativa.

**Tabla 1: Medidas de mejora relacionadas con el factor demanda**

Categoría	Medida
Envolvente térmica	Aumento del aislamiento de la fachada
	Aumento del aislamiento de la cubierta
	Cambio de aberturas (carpinterías y vidrios)
	Reducción de la infiltración de aire
Protección solar	Lamas, cornisas, viseras, retranqueo
	Pintar fachadas y cubiertas
Iluminación natural	Iluminación natural
Ventilación natural	Ventilación natural
Materiales	Materiales

En la tabla 1 se muestran las medidas que actúan sobre los elementos pasivos como son la envolvente térmica, la protección solar, los materiales, y la iluminación y ventilación natural.

**Tabla 2: Medidas de mejora relacionadas con el factor rendimiento**

Categoría	Medida
Equipos	Equipos eficientes
	Sistemas de recuperación de calor
	Cambio a otras tecnologías
	Centralización de equipos
Fuentes de energía	Cambio a gas natural
	Cambio a energía renovable

En la tabla 2 se muestran las medidas que actúan sobre los elementos activos como los equipos, y las fuentes de energía utilizadas.

**Tabla 3: Medidas de mejora relacionadas con el factor gestión**

Categoría	Medida
Gestión	Gestión
Mantenimiento	Mantenimiento
Comportamiento del usuario	Comportamiento del usuario

En la tabla 3 se muestran las medidas que actúan sobre el comportamiento de los usuarios, el uso y gestión de las instalaciones y el mantenimiento de éstas.

**Tabla 4: Medidas de mejora relacionadas con las normativas**

Categoría	Medida
Normativas	Marco regulatorio coordinado y estable
	Requisitos más restrictivos
	Incentivación y seguimiento de la implantación de requisitos
	Nuevos modelos de financiación
	Incentivos fiscales y subvenciones
	Definición de condiciones contractuales
	Mejores prácticas
	Auditorias energéticas

Finalmente en la tabla 4 se incluyen las medidas que son posibles a través de la regulación del sector edificatorio.

#### **4.1 Envolvente térmica**

Hay consenso total en realizar una mejora de la envolvente térmica para mejorar la eficiencia energética del edificio (APU, 2007; Balaras et al., 2007; Cuchí et al., 2007; Directive 2006/32/EC, 2006; ETRES, 2009; European Commission & Joint Research Centre, 2008; IDAE, 2008; Knotzer, 2010; Nemry et al., 2010; Viladomiu, 2008).

Las mejoras en la envolvente térmica incluyen el aumento del aislamiento de la fachada y de la cubierta, el cambio de aberturas por otras más eficientes y la reducción de la infiltración de aire mejorando la estanqueidad.

El aislamiento de la fachada y el cambio de aberturas (carpintería y vidrios) se recomiendan para todo tipo de edificios, mientras que el aislamiento de la cubierta sólo se recomienda para casas unifamiliares, ya que la aportación de la mejora en términos relativos a un edificio plurifamiliar es baja. La estanqueidad también se recomienda para todo tipo de edificios, y a pesar que el potencial es pequeño, el coste también lo es.

Por último, IPCC (2007) recomienda aumentar en climas secos la masa térmica de los componentes de los edificios para minimizar picos interiores de temperatura.

#### **4.2 Protección solar**

Un grupo de medidas de protección solar consisten en sistemas que impiden el paso de la luz solar directa por las aberturas en verano, pero la permiten en invierno, como lamas, cornisas, viseras y retranqueo. Otra medida de protección solar consiste en pintar las fachadas y cubiertas con un color claro que refleje la luz solar e impida la absorción de calor (Cuchí et al., 2007; Knotzer, 2010).

#### **4.3 Iluminación y ventilación natural**

La iluminación y ventilación natural son medidas pasivas, normalmente concebidas en la etapa de diseño del edificio. Las cubiertas ventiladas son muy útiles para proteger el edificio del calor. Y la ventilación natural cruzada sirve como refrigeración pasiva (Cuchí et al., 2007; Directive 2006/32/EC, 2006; Knotzer, 2010).

#### **4.4 Materiales**

Para los nuevos edificios, un cambio en la composición de los materiales puede suponer una mejora. Los resultados muestran que el cambio de materiales convencionales por productos hechos de madera tiene mejoras medioambientales significantes (European Commission & Joint Research Centre, 2008).

IPCC (2007) recomienda utilizar materiales de construcción de alta reflectividad.

#### **4.5 Equipos**

Actuando sobre los equipos de climatización se puede mejorar el rendimiento medio de los elementos activos. Se puede realizar utilizando equipos o sistemas más eficientes o cambiando de tecnología.

Una solución se logra utilizando equipos eficientes de calefacción, ACS (Agua Caliente Sanitaria) y aire acondicionado (APU, 2007; Cuchí et al., 2007; Directive 2006/32/EC, 2006; Knotzer, 2010), combinándolo además con nuevas tecnologías como sistemas de recuperación de calor.

Otra solución es el cambio de tecnología, como por ejemplo a bomba de calor (IPCC, 2007; Sartori et al., 2009), enfriador de evaporación directa, intercambiador aire-aire (IPCC, 2007), calefacción/refrigeración de distrito (Directive 2006/32/EC, 2006), o incluso centralizando los equipos de un edificio plurifamiliar (Viladomiu, 2008).

#### **4.6 Fuentes de energía**

Hay concordancia a la hora de calificar el uso de la electricidad para calentar agua caliente y calefacción como muy ineficiente (Cuchí et al., 2007; ETRES, 2009) y recomendar el gas natural como la opción energética no renovable que menos emisiones tiene para cubrir la demanda (APU, 2007; Viladomiu, 2008).

Otra opción de mejora de la eficiencia energética es reemplazar energías fósiles por energías renovables como la energía solar, la energía geotérmica o la biomasa (APU, 2007; Directive 2006/32/EC, 2006; Knotzer, 2010). Por supuesto, dentro de éstas, la energía solar térmica es altamente recomendada (Balaras et al., 2007; Cuchí et al., 2007; ETRES, 2009; IPCC, 2007; Knotzer, 2010; Viladomiu, 2008).

#### **4.7 Gestión**

Otras opciones para mejorar el rendimiento de los sistemas activos es invertir en una solución en la que se regulen los equipos inteligentemente, como por ejemplo mediante la gestión domótica de la calefacción y la ventilación (Cuchí et al., 2007; Knotzer, 2010).

#### **4.8 Mantenimiento**

Otro aspecto en el que algunos autores inciden es en el mantenimiento regular de calderas, equipos de calefacción y ACS, aire acondicionado e iluminación (Balaras et al., 2007; Cuchí et al., 2007).

#### **4.9 Comportamiento del usuario**

La información y la comunicación reducen indirectamente el consumo final de energía, al estar los usuarios concienciados sobre los equipos, servicios y el mantenimiento (APU, 2007; Knotzer, 2010).

#### **4.10 Normativa**

En cuanto a mejoras que pueden producirse mediante la regulación del sector de la edificación, se basan en conseguir un marco regulatorio coordinado y estable (Fundación Entorno, 2009c) y en unos requisitos de eficiencia energética más restrictivos y reconocidos internacionalmente en los códigos de edificación, así como incentivación y seguimiento de su implementación (WBCSD, 2010).

Por otra parte, nuevos modelos de financiación, o nuevos incentivos fiscales y subvenciones para inversiones en eficiencia energética con periodos de retorno más largos (Fundación Entorno, 2009c; WBCSD, 2010) permitirían hacer realidad más proyectos de mejora de la eficiencia energética. Jenkins (2010) indica que el gobierno del Reino Unido ha propuesto ofrecer préstamos como 'pague lo que ahorre' para permitir a los propietarios de viviendas, en lugar de los inquilinos, pagar los costes a través de los ahorros realizados en la tecnología instalada.

Debido a la dispersión de las competencias y la gran cantidad de agentes que intervienen en el proceso, es deseable definir condiciones contractuales y de negocio que impliquen desde el comienzo a arquitectos, proyectistas, contratistas, proveedores de servicios y usuarios finales, como parte de un equipo integrado (European Commission, 2005; WBCSD, 2010). Crear definiciones y procesos estándar y modelos de contrato reducirá la confusión y variaciones de la calidad en los servicios de contratos de eficiencia energética (Mayer, 2010; Mayer et al., 2010).

También es necesario aprovechar las mejores prácticas de la cadena de valor (Fundación Entorno, 2009c). Y por último, se hace especial énfasis en realizar auditorías energéticas e

inspecciones regulares del comportamiento energético de los edificios (Fundación Entorno, 2009c; WBCSD, 2010).

## 5 Potencial de ahorro

**Tabla 5: Potencial de ahorro de las medidas en la demanda energética de climatización**

Medida	Potencial	Autor
Aislamiento fachada	< 15%	Cuchí et al. (2007)
	5% – 16%	Viladomiu (2008)
	4% – 49%	Rodríguez (2010)
Aislamiento cubierta	< 4%	Cuchí et al. (2007)
	< 12%	Rodríguez (2010)
	4% – 14%	Viladomiu (2008)
Aislamiento fachada y cubierta	< 18%	de Luxán et al. (2010b)
Huecos	< 9%	Cuchí et al. (2007)
	3% – 10%	Viladomiu (2008)
	8% – 13%	Rodríguez (2010)
	14% – 20%	Balaras et al. (2007)
	18% – 25%	de Luxán et al. (2010b)
Aislamiento + Huecos	37% – 41%	Fundación Entorno (2009b)
Estanqueidad	16% – 21%	Balaras et al. (2007)
	12% – 44%	Rodríguez (2010)
Protección solar*	< 10%	Cuchí et al. (2007)
Ventilación natural*	< 60%	Cuchí et al. (2007)
Energía solar térmica	15% – 30%	Viladomiu (2008)
Cambio a gas natural	5% – 10%	Viladomiu (2008)
Equipos eficientes	< 25%	Cuchí et al. (2007)
Regulación calefacción	< 20%	Cuchí et al. (2007)
Mantenimiento	10% – 12%	Balaras et al. (2007)
Combinación	72% – 78%	Fundación Entorno (2009b)
Hábitos de consumo	9 %	Guerra (2008)

\* Demanda energética de refrigeración

En la tabla 5 se resumen el potencial de ahorro de la demanda energética de climatización o de refrigeración expresado en el porcentaje de ahorro. Realizar una combinación de medidas no conlleva que el potencial resultante sea la suma de los potenciales individuales.

El potencial de ahorro de energía de que disponen los edificios es muy elevado, Bonet & CAATT (2003) estima que este ahorro puede superar el 50% en muchos casos. Knotzer (2010) expone que el potencial medio de ahorro del parque de edificios residenciales en España es del 60%.

IPCC (2007) indica que hay un potencial global para reducir las emisiones un 29% de manera rentable para los sectores residencial y comercial, teniendo éstos el potencial de ahorro más alto entre todos los sectores.

El ahorro en la demanda energética de climatización por el aumento de aislamiento de la fachada se estima hasta un 15% (Cuchí et al., 2007), entre un 5% y un 16% (Viladomiu, 2008), y entre 4% y 49% (Rodríguez, 2010). El ahorro por el aumento de aislamiento de la cubierta se estima hasta un 4% (Cuchí et al., 2007), entre un 4% y un 14% (Viladomiu, 2008), y hasta el 12% (Rodríguez, 2010).

El ahorro estimado por la mejora de los huecos arquitectónicos, en concreto por el cambio de carpintería y vidrios, oscila entre el 3% y el 10% de la demanda energética de calefacción (Viladomiu, 2008), entre 8% y 13% (Rodríguez, 2010), entre el 14% y el 20% (Balaras et al., 2007) y entre el 18% y el 25% (de Luxán et al., 2010b). Cuchí et al. (2007) divide el ahorro hasta el 2% para la carpintería (marcos) y hasta el 7,5% para los vidrios.

El aumento del aislamiento de la fachada y la cubierta puede representar un ahorro de hasta un 18% de la demanda energética de climatización (de Luxán et al., 2010a). Un cambio de aislamiento y huecos puede llegar a un ahorro conjunto de entre el 37 y el 41% (Fundación Entorno, 2009a).

La estanqueidad es poco tenida en cuenta por la mayoría de autores del sur de Europa, y sin embargo, es estimado un ahorro de entre el 16% y el 21% (Balaras et al., 2007) y entre el 12% y el 44% (Rodríguez, 2010).

Respecto a la demanda energética de refrigeración, otras medidas pasivas pueden aportar un ahorro de hasta un 10% para el caso de la protección solar y hasta un 60% en el caso de la ventilación natural (Cuchí et al., 2007).

En relación con la fuente de energía, el uso de energía solar térmica para ACS puede suponer un ahorro de entre el 15% y el 30% y el cambio a gas natural entre un 5% y un 10% (Viladomiu, 2008). La mejora de la eficiencia energética en los equipos de calor puede conllevar un ahorro del 25%. El uso de regulación en la calefacción puede ahorrar un 20% (Cuchí et al., 2007). Y finalmente, el mantenimiento de las calderas puede suponer un ahorro de entre el 10% y el 12% (Balaras et al., 2007).

Combinando una mejora del aislamiento y huecos, con el uso de energía solar térmica y bomba de calor puede llegar a suponer un ahorro de entre el 72% y el 78% (Fundación Entorno, 2009a).

El potencial de ahorro energético de los hogares españoles, mediante el cambio de los hábitos de consumo, es de 9,28% (Guerra, 2008).

## **6 Conclusiones**

Cada edificio representa un caso único y diferente. La demanda energética está influenciada por multitud de variables que hacen que cada medida de la mejora de la eficiencia energética tenga un impacto diferente para cada caso. Por tanto sólo es posible indicar para cada medida un rango de valores de ahorro potencial. Por el mismo motivo, no es posible recomendar a priori una fórmula universal de medidas para aumentar la eficiencia energética. El mejor resultado se obtendrá seguramente con una combinación de medidas, diferente para cada caso, previo análisis de la relación entre el coste estimado y el ahorro potencial.

Debido al gran número de edificios construidos antes del Código Técnico de la Edificación (REAL DECRETO 314/2006, 2006) que no tienen la protección térmica adecuada, existe un gran potencial en la aplicación de medidas de eficiencia energética. Pero la aplicación de

estas medidas se ven entorpecidas, entre otros muchos factores, por el relativo bajo precio de la energía, los altos costes iniciales de las medidas y la falta de financiación, además de la falta información y sensibilización.

La actuación sobre el aumento del aislamiento de la cubierta está infravalorada, ya que en un edificio alto el potencial es más bajo que en un edificio bajo. Tal como indica Rodríguez (2010), una edificación de tres alturas puede obtener un ahorro medio de un 15% mediante el aislamiento de la cubierta, mientras que el ahorro a partir de las ocho alturas no superará el 5%. Es por esto que en la literatura esta medida sólo se recomienda para edificios unifamiliares, ya que este ahorro se pone en función de la superficie total del edificio y no de la superficie en planta. Por ejemplo, si se actúa sobre la cubierta en dos edificios de las mismas características pero con diferente número de plantas, se obtiene el mismo ahorro absoluto y el mismo coste asociado. Por tanto el aumento del aislamiento de la cubierta debería tener la misma recomendación que el aumento del aislamiento de la fachada y no debería ser discriminado por el número de plantas.

## Referencias

ANDIMA & IDAE (2008). *Guía práctica de la energía para la rehabilitación de edificios. El aislamiento, la mejor solución*. Madrid.

APU (2007). *Consumptions d'énergie et émissions de gaz à effet de serre liées au chauffage des résidences principales parisiennes*. Atelier Parisien d'Urbanisme.

Balaras, C. A., Gaglia, A. G., Georgopoulou, E., Mirasgedis, S., Sarafidis, Y., & Lalas, D. P. (2007). European residential buildings and empirical assessment of the hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings. *Building and Environment*, 42(3), 1298–1314.

Banco de España (2010). *Informe Anual 2009*.

Bonet, J. S. & CAATT (2003). *Aislamiento Térmico En La Edificación: El Cálculo De La Demanda Energética Como Herramienta De Diseño*. Tarragona: Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Tarragona. Col·legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Tarragona.

Bragança, L. (2007). *COST C16, Improving the Quality of Existing Urban Buildingenvelopes Facades and Roofs*. Number 5 in Research in Architectural Engineering Series. Amsterdam, Netherlands: IOS Press.

Charlot-Valdieu, C. (2010). A tool and an approach for setting sustainable energy retrofitting strategies for territories (neighbourhood, city...) or building stocks. In *SB10mad 'Edificación sostenible. Revitalización y rehabilitación sostenible de barrios'*.

Cuchí, A., Wadel, G., López, F., & Sagrera, A. (2007). *Guía de la eficiencia energética para Administradores de Fincas*. Fundación Gas Natural.

de Luxán, M., Barrera, M. B., Abarca, R. D., noz, G. G. M., & López, E. R. (2010a). Metodología de evaluación para el programa de ayudas a las actuaciones de rehabilitación para la mejora de la sostenibilidad y eficiencia energética de las edificaciones. In *SB10mad 'Edificación sostenible. Revitalización y rehabilitación sostenible de barrios'*.

de Luxán, M., Barrera, M. B., noz, G. G. M., & López, E. R. (2010b). Estudio para la elaboración del plan RENOVE de acristalamientos en viviendas de la comunidad de madrid. In *SB10mad 'Edificación sostenible. Revitalización y rehabilitación sostenible de barrios'*.

del Rosario Heras, M. (2010). El parque de casas mal construidas energéticamente supera el 70%.

DGIEM (2008). *Guía de rehabilitación energética de edificios de viviendas*. Madrid. Dirección General de Industria, Energía y Minas.

Directive 2006/32/EC (2006). *Energy end-use efficiency and energy services*.

ETRES (2009). GEE1 – guía de eficiencia energética para la rehabilitación de edificios existentes.

European Commission (2005). *Green paper on Energy Efficiency or Doing More With Less*.

European Commission (2008). *Communication from the Commission - Energy efficiency: delivering the 20% target*.

European Commission (2011). *Energy Efficiency Plan 2011*.

European Commission & Joint Research Centre (2008). *Environmental improvement potential of residential buildings*.

Fundación Entorno (2009a). *Análisis de la viabilidad económica de la edificación energéticamente eficiente*.

Fundación Entorno (2009b). *Hacia la eficiencia energética. Una apuesta para la empresa española*.

Fundación Entorno (2009c). *Por activa y por pasiva. Impulsar la edificación de alto rendimiento energético*.

Guerra, J. J. (2008). : Madrid.

IDAE (2008). *Soluciones de aislamiento con poliestireno expandido (EPS)*. Number 1 in Guía técnica para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios.

INE (2001). *Censos de Población y Viviendas 2001*. Madrid. Instituto Nacional de Estadística.

IPCC (2007). *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jenkins, D. (2010). The value of retrofitting carbon-saving measures into fuel poor social housing. *Energy Policy*, 38(2), 832–839.

Knotzer, A. (2010). *Energy Improvement Measures and their Effect on the Indoor Environment (SQUARE)*.

Kohler, N., Steadman, P., & Hassler, U. (2009). Research on the building stock and its applications. *Building Research & Information*, 37(5), 449.

López, F. (2006). *Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación. Una aportación para reducir el impacto ambiental de los edificios*.

Mayer, A. (2010). *Energy Performance Contracting in the European Union: Introduction, Barriers and Prospects*. Institute for Building Efficiency.

Mayer, A., Supple, D., Kuhn, V., & Lines, S. (2010). *Energy Performance Contracting in the European Union: Creating Common “Model” Definitions, Processes and Contracts*. Institute for Building Efficiency.

Meijer, F., Itard, L., & Sunikka-Blank, M. (2009). Comparing european residential building stocks: performance, renovation and policy opportunities. *Building Research & Information*, 37(5), 533.

Ministerio de Vivienda (2009). *Estimación del parque de viviendas. Viviendas principales y no principales. 2001-2008*.

Ministerio de Vivienda (2010). *Stock de Viviendas Nuevas a 31 de diciembre de 2009*.

Nemry, F., Uihlein, A., Colodel, C. M., Wetzels, C., Braune, A., Wittstock, B., Hasan, I., Kreißig, J., Gallon, N., Niemeier, S., & Frech, Y. (2010). Options to reduce the environmental impacts of residential buildings in the European Union—Potential and costs. *Energy and Buildings*, 42(7), 976–984.

OSE (2009). *Sostenibilidad en España 2009*. Observatorio de la Sostenibilidad en España.

REAL DECRETO 314/2006 (2006). *Código Técnico de la Edificación*.

Rodríguez, J. (2010). Rehabilitación energética del tejido urbano residencial. evaluación previa para una mayor eficiencia. In *SB10mad 'Edificación sostenible. Revitalización y rehabilitación sostenible de barrios'*.

Rodríguez, R. (2004). Infratilización del parque de viviendas en España: aparición de viviendas vacías y secundarias. *Boletín CF+S*, (29/30).

Salat, S. (2009). Energy loads, CO<sub>2</sub> emissions and building stocks: morphologies, typologies, energy systems and behaviour. *Building Research & Information*, 37(5), 598.

Sartori, I., Wachenfeldt, B. J., & Hestnes, A. G. (2009). Energy demand in the Norwegian building stock: Scenarios on potential reduction. *Energy Policy*, 37(5), 1614–1627.

TFB (2010). *Split-incentives - a case for the third party - Resolving the landlord-tenant dilemma through energy services*. Technology Foundation Berlin.

Viladomiu, E. (2008). *Proyecto RehEnergía. Rehabilitación energética de edificios de viviendas*. Madrid.

WBCSD (2010). *Vision 2050: The new agenda for business*. World Business Council for Sustainable Development.

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

Juan Manuel Hernández Sánchez

Phone: +34 93 739 8154

Fax: +34 93 739 8101

E-mail: [juan.manuel.hernandez@upc.edu](mailto:juan.manuel.hernandez@upc.edu)

URL: [senna.upc.edu](http://senna.upc.edu)