

## Vulnerabilidad energética asociada a la edificación. Estudio de caso para la periferia urbana del sur de Madrid

Energy vulnerability in buildings  
Case study for the peri-urban area of southern Madrid

**Fernando Martín Consuegra Ávila** \*

*Fecha de superación del Tribunal Fin de Máster: 26.07.2013*

*Tutor: Agustín Hernández Aja*

### Resumen

*El trabajo propone un modelo de evaluación de las necesidades de rehabilitación de la edificación residencial existente a escala urbana. Se persigue ampliar el campo más allá del estudio de los problemas de estabilidad o constructivos para abordar la adecuación a las necesidades de confort de los habitantes. En este sentido se profundiza en los aspectos de la edificación que la hacen vulnerable, como paso previo a realizar el análisis de la pobreza energética de nuestras ciudades.*

*La caracterización de las necesidades de calefacción de barrios de periferia urbana se desarrolla para la escala de la sección censal a partir de datos estadísticos procedentes del Censo de Población y Viviendas. El solape de la estimación de demanda con los valores socio demográficos desarrollados por el Análisis Urbanístico de Barrios Vulnerables permite introducir criterios socioeconómicos para la determinación de áreas urbanas en situaciones de vulnerabilidad energética.*

*A través de un estudio de caso para tres distritos de la periferia sur de la ciudad de Madrid consolidados durante el siglo XX, la caracterización de la vulnerabilidad energética se coteja con la morfología definida por el Plan General de Ordenación Urbana (1997), de forma que se puedan realizar recomendaciones concretas.*

### Palabras clave

*Rehabilitación energética, demanda, vulnerabilidad social*

### Abstract

*This paper proposes a model for energy needs assessment for urban scale refurbishment of residential buildings. The aim is to broaden the field beyond the study of stability or constructive problems to address comfort needs. In this sense it explores aspects of building energy vulnerability as a prerequisite to the analysis of energy poverty in our cities.*

*A methodology to characterize heating needs of peri-urban neighborhoods is proposed by using statistical data from the Spanish Censo de Población y Viviendas. The superimposition of estimated demand values with socio-demographic data developed by the document Análisis Urbanístico de Barrios Vulnerables allows to introduce socio-economic criteria in order to locate fuel vulnerability on urban areas.*

*The characterization of energy vulnerability is checked against urban morphology defined by the Plan General de Ordenación Urbana de Madrid (1997) through a case study for the districts of the southern outskirts of the city.*

### Keywords

*Refurbishment, energy needs, social vulnerability*

---

\* **Fernando Martín Consuegra Ávila** es alumno de postgrado del Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la Escuela Superior de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid, martin-consuegra@ietcc.csic.es

• Ref. Bib.: MARTÍN CONSUEGRA ÁVILA, F. (2014) "Vulnerabilidad energética asociada a la edificación. Estudio de caso para la periferia urbana del sur de Madrid", Territorios en Formación N06, pp: 105-118

## 1. Introducción

La energía es descrita a menudo, junto con la alimentación, la vestimenta y la vivienda digna, como una necesidad básica en el sentido en que sin ella la supervivencia se ve amenazada (Bradshaw y Hutton, 1983). La pobreza energética se define como la incapacidad de mantener la vivienda en condiciones adecuadas de confort. Se trata de uno de los impactos sociales adversos del consumo ineficiente de energía en el sector doméstico y ocurre como una combinación de tres factores definidos en el ámbito del hogar: una baja renta familiar, altos precios de la energía y una ineficiencia energética en la vivienda (Healey, 2002).

El problema no es nuevo, estudios que tratan las consecuencias del alza de los precios de la energía para el sector doméstico (The Energy Commission, 1979) aparecen en el Reino Unido tras la crisis energética de los años 70, analizando problemas referentes a la salud de las personas mayores (Wicks, 1978) y al desarrollo de políticas sociales de prevención (Bradshaw y Hutton, 1983), entre otros.

En España se realizan estudios sobre la variación estacional de la mortalidad a finales de los años 90 (Ballester Díez, 1996). El primer estudio europeo de pobreza energética que incluye a España es el proyecto EPEE (Nolay *et al.*, 2009; Ecoserveis, 2009) y el primer estudio específico de pobreza energética es el proyecto REPEX (Tirado Herrero *et al.*, 2012), que advierte de que el problema está destinado a agravarse principalmente por la tendencia al alza de los precios de la energía (Capros *et al.*, 2010). Actualmente la pobreza energética no aparece entre los temas más publicados por las revistas de difusión científica.

Los hogares con ingresos bajos restringen el uso de las instalaciones térmicas, y los altos costes de la energía necesaria para alcanzar el confort aumentan la presión sobre los presupuestos familiares (Thomson y Snell, 2012), reduciendo sus estándares de confort por debajo de lo que se considera aceptable (Brunner, 2012). Además de la pérdida de calidad de vida por deficiencias en confort, el endeudamiento de los hogares y el deterioro de los edificios, las consecuencias pueden derivar en problemas de salud asociados mayoritariamente a personas débiles a las cuales en el peor de los casos puede producirles la muerte (Healey, 2003; Wilkinson *et al.*, 2004; Liddell y Morris, 2010).

El uso eficiente, sostenible y equitativo de la energía se encuentra actualmente con numerosas barreras sociales, políticas, económicas y tecnológicas, pero implica altos beneficios potenciales para la salud. (Wilkinson *et al.*, 2007)

Se hace necesario un análisis de la situación de las ciudades españolas que identifique sus áreas vulnerables (Fahmy *et al.*, 2011; Dubois, 2012) con el objeto de desarrollar soluciones que permitan mejorar su eficiencia energética atendiendo a las circunstancias e impactos socioeconómicos (Dresner y Ekins, 2006).

## 2. Objetivos

Se propone analizar los problemas asociados a la vulnerabilidad urbana en relación con aquellos producidos por la ineficiencia energética de la edificación. Se parte de la premisa de que ambos factores son determinantes de la pobreza energética. Para ello se genera una herramienta para localizar geográficamente la ineficiencia energética en la periferia urbana de Madrid.

La noción de pobreza energética se asocia comúnmente al uso de energía para calefacción, pero también resulta de interés tener en cuenta la satisfacción de otras necesidades domésticas, como por ejemplo mantener una temperatura de la vivienda adecuada en verano en los climas

cálidos, las necesidades de agua caliente, iluminación, electrodomésticos (Millán Cabeza, 2011), y para las necesidades de movilidad urbana (Jiménez Romera y Sanz Fernández, 2012).

En el caso de este estudio se contemplan las necesidades de calefacción, por ser causantes de los consumos predominantes para los edificios de uso residencial para el clima continental de Madrid (IDAE, 2011). La metodología propuesta es replicable para otras ciudades de la península y extrapolable a otras necesidades energéticas (refrigeración, agua caliente sanitaria...). Se trata de demostrar que la demanda energética de un edificio es un indicador óptimo para la caracterización de su vulnerabilidad energética. Al determinar las necesidades básicas para lograr un confort térmico interior en condiciones estándar (según CTE DB HE<sup>1</sup>), se trata de un indicador que depende de las características arquitectónicas y del entorno urbano en el que se inserta la edificación.

El presente estudio parte de la premisa de que para cada tejido urbano existe una relación entre las características térmicas de sus edificios (asociadas a su periodo de construcción) y unos rangos en los valores de la demanda energética de calefacción.

### 3. Zona del estudio

El estudio se dirige a barrios de periferia urbana de ciudades españolas por tratarse de zonas que contienen grandes bolsas de edificación residencial construida entre los años 40 y 80. Estas áreas, a menudo edificadas mediante tecnologías constructivas precarias, han sido señaladas por diversos estudios como parque de intervención prioritaria por su estado deficiente (Hernández Aja *et al.*, 2013) y el potencial de mejora de su eficiencia energética (Cuchí y Sweatman, 2012).

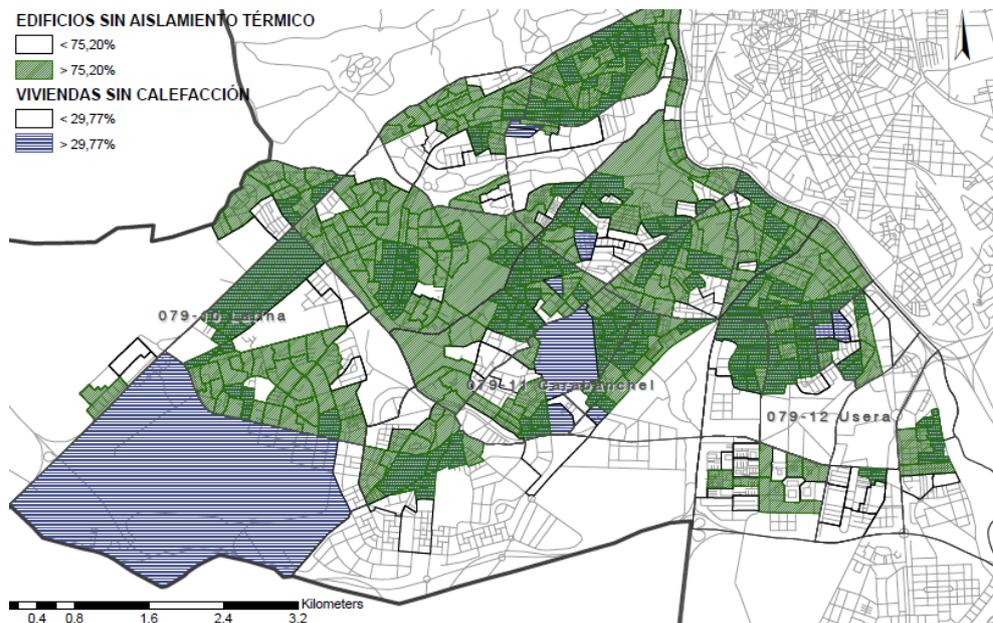


Figura 1. Algunas causas de pobreza energética: ineficiencia del parque edificado.

El estudio de caso se centra en los distritos de la periferia sur de Madrid afectados por la operación Madrid Río que supuso el soterramiento de la autopista urbana de circunvalación M30 (Latina, Carabanchel y Usera). La concentración de la inversión pública realizada en la operación

<sup>1</sup> España, *Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE Ahorro de Energía*. Versión publicada en el Boletín Oficial del Estado (BOE) del 12 de septiembre 2013 con corrección de errores del BOE del 8 de noviembre de 2013.

abre una vía para la rehabilitación de la periferia sur de Madrid, pero el Plan de Renovación Urbana desarrollado (Ayuntamiento de Madrid, 2010) limita las ayudas a la intervención en el entorno próximo del río Manzanares. Se ha considerado importante ampliar el área de estudio para hacer un análisis de la distribución de la ineficiencia energética en el conjunto de distritos afectados.

Analizando datos estadísticos (INE, 2001) relativos a la eficiencia energética de la edificación - correspondientes a la carencia de aislamiento y a las viviendas sin instalación de calefacción- obtenemos la distribución espacial de algunas causas de la vulnerabilidad energética (fig. 1).

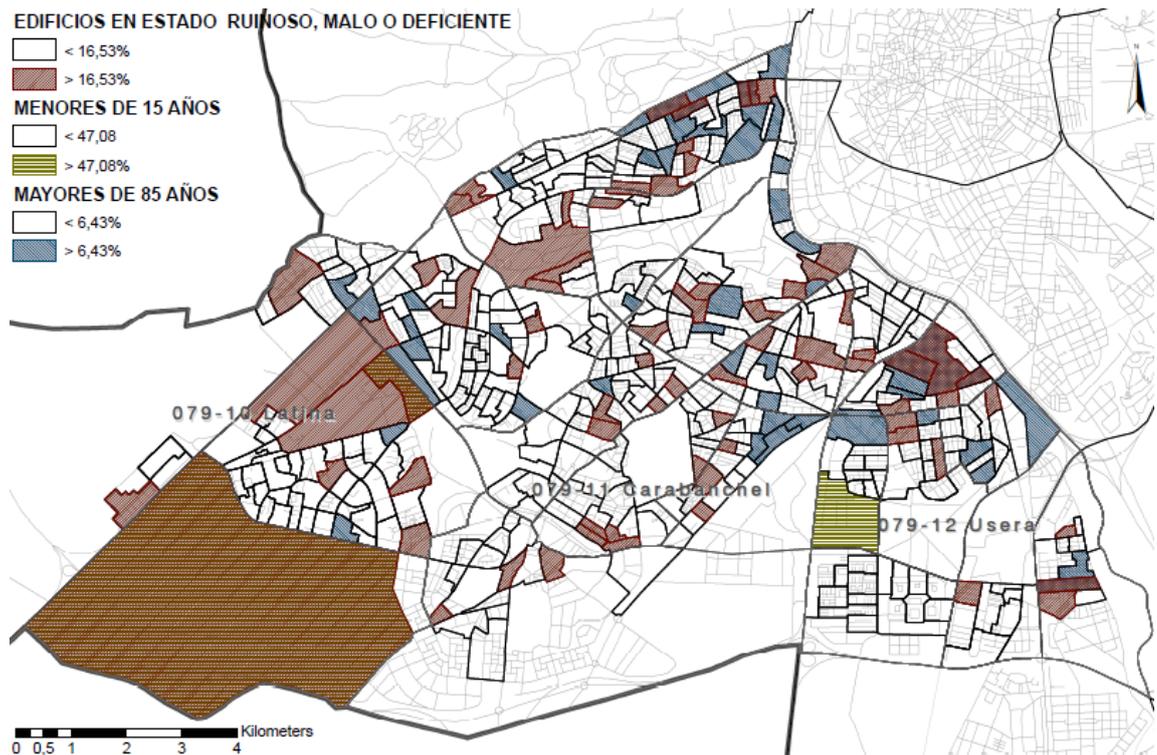


Figura 2. Población vulnerable y deterioro del parque edificado.

La comprobación de los indicadores estadísticos relacionados con las consecuencias de la pobreza energética (problemas de salud en niños y personas mayores, endeudamiento y deterioro del parque edificado), permite observar (fig. 2) que nos encontramos ante barrios cuya población se encuentra envejecida, con muy baja presencia de hogares con menores de 15 años y un extendido deterioro del parque edificado.

### Secciones censales vulnerables en la zona del estudio

La identificación de las secciones vulnerables (fig. 3) se realiza a partir de índices de vulnerabilidad urbana de acuerdo con la metodología propuesta en Hernández Aja et al. (2011) actualizado para el Censo 2001, a partir de los datos de tasa de paro, nivel de estudios y carencias de servicios básicos en la vivienda.

- Tasa de analfabetismo funcional, población analfabeta o sin estudios superior en un 50% al valor nacional. Valor de referencia: 22,95% de la población.
- Tasa de población residente en viviendas familiares sin aseo o baño. Referencia: 2,00%
- Tasa de paro superior en un 50% al valor nacional. Valor de referencia (2001): 21,30%.

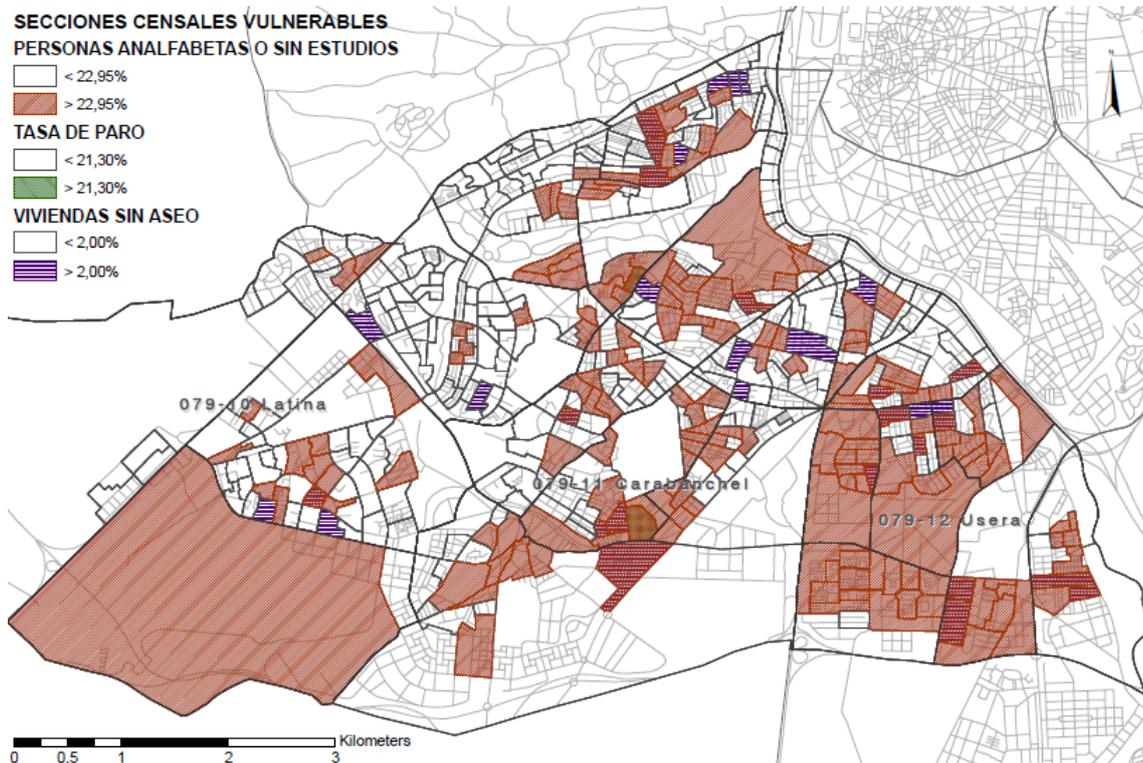


Figura 3. Identificación de las secciones censales vulnerables en la zona objeto del estudio.

#### 4. Estimación de las necesidades de calefacción

Para obtener datos para las estimaciones de demandas energéticas de las secciones censales analizadas, se utiliza un indicador elaborado a partir de resultados obtenidos mediante simulaciones energéticas conforme a los procedimientos descritos por la normativa vigente (AICIA, 2011) para la calificación energética de edificios existentes (RD 235/2013<sup>2</sup>).

#### Periodos de construcción y calidad de la edificación

La calidad de la edificación influye en la capacidad de sus ocupantes para mantener su vivienda en condiciones de confort térmico y en sus costes energéticos (Healey y Clinch, 2002). A pesar de contar con climas menos severos, el sur de Europa padece los niveles más altos de pobreza energética debido a que tiene las condiciones de vivienda más precarias de la Unión Europea (Healey, 2004).

Para determinar el indicador que defina la calidad térmica de la edificación en zonas urbanas, el primer paso ha sido su clasificación por periodos de construcción de acuerdo con factores asociados a su eficiencia energética. La mayor parte de los edificios residenciales de la periferia urbana de Madrid fueron edificados durante el periodo 1940-1980. Se trata de edificios sin ningún tipo de aislamiento, en su mayor parte de cerramientos ligeros, que confían el confort interior a las instalaciones térmicas y por consiguiente al consumo ineficiente de energía. En los distritos analizados representan el 80,22% del total (INE, 2001).

<sup>2</sup> España, Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios. Boletín Oficial del Estado (BOE) del 13 de abril 2013.

Los edificios antiguos ejecutados con técnicas tradicionales pesadas presentan un comportamiento térmico inercial (Luxán *et al.*, 2006) y la caracterización de su demanda debe ser objeto de estudios particulares. En la zona estudiada, las viviendas principales en edificios históricos anteriores a 1900 representan el 0,14% del total y se concentran en su mayoría en el distrito de Latina. Los edificios construidos con anterioridad a 1940 son de menor volumen edificado que los construidos posteriormente y representan el 4,84%.

Para el estudio de demandas se han agrupado los períodos de construcción a partir de la variabilidad de los valores de transmitancia térmica (U) que presentan sus cerramientos, quedando esta clasificación simplificada en tres períodos:

1) Edificios anteriores a 1980, construidos con anterioridad a la entrada en vigor de la primera norma que introduce condiciones térmicas a la edificación en España (NBE-CT-79<sup>3</sup>). Representan el 85,07% de los edificios en los distritos analizados. Para el conjunto de la ciudad de Madrid representan el 75,20%.

2) Los edificios comprendidos entre 1979 y 2006, construidos conforme a la norma NBE-CT-79. En este estudio se tiene en cuenta la edificación incluida en el Censo realizado en el año 2001 y por tanto el periodo analizado se limita al comprendido entre 1980 y 2001. Estos edificios representan el 19,78% de los existentes en los tres distritos analizados.

3) Los edificios construidos a partir del año 2006 empiezan a cumplir los requisitos mínimos en materia de ahorro energético exigidos por el Código Técnico (CTE DB HE). Este estudio no abarca la edificación actual construida con posterioridad al año 2001, no obstante se estudian estos edificios como modelo de referencia puesto que determinan la exigencia en materia de eficiencia energética vigente para la rehabilitación de edificios.

### **Demanda energética de calefacción por periodo de construcción**

La caracterización de la demanda para calefacción se estima a partir de simulaciones energéticas. Se analiza por una parte la escala del edificio mediante la simulación en este caso de doce edificios representativos del parque residencial en España.



Figura 4. Ejemplos de edificios residenciales representativos simulados.

Por otra parte se introduce el análisis energético de la trama urbana mediante la simulación de los tres tejidos urbanos más frecuentes en la zona objeto del estudio: la manzana cerrada, el bloque abierto y la parcelación periférica (fig. 5 y 6).

<sup>3</sup> España, *Norma Básica de la Edificación sobre Condiciones Térmicas de los Edificios*. Boletín Oficial del Estado (BOE) del 22 de octubre 1979.



Figura 5. Tejidos urbanos simulados: manzana, parcelación periférica y bloque abierto.

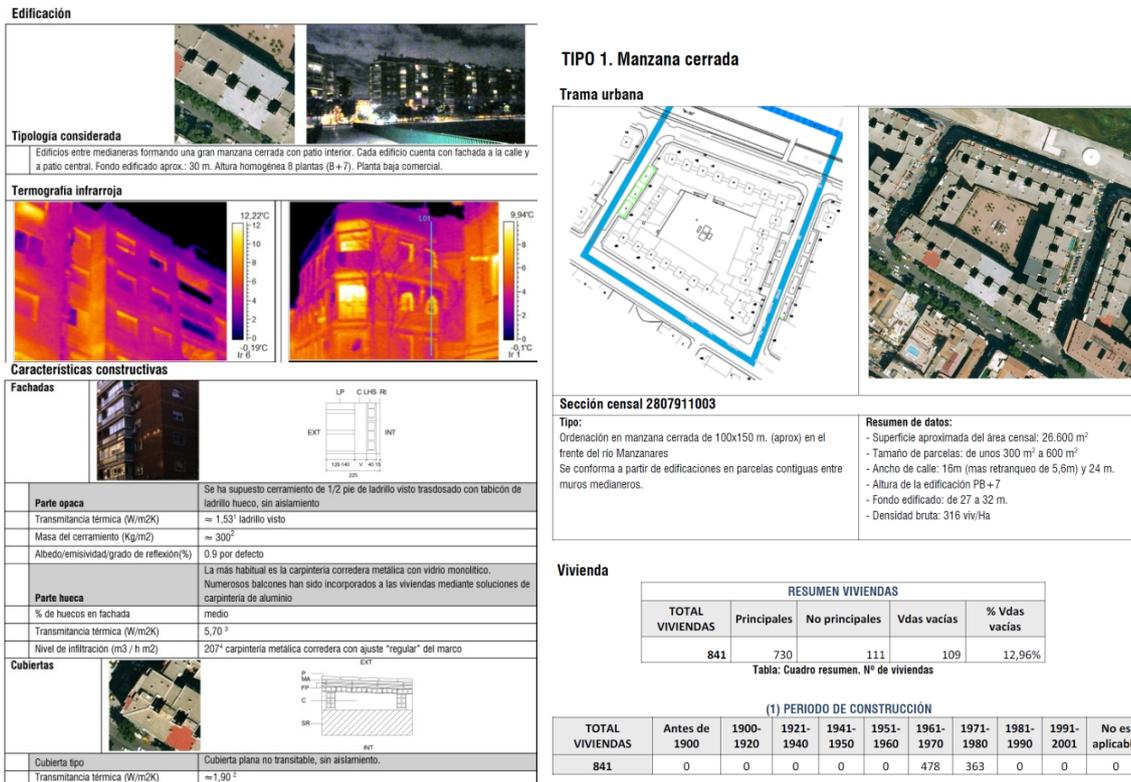


Figura 6. Ejemplo de ficha de caracterización energética para tejidos urbanos: manzana cerrada.

Para la caracterización constructiva de la edificación existente se han empleado datos procedentes de la normativa, catálogos publicados por diversas fuentes oficiales e investigaciones sobre la materia (NBE-CT-79; CTE DB HE; AICIA e IETcc, 2009; IETcc, 2010; IVE, 2011; Applus Norcenter SLU et al., 2012).

De los resultados de los casos simulados se obtienen los rangos de valores de las demandas energéticas para calefacción clasificadas por periodo de construcción. Los resultados, representados en la tabla 1, demuestran que la clasificación de los periodos de construcción a partir de los valores U de sus cerramientos resulta coherente para caracterizar la demanda de calefacción. La demanda de refrigeración no se ha caracterizado puesto que presenta una menor dependencia de esta causa, siendo determinada por factores distintos que deben ser objeto de un estudio particularizado. Para la caracterización de cada periodo se han calculado los valores medios de la demanda de calefacción.

periodo estudiado	<1979	1979-2006	>2006*
rango de resultados	148 - 93	97 - 76	79 - 57
valor medio ponderado	112	84	68

\*Valores de referencia (CTE)

Tabla 1. Resultados estimados de demanda de calefacción por período de construcción (kWh/m<sup>2</sup>).

### Necesidad energética para calefacción por sección censal

La demanda expresa la necesidad energética de un edificio para alcanzar los estándares de confort actuales (IDAE, 2009). Para cada una de las secciones censales de los distritos objeto del estudio se obtienen tres indicadores de demanda:

1) La demanda de calefacción total anual (kWh/año) para una zona censal, barrio o distrito, expresa el orden de magnitud de la demanda energética total para calefacción necesaria para alcanzar los estándares de confort en toda el área. Para estimarla se utilizan los datos de las superficies útiles a acondicionar obtenidas del Censo clasificadas por su periodo de construcción.

	Sup. útil Total (m <sup>2</sup> )	nº vivs	Sup. media de viv. (m <sup>2</sup> )	Demanda TOTAL (kWh/año)	Demanda unitaria (kWh/m <sup>2</sup> año)
Latina	6.245.406	89.177	70	676.110.722	108,26
Caranbanchel	5.375.426	78.811	68	576.332.820	107,22
Usera	3.046.935	41.799	73	308.367.248	101,21
TOTAL	14.667.766	209.787	70	1.560.810.790	106,41

Tabla 2. Demanda energética de calefacción por distrito.

2) La demanda energética por unidad de superficie útil (kWh/m<sup>2</sup> año) es el indicador de la calidad energética de los edificios de un área urbana. Se obtiene como cociente de la demanda de calefacción total del área estudiada por la superficie útil estimada para todas sus viviendas. Al no depender del número ni del tamaño de las mismas, se obtiene un indicador de la eficiencia energética media para cada sección censal (fig. 7).

3) Los valores de demanda de calefacción de referencia del Código Técnico se obtienen aplicando las condiciones definidas por la normativa (CTE DB HE). Este dato permite estimar el potencial de ahorro en demanda para una rehabilitación energética diseñada para cumplir estrictamente el estándar exigido. El análisis revela una edificación ineficiente en la mayor parte de las secciones de los distritos analizados, con demandas que superan lo establecido en la normativa en más de un 150%:

	Demanda total	Demanda CTE	% incumplimiento	% Ahorro
Latina	676.110.722	424.687.574	159,20%	37,19%
Caranbanchel	576.332.820	365.528.934	157,67%	36,58%
Usera	308.367.248	207.191.580	148,83%	32,81%
TOTAL	1.560.810.790	997.408.088	156,49%	36,10%

Tabla 3. Demanda energética total de referencia por distrito (kWh) y ahorros estimados.

Los datos de demandas energéticas utilizados para evaluar áreas de edificación existente se podrán revisar a partir de los registros de la calificación energética de edificios que están siendo puestas en marcha por las comunidades autónomas.

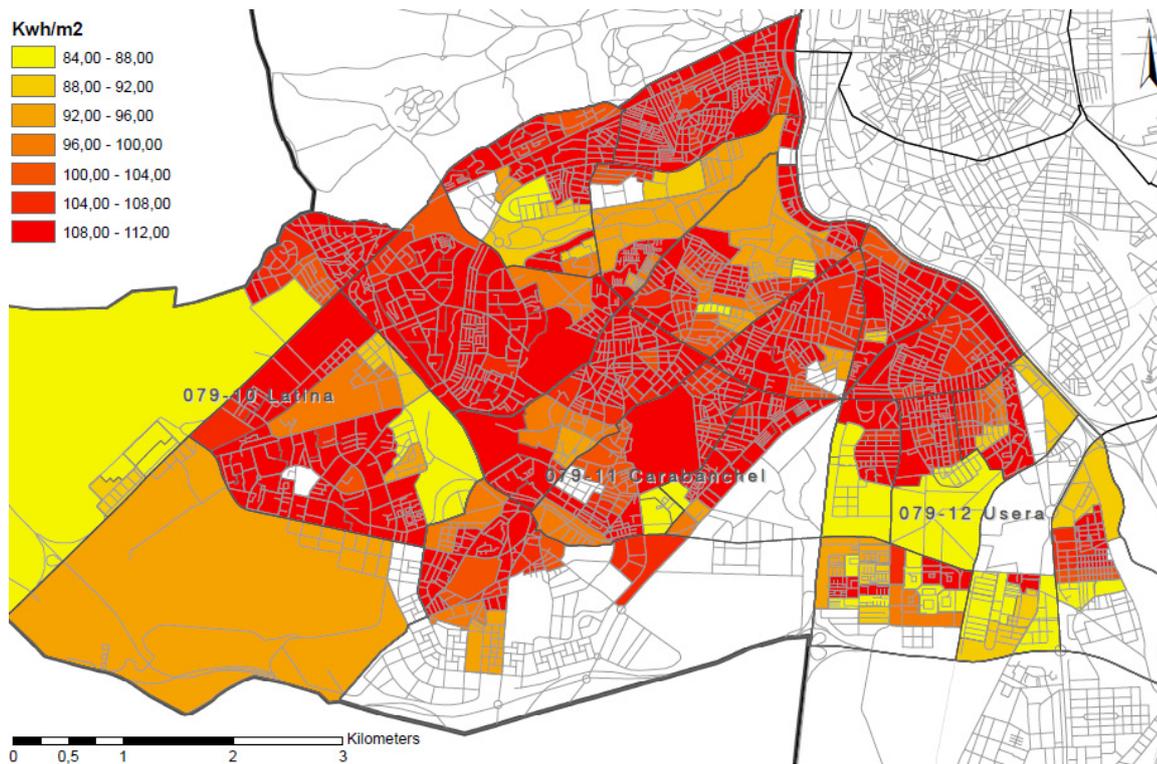


Figura 7. Demanda energética de calefacción por unidad de superficie, por sección censal.

## 5. Intensidad de la vulnerabilidad energética

Mediante el solape de indicadores de vulnerabilidad urbana (fig. 3) con los de eficiencia energética, se obtiene una calificación de la intensidad de la vulnerabilidad energética (fig. 8). Para ello se ha atribuido a cada sección censal un indicador cualitativo que refleja las necesidades de energía para calefacción de la edificación que contiene. La graduación del indicador de demanda energética se consigue adoptando valores de referencia normativos para cada periodo (NBE-CT-79 y CTE DB HE).

	<b>D</b>	<b>E; Media</b>	<b>F; Alta</b>	<b>G; Muy alta</b>	<b>G-; Máxima</b>
Descripción	Valor CTE	Todos con valor CT79	Entre CT-79 y 150% CTE	Mayor que 150% CTE	Todos sin aislamiento
Valor kWh/m <sup>2</sup>	68*	≤84	<102	<112	≥112

*\*Valor de referencia (CTE)*

Tabla 4. Indicadores cualitativos de demanda en kWh/m<sup>2</sup>.

Del estudio de la situación en 2001 resulta que los indicadores de demandas estimados superan los valores de referencia en un mayor número de secciones censales que los indicadores de vulnerabilidad. Esto indica que la calidad térmica de la edificación es muy mala para la zona de estudio, independientemente de cuál sea la situación de vulnerabilidad de la población. La aparición de las zonas de la periferia donde se combinan la vulnerabilidad urbana y una edificación ineficiente permite identificar zonas vulnerables en riesgo de pobreza energética.

En las zonas vulnerables encontradas, las obligaciones de mantenimiento de la edificación existente, que por primera vez incluyen requisitos de mejora de la eficiencia energética

introducidas por la reciente Ley de Rehabilitación (Ley 8/ 2013<sup>4</sup>) van a ser muy difíciles de conseguir mediante la imposición a propietarios que no van a tener facilidad para hacer frente a los costes que la rehabilitación implica.

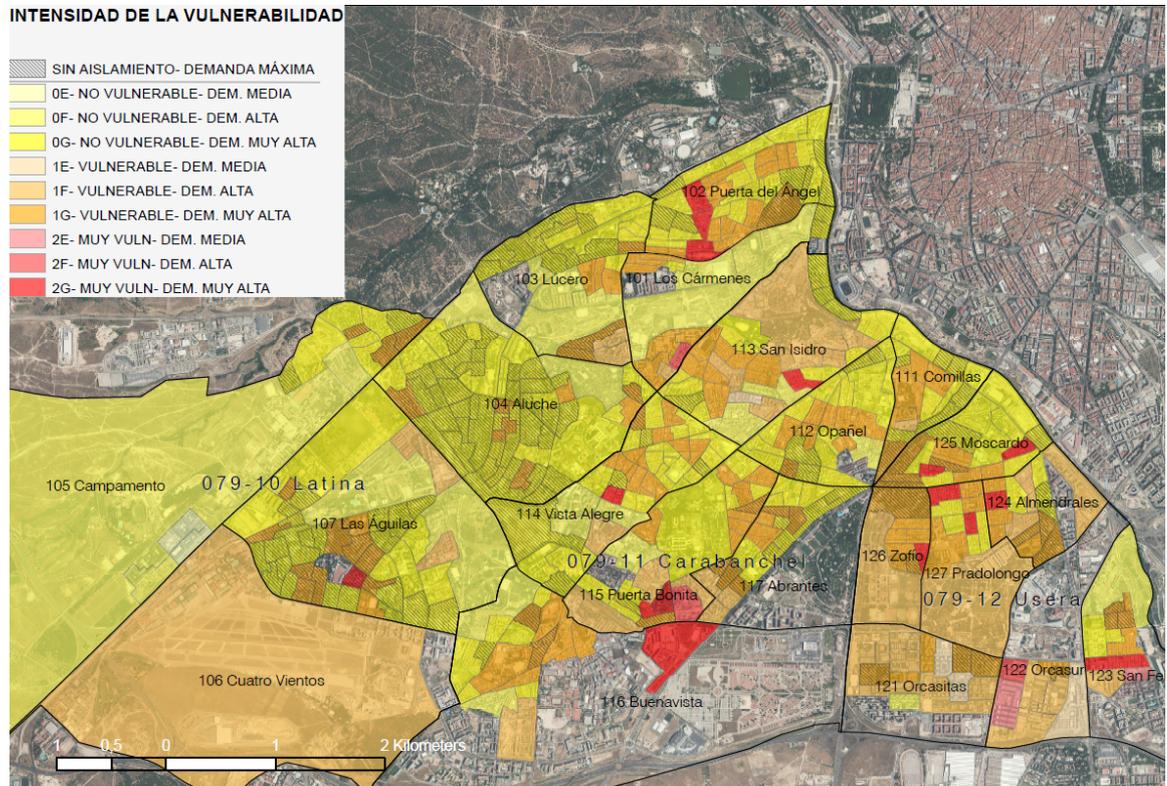


Figura 8. Intensidad de la vulnerabilidad energética en los distritos estudiados.

### Vulnerabilidad energética y morfología urbana

Por último se analizan los condicionantes del planeamiento en la zona de estudio a partir de la clasificación del suelo propuesta por el Plan General de Ordenación Urbana (Ayuntamiento de Madrid, 1997) para el suelo urbano consolidado. El indicador de demanda energética de calefacción se ha comparado con la normativa que regula las condiciones a las que deben someterse los edificios en función de su localización en normas zonales.

En el análisis morfológico (fig. 9) se observa que la mayor parte de la superficie de los distritos estudiados corresponde a las normas zonales 3 (volumetría específica) y 4 (edificación en manzana cerrada). La comparación de los dos tejidos permite observar leves diferencias: En las zonas de manzanas se percibe homogeneidad en los valores de demanda energética (correspondientes a valores muy altos sin llegar a los valores de demanda máxima). Las zonas de bloques ofrecen variabilidad: sus valores oscilan desde el nivel más bajo (correspondiente a secciones en las que todos los edificios cumplen con la NBE-CT-79), hasta el máximo valor de la demanda (en aquellas secciones en las que todos los edificios carecen de aislamiento térmico).

<sup>4</sup> España, Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación. Boletín Oficial del Estado (BOE) del 27 de junio 2013.

Sería conveniente que el planeamiento habilitara mecanismos para poder actuar por ejemplo por el exterior de los edificios con el objeto de incorporar soluciones de aislamiento térmico que permitan la reducción de la demanda energética. En el caso de la morfología en manzana cerrada, es necesario permitir la revisión del fondo máximo edificado para la superficie ocupada por las soluciones de mejora. En las zonas de bloque exento es necesario que no se contemplen en el cómputo de la edificabilidad.

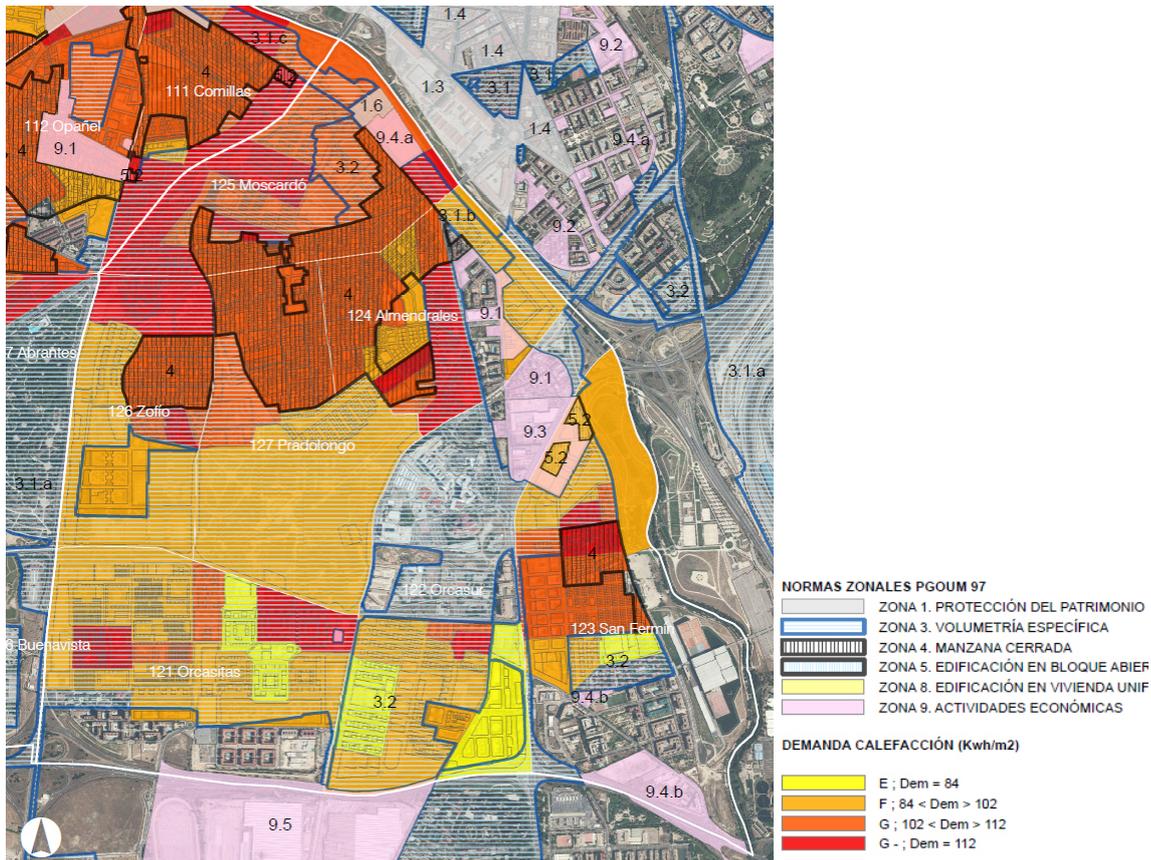


Figura 9. Solape entre la zonificación normativa y la demanda para el distrito de Usera.

En las secciones censales del barrio de Orcasitas se detecta una variabilidad inusual de los valores de las demandas energéticas de secciones censales con tejidos de morfología homogénea. La comprobación a partir de información catastral de los datos de año de construcción de los edificios desvela registros correspondientes en muchos casos al año 1980.

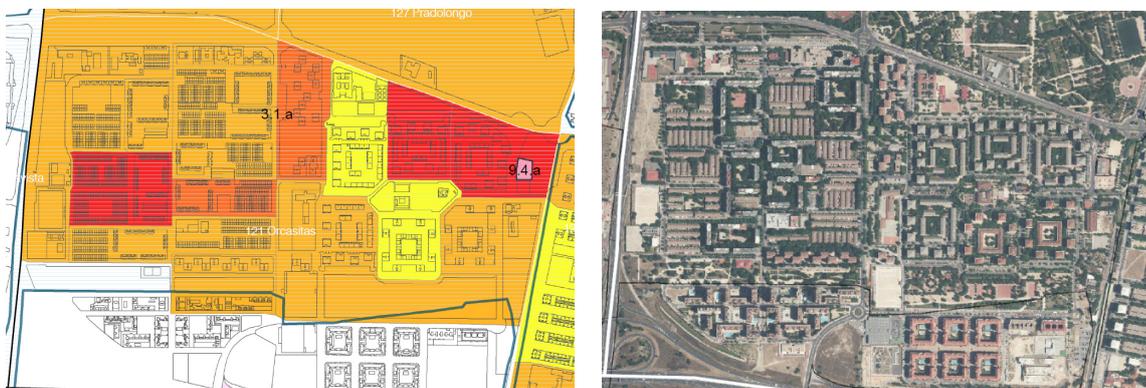


Figura 10. Distorsión de resultados de demanda en tejidos homogéneos de Orcasitas.

El año de construcción de la información catastral se obtiene de a partir de la licencia de primera ocupación, mientras que la fecha de aplicación de la norma NBE-CT-79 afecta a los proyectos que se presentan a partir del 22 de enero de 1980.

## 6. Conclusiones

Se han caracterizado áreas urbanas a partir de un indicador de demanda energética para calefacción según su periodo de construcción y se han determinado indicadores de la vulnerabilidad urbana a partir de datos estadísticos. A partir del solapamiento de los anteriores indicadores se han podido definir las áreas en situación de vulnerabilidad energética de los distritos estudiados.

Se confirma la hipótesis de que la demanda es un indicador adecuado para caracterizar situaciones de vulnerabilidad energética en viviendas, edificios y zonas urbanas. La utilización de los estándares de confort supuestos por la normativa no tienen en cuenta la variabilidad de los hábitos energéticos de la población, pero demuestran su utilidad a la hora de establecer comparaciones objetivas entre unas edificaciones y otras.

Los consumos energéticos no son estimables a partir de los datos de demanda energética en secciones censales con hogares vulnerables. También las viviendas vacías, que representaban un 15% de la muestra en 2001, introducen distorsión en las estimaciones de consumos. Por estas razones la estimación de los ahorros energéticos que produciría la rehabilitación del parque edificado presenta muchas incertidumbres en los tres distritos estudiados.

Actualmente la implantación de la certificación energética para edificios existentes está generando bases de datos que custodian las comunidades autónomas y que, si se llevan a cabo con rigor, pueden resultar útiles para ampliar el conocimiento de la eficiencia del parque.

El valor medio del potencial de mejora de la demanda energética de calefacción para la zona objeto del estudio mediante la rehabilitación de la edificación en la zona objeto del estudio se estima en un 36% si se cumplen estrictamente las exigencias normativas. Esto supondría una notable mejora del confort y la reducción de los consumos energéticos y emisiones contaminantes, lo que redundaría en una mejora del medio ambiente urbano.

La morfología urbana establece variaciones en los valores de las demandas energéticas de los diferentes tejidos estudiados. Las diferencias son pequeñas debido a la mala calidad térmica presente en todos ellos. Se puede apreciar una mayor uniformidad con ligero descenso en la demanda de calefacción en los edificios en manzana cerrada. Esto es probablemente debido a la mayor compacidad de esta tipología, conformada por edificios entre medianeras con una menor superficie de envolvente en contacto con el exterior.

El procedimiento de evaluación de la demanda energética a partir de los datos del Censo presenta distorsiones en aquellos casos de tejidos muy homogéneos en los que el periodo de construcción de la edificación coincide con los momentos en los que se han producido cambios en la normativa técnica de condiciones térmicas en los edificios (en este caso en el año 1979). Esto indica que para afinar los modelos de evaluación energética de las necesidades de intervención en el parque existente resulta muy importante ajustar la fecha de construcción de la edificación a antes y después de 1979.

## Referencias

- AICIA (ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y COOPERACIÓN INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA) e IETCC (INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN) (2009) *RECONSOST: Investigación sobre el Comportamiento Térmico de Soluciones Constructivas Bioclimáticas. Aplicación de Nuevas Tecnologías para la Rehabilitación Sostenible de Edificios*. Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2005).
- AICIA (ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y COOPERACIÓN INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA) (2011) *Escala de calificación energética para edificios existentes*. Grupo de Termotecnia de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla. IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía).
- APPLUS NORCONTROL SLU, AICIA (ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y COOPERACIÓN INDUSTRIAL DE ANDALUCÍA), INSTITUT ILDEFONS CERDÁ, IETCC (INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN), FUNDACIÓN LBEIN, UC (UNIVERSIDAD DE CÁDIZ), REPSOL (2012) *Calificación energética de edificios existentes CE3*.
- AYUNTAMIENTO DE MADRID (1997) «Compendio de las Normas Urbanísticas.» *Plan General de Ordenación Urbana de Madrid - 1997*. Madrid: Area de Gobierno de Urbanismo y Vivienda., 15 de Julio de 1997.
- (2010) *Plan de Renovación Urbana del Entorno del Río Manzanares*. Propuesta inicial. 2010.
- BALLESTER DÍEZ, F. (1996) “Meteorología y salud. La relación entre la temperatura ambiental y la mortalidad”, *Revista Española de Salud Pública*: pp. 251-259.
- BRADSHAW, J. y HUTTON, S. (1983) "Social policy options and fuel poverty", *Journal of Economic Psychology*: pp. 249-266.
- BRUNNER, K.-M. (2012) “Experiencing fuel poverty. Coping strategies of low income households in Viena/Austria”, *Energy Policy*, nº 49: pp. 53-59.
- CAPROS, P.; MANTZOS, L.; TASIOS, N.; DE VITA, A. y KOUVARITAKIS, N. (2010) “EU energy trends to 2030”. European Commission, Directorate General for Energy, Climate Action DG y Mobility and Transport. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- CUCHÍ, A. y SWEATMAN, P. (2012) *Una visión-país para el sector de la edificación en España. Plan de acción para un nuevo sector de la vivienda*. Informe Grupo de Trabajo sobre Rehabilitación, Green Building Council España y Fundación Conama.
- DRESNER, S. y EKINS, P. (2006) “Economic Instruments to Improve UK Home Energy Efficiency without Negative Social Impacts” *Fiscal Studies* 27, nº 1: pp. 47–74.
- DUBOIS, U. (2012) “From targeting to implementation: The role of identification of fuel poor households” *Energy Policy*: pp. 107-115.
- ECOSERVEIS (2009) *Com actuar davant la pobresa energètica. Detecció i avaluació*. Institut Català de Energía. European Fuel Poverty and Energy Efficiency. Intelligent Energy Europe.
- FAHMY, E.; GORDON, D. y PATSIOS, D. (2011) “Predicting fuel poverty at a small-area level in England”, *Energy Policy*: pp. 4370-4377.
- HEALEY, J. D. y CLINCH, J. P. (2002) "Fuel poverty, thermal comfort and occupancy: results of a national household-survey in Ireland", *Applied Energy* (Elsevier), nº 73: pp. 329–343.
- HEALEY, J. D. (2003) “Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors”, *Journal of Epidemiology & Community Health* (BMJ Group) 57: pp.784–789.
- (2004) *Housing, Fuel Poverty and Health: A Pan-European Analysis*. Aldershot: Ashgate Publishing Limited.
- HERNÁNDEZ AJA, A. (dir.); VÁZQUEZ ESPÍ, M.; GARCÍA MADRUGA, C.; MATESANZ PARELLADA, Á.; MORENO GARCÍA, E.; ALGUACIL, J. y CAMACHO, J. (2011) *Análisis Urbanístico de Barrios Vulnerables en España 2001. Catálogo de Barrios Vulnerables Españoles*. Madrid: Ministerio de Fomento.
- HERNÁNDEZ AJA, A. (dir.); RODRÍGUEZ ALONSO, R.; SIMÓN ROJO, M.; MATESANZ PARELLADA, Á.; GARCÍA MADRUGA, C.; FERNÁNDEZ RAMÍREZ, C. y RODRÍGUEZ SUÁREZ, I. (2013) *Análisis de las características de la edificación residencial en España (2001)*. Madrid: Ministerio de Fomento.

IDAE (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA) (2009). *Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2009.

– (2011) *Proyecto Sech-Spahousec. Análisis del consumo energético del sector residencial en España*. Informe final.

IETcc (INSTITUTO EDUARDO TORROJA DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN) (2010) *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*. Madrid.

INE (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA) (2001) *Censo de Población y Viviendas 2001*. Madrid.

IVE (INSTITUTO VALENCIANO DE LA ENERGÍA) (2011) *Calificación energética residencial (método abreviado) CERMA [R]. Versión adaptada con utilidades para rehabilitación*. Valencia.

JIMÉNEZ ROMERA, C. y SANZ FERNÁNDEZ, A. (2012) “La vulnerabilidad energética asociada a la movilidad motorizada” *Actas del XV Congreso Iberoamericano de Urbanismo*. Medellín, 12-15 de septiembre.

LIDDELL, C. y MORRIS, C. (2010) “Fuel poverty and human health: A review of recent evidence”, *Energy Policy* (Elsevier Ltd.), nº 38.

LUXÁN, M.; VÁZQUEZ, M.; HERNÁNDEZ AJA, A.; GÓMEZ, G.; ROMÁN, E. y BARBERO, M. (2006) *Estudio de las posibilidades de actuación con criterios de sostenibilidad en los barrios periféricos de Madrid*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid -Empresa Municipal de Vivienda y Suelo.

MILLÁN CABEZA, S. (2011) *Dictamen del Comité Económico y Social Europeo sobre el tema "La pobreza energética en el contexto de la liberalización y de la crisis económica"*. Diario Oficial de la Unión Europea C 44/53, 2 de noviembre.

NOLAY, P. (coord.); CHÉREL, D.; SALESSE-GAUTHIER, E.; GILLOT, C.; GARCÍA, M.; CAMPBELL, R. y BROLIS, M. (2009) *Diagnóstico de las causas y de las consecuencias de pobreza energética en Bélgica, Francia, Italia, España y Reino Unido*. Intelligent Energy Europe. European Fuel Poverty and Energy Efficiency - EPEE project EIE/06/158/SI2.447367.

THE ENERGY COMMISSION (1979). *The patterns of domestic energy consumption and the growth of prices in relation to consumers' income and expenditure 1966-77*. London: HMSO.

THOMSON, H. y SNELL, C. (2012) “Quantifying the prevalence of fuel poverty across the European Union”, *Energy Policy* (Elsevier Ltd.), nº 52: pp. 563-572.

TIRADO HERRERO, S.; LÓPEZ FERNÁNDEZ, J.L. y MARTÍN GARCÍA, P. (2012) *Pobreza energética en España. Potencial de generación de empleo directo derivado de la rehabilitación energética de viviendas*. Madrid: Asociación de Ciencias Ambientales.

WICKS, M. (1978) *Old and cold: hypothermia and social policy*. London: Heinemann Educational Books.

WILKINSON, P.; PATTENDEN, S.; ARMSTRONG, B.; FLETCHER, A.; KOVATS, R. S.; MANGTANI, P. y MCMICHAEL, A. J. (2004) “Vulnerability to winter mortality in elderly people in Britain: population based study”, *British Medical Journal*: pp. 647-651.

WILKINSON, P.; SMITH, J. R.; JOFFE, M. y HAINES, A. (2007) “A global perspective on energy: health effects and injustices”, *Energy and Health*: pp. 965-978.