

Aplicación de los SIG para la caracterización del comportamiento energético del parque edificatorio residencial

REVISTA **MAPPING**
Vol. 27, 191, 14-21
septiembre-octubre 2018
ISSN: 1131-9100

GIS application in the characterization of energy performance of residential building stocks

Marta Braulio Gonzalo, María Dolores Bovea Edo, María José Ruá Aguilar

Resumen

A pesar de los avances legislativos en los últimos años en materia de ahorro energético en la edificación, este sector sigue siendo responsable de un elevado porcentaje del consumo total de energía en la Unión Europea. En el caso concreto de España, esto es debido a que más de la mitad del parque edificatorio residencial se construyó con anterioridad a este nuevo marco normativo, por lo que no reúne las características constructivas necesarias para garantizar unas condiciones óptimas de confort térmico para sus ocupantes. Este trabajo constata la utilidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el diagnóstico energético de áreas urbanas consolidadas en el marco de la evaluación energética del parque edificatorio residencial. El entorno SIG facilita el tratamiento de la información y proporciona una interfaz visual e intuitiva para presentar los resultados finales en mapas urbanos energéticos. Los resultados del estudio permiten la identificación gráfica de los edificios en función de su comportamiento energético. La metodología propuesta constituye una herramienta para asistir a los agentes intervinientes en procesos de regeneración urbana a la hora de identificar las áreas que presentan mayor vulnerabilidad energética, resultando un instrumento útil para la toma de decisión y priorización de las actuaciones.

Abstract

Despite the recent legislative advances in terms of energy savings in the building sector, it is still responsible for a high percentage of the total energy consumption in the European Union. In the specific case of Spain, this is due to the fact that more than a half of the residential building stock was built before this new regulatory framework. So, they do not meet the necessary constructive requirements to provide the optimal comfort conditions for its occupants from the energy efficiency viewpoint. This study aims to demonstrate the utility of the Geographic Information Systems (GIS) to perform the energy diagnosis of existing urban areas. To do this, a methodology for the energy assessment of the residential building stock has been developed. The use of GIS enables information processing and provides a visual and intuitive interface to graphically represent the results in urban energy maps. The results of this study allow the graphic identification of buildings according to their energy performance. The proposed methodology is a tool to assist the stakeholders involved in urban regeneration processes when identifying the areas with greatest energy vulnerability. This methodology is a useful tool for decision-making and prioritization of actions.

Palabras clave: parque edificatorio, demanda energética, confort térmico, mapa energético, regeneración urbana, SIG.

Keywords: building-stocks, energy demand, thermal comfort, energy map, urban regeneration, GIS.

*Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción,
Universitat Jaume I.*

braulio@uji.es

bovea@uji.es

rua@uji.es

Recepción 24/04/2018

Aprobación 02/07/2018

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la mayor parte de la población mundial reside en áreas urbanas, lo que provoca que éstas sean grandes consumidoras de recursos y responsables de una parte importante del impacto global causado al medioambiente. Los edificios que conforman las ciudades albergan la actividad humana y ésta conlleva un consumo energético asociado que juega un papel muy importante dentro de dicho impacto ambiental.

Así, el sector de la edificación es responsable del 40% del consumo total de energía en la Unión Europea (UE) (Comisión Europea, 2010) y es por ello que la reducción de su consumo energético constituye un importante reto para minimizar tanto la dependencia energética, como las emisiones de gases de efecto invernadero. Concretamente, dentro de este sector los edificios de uso residencial son clave, pues en términos de consumo total y de consumo eléctrico implican respectivamente un 17% y 25% a nivel nacional, y un 25% y 29% a nivel de la UE (IDAE, 2011).

El rápido crecimiento del sector de la edificación a lo largo de las últimas décadas ha originado la introducción de nueva normativa de edificación en materia de eficiencia energética que, aunque de tardía aplicación en España, ha evolucionado de forma contundente a nivel europeo, introduciendo nuevos estándares que exigen tanto a los edificios de nueva planta como a los existentes la incorporación de medidas encaminadas a reducir su demanda energética y, por tanto, sus emisiones de dióxido de carbono. Con la entrada en vigor en España de la Norma Básica de la Edificación sobre condiciones térmicas en los edificios (NBE-CT-79, 1979) se dispuso la obligación de asegurar unas condiciones mínimas de calidad en la envolvente de los edificios que, en muchos casos, supusieron la incorporación de aislamiento térmico y la mejora de las carpinterías y vidrios de los huecos, con diferente gradación según la zona climática. Años después, entra en vigor del Código Técnico de la Edificación (CTE, 2006) y sus sucesivas modificaciones (CTE, 2013) como respuesta a la transposición de las Directivas Europeas relativas a la eficiencia energética de los edificios (EPBD, 2002, 2010), instando a los proyectistas a mejorar considerablemente la calidad térmica de la envolvente de los mismos.

Sin embargo, actualmente, aproximadamente el 58% de los edificios en España está construido sin ningún criterio de eficiencia energética y es por ello que es en los edificios existentes donde reside el mayor potencial de ahorro energético. Así, la legislación urbanística más reciente fija ya la mirada en la intervención en la ciudad consolidada y su parque edificatorio residencial existente, ocupando éste una posición preferente en las políticas y estrategias energéticas y medioambientales, tanto presentes como futuras. En este contexto, la Ley 8/2013 (L3R) (Gobierno de España, 2013)

trata de potenciar la rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbanas, otorgando a las administraciones públicas el poder de iniciativa de acciones dirigidas a combatir, entre otros aspectos, la vulnerabilidad de barrios y las situaciones de pobreza energética.

Es por ello que resulta necesario el desarrollo de instrumentos y estrategias que permitan realizar un diagnóstico para la identificación de barrios energéticamente vulnerables y proporcionen asistencia en los procesos de toma de decisión durante las intervenciones de rehabilitación urbana y el diseño de políticas encaminadas a reducir el impacto ambiental de áreas consolidadas.

Sin embargo, desarrollar proyectos en el ámbito urbano no es tarea fácil, pues éstos requieren la manipulación y el tratamiento de un gran volumen de datos. En este contexto, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) constituyen una herramienta muy útil para gestionar toda la información y extraer conclusiones al respecto. Los SIG permiten introducir información sobre mapas de forma que ésta queda almacenada y disponible para ser leída y editada. Además, facilitan el análisis de dichos datos, lo que incluye desde consultas sencillas hasta la elaboración de complejos modelos.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, este trabajo presenta una metodología para caracterizar el comportamiento energético del parque edificatorio residencial existente teniendo en cuenta la influencia del contexto urbano, que permite representar los resultados en mapas urbanos energéticos a través de un SIG.

La metodología propuesta se aplica a un caso de estudio para su validación. Para ello, se selecciona la ciudad de Castellón de la Plana, una ciudad de tamaño medio con una población de 180 690 habitantes (INE, 2015) ubicada en la costa este Mediterránea de España, a una latitud de 39°59'11"N y una longitud de 0°2'12"E, lo que le concede un clima con inviernos templados y veranos cálidos, propio de la ciudad mediterránea.

2. MATERIAL Y MÉTODO

Este estudio tiene como objetivo caracterizar el comportamiento energético del parque edificatorio residencial existente con el fin de realizar el diagnóstico energético de áreas urbanas consolidadas. La metodología que se propone para tal fin desarrolla un modelo de predicción basado en los métodos experimental y estadístico y se canaliza a través de un entorno SIG, que permite representar de forma georreferenciada los resultados en mapas urbanos energéticos.

La metodología propuesta se muestra en la Figura 1, y consta de las etapas que se describen a continuación sobre el caso de estudio de la ciudad de Castellón de la Plana.



Figura 1. Metodología propuesta

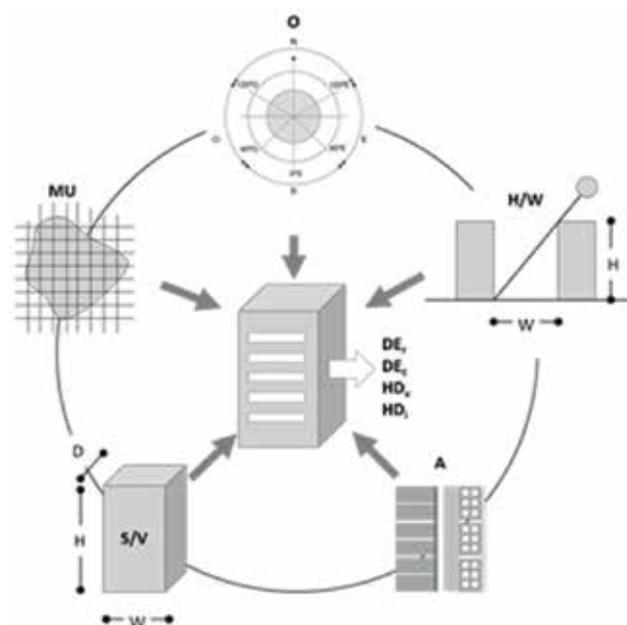


Figura 2. Variables (indicadores energéticos) y covariables consideradas para analizar el comportamiento energético de los edificios a escala urbana

2.1. Identificación de variables de evaluación energética

En primer lugar, se establecen cuatro variables, o indicadores energéticos, para evaluar el comportamiento energético del parque edificado:

- DE_c : demanda energética de calefacción (kWh/m²año)
- DE_r : demanda energética de refrigeración (kWh/m²año)

Figura 3. Información necesaria para cada parcela catastral

Referencia catastral	Tipología (codificación catastral)	Número de plantas	Año de construcción	Superficie construida
3807601YK5330N0008TA	111	IV	1976	19.592 m ²

- HD_i : horas de desconfort en invierno (horas/año)
- HD_v : horas de desconfort en verano (horas/año)

En segundo lugar, se identifica un conjunto de covariables que definen las características del parque edificado e influyen en su comportamiento energético. Éstas comprenden la escala de edificio y la urbana, y son:

- MU: Morfología urbana
- H/W: Proporción o ratio altura/anchura de calle
- O: Orientación solar de la fachada principal
- S/V: Tipología edificatoria/factor de forma del edificio
- A: Año de construcción

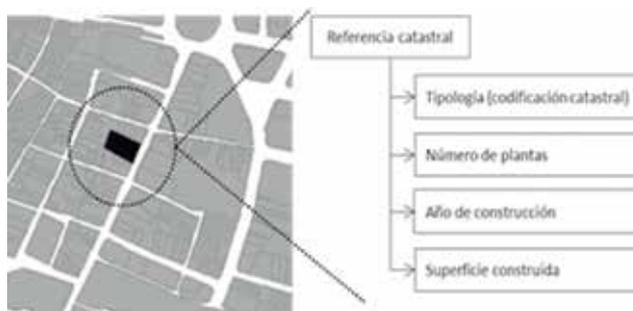
La Figura 2 muestra, a modo descriptivo, las cinco covariables.

2.2. Creación de una base de datos urbana en entorno SIG

La creación de una base de datos SIG y su utilización es una acción transversal a lo largo de la implementación de la metodología y permitirá visualizar los resultados del diagnóstico energético y representarlos en mapas urbanos.

Para poder evaluar energéticamente un entorno urbano consolidado integrado por multitud de edificios, resulta necesario disponer de la identificación de los edificios y sus características asociadas, como son por ejemplo, su superficie construida, número de plantas, año de construcción, etc. La caracterización de los edificios y la determinación del número que integra cada una de las tipologías permiten identificar los edificios más representativos del área urbana objeto de estudio, los cuales son evaluados a nivel individual. Los resultados de dicha evaluación se extrapolan a escala urbana mediante el entorno SIG, lo que permite predecir el comportamiento energético de todo un barrio o incluso de toda una ciudad, siguiendo un enfoque *bottom-up* (Moffatt, 2001).

Los datos asociados a los edificios se obtienen de la Dirección General del Catastro (DGC, 2014), los cuales se encuen-



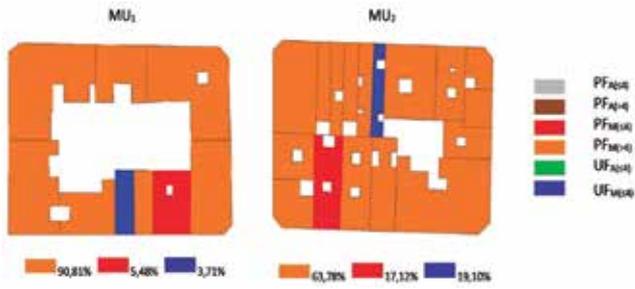


Figura 8. Edificios muestra representativos de las tres tipologías edificatorias del barrio

energéticamente dentro de su contexto urbano. Mediante la combinación de las covariables se obtiene un conjunto de 240 hipótesis que son objeto de simulación dinámica mediante el software *DesingBuilder* (*DesignBuilder UK*, 2015) (Figura 9). Los resultados de simular las hipótesis de cálculo generarán los valores de los cuatro indicadores energéticos (DE_r , DE_c , HD_v y HD_r).

2.5. Modelización estadística

Los resultados obtenidos en la Etapa II son procesados y analizados estadísticamente, lo que permite cuantificar el efecto de cada covariable sobre los indicadores energéticos. En esta etapa se genera un modelo de predicción formado por un conjunto de cuatro ecuaciones matemáticas que permiten predecir, mediante inferencia estadística Bayesiana, los valores de las variables respuesta para cada edificio individual que forma parte del área urbana bajo estudio (Braulio-Gonzalo, Juan, Bovea, & Ruá, 2016). Para ello se utiliza la metodología *Integrated Nested Laplace Approximation* (INLA), algoritmo determinístico propuesto por Rue y Martino (2007), combinada con el software libre R, que da lugar a *R-INLA package* (INLA, 2016) (Rue & Martino, 2009). Estas ecuaciones obtenidas son:

$$DE_r = 2,6480 + (0,3336 \cdot A) + (-6,5815 \cdot S/V) + (0,0013 \cdot O) + (-0,4637 \cdot H/W) + (-0,4372 \cdot MU)$$

$$DE_c = 46,8932 + (-17,6330 \cdot A) + (118,4408 \cdot S/V) + (-0,0505 \cdot O) + (19,8277 \cdot H/W) + (14,5047 \cdot MU)$$

$$HD_v = 6,9152 + (-2,1639 \cdot A) + (13,6464 \cdot S/V) + (-0,0015 \cdot O) + (0,8659 \cdot H/W) + (0,9760 \cdot MU)$$

$$HD_r = 44,5077 + (-0,9679 \cdot A) + (12,5778 \cdot S/V) + (-0,004 \cdot O) + (0,8951 \cdot H/W) + (0,9202 \cdot MU)$$



Figura 9. Edificios muestra representativos de las tres tipologías edificatorias del barrio

2.6. Extrapolación del diagnóstico energético a escala urbana

En la última etapa se estima el comportamiento energético del conjunto de edificios incluidos en el área objeto de estudio mediante predicción, en función de las covariables. Los resultados son agregados siguiendo el enfoque *bottom-up* y son así extrapolados desde la escala individual del edificio a la escala urbana. De nuevo, en esta etapa la utilización de la tecnología SIG facilita enormemente la tarea, pues ésta requiere tratar un gran volumen de información que, de cualquier otra manera, resultaría muy complejo gestionar (Tabla 1).

Ref. edificatoria	Sup. Construido (m²)	Tipo (Categoría)	ABC	Plantas (n)	H/W (m/m)	H/W (m/m)	O (%)	S/V (m²)	W/W	DE (kWh/m²/año)	DE _c (kWh/m²/año)	HD _v (h/año)	HD _r (h/año)	
1000100100	256	132	2007	3	2,4	0	270	0,3	2,30	518,24	54,48	21.629,77	281,47	4.753,81
1000100200	238	132	2070	3	4,4	0	270	0,3	3,92	591,36	309,26	23.802,58	289,35	6.309,17
2002200100	771	132	1910	3	2,4	0	380	0,3	0,25	101,27	133,60	29.626,50	1.886,16	5.885,18
1004000100	290	132	2040	3	1,2	0	0,3	2	1,28	318,09	82,32	20.582,27	756,35	4.829,18
2002000200	179	132	1960	3	1,2	0	0,3	2	1,28	273,03	16,10	6.001,70	539,96	6.022,30
1001100100	817	132	2010	4	3,5	0	0,5	4	3,9	818,18	72,84	30.229,34	980,09	6.988,20
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total barrio	313.301,00									523,33 kWh/año	<<<	26.314,89 kWh/año		

Tabla 1. Cálculo de los cuatro indicadores energéticos para cada edificio del barrio

2. RESULTADOS

De la aplicación de la metodología en el barrio objeto de estudio se obtiene como resultado un conjunto de mapas urbanos energéticos que grafían los cuatro indicadores energéticos. Para su representación gráfica se establecen tres escalas. Las escalas de los indicadores de demanda energética (de calefacción y refrigeración) se basan en la escala de calificación energética de los edificios existentes utilizada en España, según el RD 235/2013 (Ministerio de la Presidencia, 2013), desde el indicador A al G. En el caso de las horas de desconfort anuales no existe ninguna clasificación oficial para este indicador, por lo que se ha propuesto una clasificación en el marco de este trabajo, de la clase A a la F, en rangos de 1 000 horas/año, como se muestra en la Tabla 2.

Los valores numéricos calculados para cada uno de los edificios que conforman el barrio se representan en mapas urbanos energéticos. La Figura 10 muestra

Tabla 2. Escala de valoración para los indicadores energéticos

Indicador energético	DEr [kWh/m ² año]	DEc [kWh/m ² año]	HD [h/año]
A1*	DEr < 0,7	DEc < 4,7	HD < 1.000
A2*	0,7 ≤ DEr < 1,5		
A3*	1,5 ≤ DEr < 3		
A4*	3 ≤ DEr < 4,7		
B	4,7 ≤ DEr < 7,6	4,7 ≤ DEc < 10,9	1.000 ≤ HD < 2.000
C	7,6 ≤ DEr < 11,7	10,9 ≤ DEc < 19,6	2.000 ≤ HD < 3.000
D	11,7 ≤ DEr < 18	19,6 ≤ DEc < 32,8	3.000 ≤ HD < 4.000
E	18 ≤ DEr < 22,3	32,8 ≤ DEc < 64,5	4.000 ≤ HD < 5.000
F	22,3 ≤ DEr < 27,4	64,5 ≤ DEc < 70,3	
G1*	27,4 ≤ DEr	70,3 ≤ DEc < 102,3	
G2*		102,3 ≤ DEc < 134,3	
G3*		134,3 ≤ DEc < 166,9	
G4*		166,9 ≤ DEc	

*La calificación española considera del indicador A al G. A1, A2, A3, A4, G1, G2, G3 y G4 se proponen en el contexto de este trabajo.

los mapas correspondientes al indicador de demanda energética de refrigeración y calefacción y la Figura 11 los correspondientes a las horas de desconfort térmico de verano e invierno. La representación de los resultados en un entorno SIG proporciona una interfaz intuitiva y visual que permite identificar fácilmente los edificios que demandan una mayor cantidad de energía y los que generan a sus ocupantes unas condiciones más desfavorables de confort térmico. El código de colores diferenciado según cada una de las escalas facilita la interpretación de dichos resultados.

De la interpretación de los resultados destacan interesantes relaciones entre los diferentes aspectos evaluados. En relación al indicador de demanda energética de refrigeración, todos los edificios del barrio muestran un buen comportamiento, estando englobados mayoritariamente dentro del indicador A (menor de 4,7 kWh/m²año) y quedando solamente dos de ellos comprendidos en el indicador B (entre 4,7 y 7,6 kWh/m²año), adoptando así valores muy bajos. Aun así, se aprecian ligeras diferencias en aquellos edificios incluidos dentro de la tipología de



Figura 10. Mapa energético urbano para el indicador DE_r (izquierda) y DE_c (derecha)



Figura 11. Mapa energético urbano para el indicador HD_v (izquierda) y HD (derecha)

manzana MU_2 , que muestran demandas energéticas menores debido a que están más condicionados por la presencia de obstáculos causantes de situaciones de sombra. También se aprecia que los edificios de construcción más reciente muestran un peor comportamiento frente a la refrigeración, y así se refleja en el mapa energético.

En cuanto al indicador de demanda energética de calefacción, sí se aprecian notables diferencias en el comportamiento de los edificios. La DE_c oscila entre los indicadores E, F y G, alcanzando diferencias de hasta 134 kWh/m²año. Según se observa en el mapa correspondiente, los edificios que mayor demanda de calefacción presentan son los que se encuentran en las manzanas MU_2 (más antiguas). También se observa que los edificios orientados hacia las calles principales que delimitan el barrio presentan menor DE_c , explicado por la mayor anchura de éstas, que implica menores ratios H/W. Así, las tonalidades rojizas del mapa permiten identificar con facilidad las manzanas urbanas con peor comportamiento energético frente a la calefacción, en el periodo invernal. De ello se extrae que el indicador de demanda energética de calefacción será decisivo a la hora de tomar decisiones sobre la rehabilitación energética de los edificios del barrio y priorizar el orden de las intervenciones.

En referencia al indicador de desconfort térmico para verano e invierno, los resultados se asemejan a los de la demanda de refrigeración y calefacción, respectivamente, por lo que pueden extraerse conclusiones similares. Los edificios que menor demanda de calefacción tienen asociada ofrecen un óptimo confort térmico para sus ocupantes en condiciones de invierno. En la misma línea, los edificios que tienen menor demanda de refrigeración ofrecen, por lo general, mayor confort en condiciones de verano.

3. CONCLUSIONES

El presente trabajo emplea un entorno SIG para caracterizar el comportamiento energético del parque edificatorio residencial existente, contribuyendo a gestionar el gran volumen de información urbana que ello requiere. La metodología para la caracterización combina la evaluación energética de edificios con un modelo estadístico de predicción y la representación gráfica de los resultados en un entorno SIG, proporcionando una interfaz visual e intuitiva que permite identificar de forma rápida y eficaz aquellos edificios que tienen asociado un peor comportamiento energético y que generan un mayor desconfort térmico en sus ocupantes.

La aplicación de la metodología sobre el caso de estudio real presentado en la ciudad de Castellón de la Plana permite constatar las ventajas de la utilización de entornos SIG con fines urbanos, como es, en este caso, llevar a cabo el diagnóstico energético de un área urbana y su representación gráfica en mapas urbanos energéticos.

La visualización de los resultados en mapas permite la rápida identificación de las áreas con mayor vulnerabilidad energética para priorizar futuras intervenciones de rehabilitación de edificios en el ámbito local.

Como potencial aplicación del estudio cabe destacar que el método propuesto constituye una herramienta para asistir a las administraciones locales y agentes involucrados en procesos de rehabilitación, regeneración y renovación urbana, como arquitectos, arquitectos técnicos, ingenieros o urbanistas, a la hora de caracterizar el comportamiento energético de un municipio e intervenir en los procesos de toma de decisión. Así pues, la identificación de los barrios más vulnerables de un municipio desde el punto de vista de la eficiencia energética, supone el punto de partida para priorizar el orden de las actuaciones en base a unos indicadores que evalúen dicho comportamiento de una manera cuantitativa y objetiva.

REFERENCIAS

- Asociación gvSIG. (2014). gvSIG Desktop. Retrieved from <http://www.gvsig.com/>
- Braulio-Gonzalo, M., Juan, P., Bovea, M. D., & Ruá, M. J. (2016). Modelling energy efficiency performance of residential building stocks based on Bayesian statistical inference. *Environmental Modelling & Software*, 83, 198–211. <http://doi.org/10.1016/j.envsoft.2016.05.018>
- Comisión Europea. Directiva 2010/31/UE del parlamento Europeo y del Consejo de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (2010). Comunidad Europea.
- CTE. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, Pub. L. No. Real Decreto 314/2006 (2006). España.
- CTE. Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo., Pub. L. No. Orden FOM/1635/2013 (2013). España.
- DesignBuilder UK. (2015). DesignBuilder software.
- DGC. (2014). Dirección General del Catastro. Retrieved from <http://www.catastro.meh.es/>
- EPBD. European Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings (2002). Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32002L0091>
- EPBD. European Directive 2010/31/UE on the energy performance of buildings (2010). Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32010L0031>
- Gobierno de España. Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas. (2013). España. Retrieved from <https://www.boe.es/boe/dias/2013/06/27/pdfs/BOE-A-2013-6938.pdf>
- IDAE. (2011). *PROYECTO SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final*. Ministerio de Industria, Energía y Turismo.
- INE. (2015). Spanish Statistical Office. Retrieved from <http://www.ine.es/>
- INLA. (2016). R-INLA project. Retrieved September 15, 2015, from <http://www.r-inla.org/>
- Ministerio de la Presidencia. 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. (2013). España.
- Moffatt, S. (2001). *Methods for the evaluation of the environmental performance of building stock*. Finland: Editorial review by Illari Aho.
- NBE-CT-79. Real Decreto. Norma Básica de la Edificación sobre condiciones térmicas en los edificios, Pub. L. No. BOE 253 (1979). España. Retrieved from <http://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1979-24866>
- Rue, H., & Martino, S. (2007). Approximate Bayesian inference for hierarchical Gaussian Markov random field models. *Journal of Statistical Planning and Inference*, 137, 3177–3192. <http://doi.org/10.1016/j.jspi.2006.07.016>
- Rue, H., & Martino, S. (2009). Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models by using integrated nested Laplace approximations. *Journal of the Royal Statistical Society*, 319–392.

Sobre los autores

Marta Braulio Gonzalo

Arquitecta técnica por la Universitat Politècnica de València, máster en eficiencia energética y sostenibilidad y doctora por la Universitat Jaume I (UJI). Desde 2011 combina la labor docente con la investigación en el Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción de la UJI, principalmente centrada en la evaluación energética de edificios y la sostenibilidad de sistemas urbanos.

María Dolores Bovea

Ingeniera Industrial por la Universitat Politècnica de València y doctora por la Universitat Jaume I (UJI). Actualmente es profesora titular de universidad adscrita al área de Proyectos de Ingeniería del Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción de la UJI. Su actividad docente se vincula con proyectos de ingeniería, medio ambiente y seguridad industrial. Su actividad investigadora está relacionada con la evaluación de la sostenibilidad de sistemas, aplicación de la metodología de análisis de ciclo de vida (ACV) y ecodiseño.

María José Ruá Aguilar

Doctora Ingeniero Agrónomo y Arquitecto Técnico por la UPV. Actualmente es Profesora Contratada Doctora en la Universitat Jaume I (UJI), donde es docente desde 2007 en el Grado de Arquitectura Técnica. Imparte también docencia en los Másteres de Eficiencia Energética y Sostenibilidad de la UJI y colabora en el Máster de Ciencias Inmobiliarias, en el Máster de Ingeniería de la Tasación y la Valoración y en el Diploma de Extensión Universitaria de Estudios Inmobiliarios de la UPV.