

Método mixto para la determinación del consumo de climatización en viviendas. Aplicación a Andalucía

García-López, Javier ⁽¹⁾; Sendra Salas, Juan José ⁽²⁾

(1) Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla. javigalo@us.es, +34 656420654

(2) Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla. jsendra@us.es.

Resumen La caracterización energética del parque residencial colectivo es un objetivo marcado en el ámbito la investigación sobre eficiencia energética en los edificios. El perfil del consumo de energía final en las viviendas representa una distribución del uso de la energía que realmente se gasta en ellas. La obtención de dicho perfil a partir de distintas fuentes y estudios ofrece una gran dispersión de valores según el enfoque metodológico empleado en cada una de ellos, al confrontarse datos de consumo de energía final real frente a valores basados en estimaciones predictivas. En el presente trabajo se particulariza para el caso de la fracción del consumo energético destinado a la climatización de las viviendas en Andalucía, donde la elevada demanda de refrigeración constituye un elemento diferenciador típico de regiones de clima cálido. Para ello se plantea un nuevo método mixto como alternativa a otras aproximaciones, como las realizadas en el informe final del proyecto SECH SPAHOUSEC.

Palabras clave Consumo Energético, Climatización, Vivienda, Eficiencia Energética, Estadísticas energéticas.

1 Introducción

El perfil del consumo de energía final en las viviendas es un indicador representativo del uso real de la energía que en ellas se gasta. La obtención de dicho perfil a partir de distintas fuentes y estudios (Ayala, Galarraga y Spadaro 2016; Castelli et al. 2015; Sendra et al. 2013; León et al. 2010;) ofrece una gran dispersión de valores, según el enfoque metodológico empleado en cada una de ellas. Este trabajo se centra en la fracción del consumo energético destinado a la climatización (calefacción/refrigeración) de los edificios de vivienda colectiva en Andalucía.

Como antecedentes sobre el perfil de consumo energético en España, en general, y en Andalucía (Fernández-Membrive et al. 2015), en particular, resulta digno de mención el informe final del proyecto SECH-SPAHOUSEC (IDAE, 2011). Hasta el momento es la principal referencia para España.

El proyecto SECH (development of detailed Statistics on Energy Consumption in Households) fue promovido por Eurostat en 2009 para el desarrollo de estadísticas energéticas en el sector residencial mediante metodologías del tipo bottom-up, con mediciones y modelización. En el marco de este proyecto, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Gobierno de España presentaron a Eurostat el Proyecto SPAHOUSEC (Analysis of the Energy Consumption in the Spanish Households).

El estudio realizado en España, según la memoria del informe final de SPAHOUSEC, incluyó la realización de encuestas telefónicas y presenciales sobre equipamientos, comportamientos y consumos energéticos en viviendas, además de mediciones de consumos eléctricos. No se menciona el uso de modelización energética en el estudio. Como resultado del proyecto, se muestra la determinación de los consumos energéticos agregados, por servicios y por usos, zonas climáticas y tipología de vivienda en España.

Los resultados del consumo residencial mediante el enfoque bottom-up fueron finalmente contrastados con la información energética disponible mediante procedimientos del tipo top-down, partiendo de estudios como las estadísticas oficiales anuales sobre energía (MINETUR, 2013).

El estudio SPAHOUSEC muestra un grado de afinidad aceptable entre los resultados propios y los derivados de las estadísticas, según se recoge en la tabla 1.

Tabla 1 Consumos energéticos SPAHOUSEC (IDAE, 2011) vs. Balance energético definitivo 2010 (MINETUR, 2013), (Elaboración propia)

BALANCE DEL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN ESPAÑA. SECTOR RESIDENCIAL.

Año 2010		SPAHOUSEC (ktep)	Definitivo* (ktep)	% Desviación (SPAHOUSEC vs. Definitivo)	
CONSUMO POR TIPOS DE ENERGÍA FINAL	CARBÓN	Hulla y otros	15	173	-91%
	PRODUCTOS PETRO- LÍFEROS	GLP	1.032	1.386	-26%
		Gasóleo	2.216	1.871	18%
		Otros	0	112	-100%
		TOTAL	3.248	3.369	-4%
	GAS	Gas natural y otros	3.660	4.257	-14%
	ENERGÍA RENOVABLE	Solar Térmica	139	144	-3%
		Geotermia	12	9	33%
		Biomasa	2.444	2.464	-1%
		TOTAL	2.595	2.617	-1%
ENERGÍA ELÉCTRICA		5.159	6.508	-21%	
TOTAL		14.676	16.924	-13%	

(*) Consumo de energía final real definitivo en 2010. Fuente: MINETUR/IDAE

No obstante, en SPAHOUSEC, aparentemente se produce una infravaloración del consumo del sector residencial (-21% en energía eléctrica, -4% en productos petrolíferos, -14% en gas) con respecto a la información obtenida de las compañías comercializadoras de energía (MINETUR, 2013), que puede deberse a la presencia de consumos con tarifas domésticas utilizadas por pequeños comercios y empresas. En cualquier caso, en conjunto, una dispersión del 13% de los valores propuestos frente a los finalmente registrados quedaría dentro de lo técnicamente aceptable.

SPAHOUSEC también proporciona los consumos energéticos de los hogares en España desglosado por servicios, aplicaciones y segmentados por zonas climáticas y tipo de vivienda.

Dado el objetivo de este trabajo, en la figura 1 se reflejan los resultados referidos a las viviendas en Andalucía, región toda ella englobada en el área mediterránea.

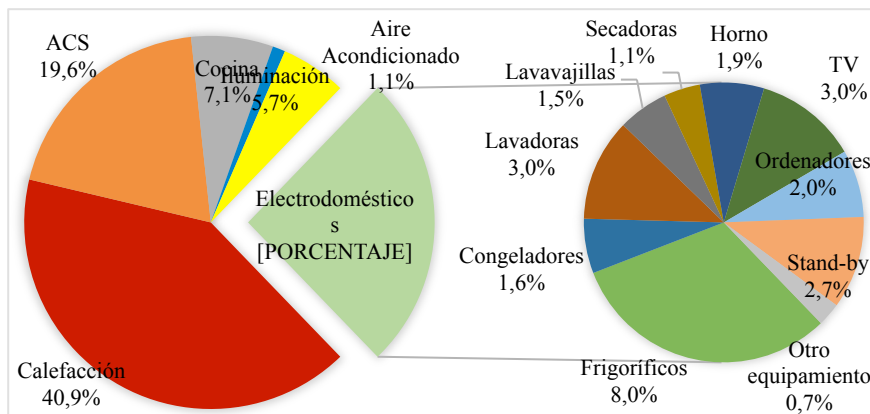


Fig. 1 Estructura de consumos según uso energéticos en España, área mediterránea, (IDAE, 2011).

Según el informe final de este proyecto, en Andalucía el consumo energético de las viviendas en aire acondicionado supone únicamente un 1,1%, frente a un 40,9% en calefacción.

Estos porcentajes no coinciden con los de otros estudios realizados para viviendas sociales de la misma región (León et al. 2010, Sendra et al. 2013), que se han obtenido por medio de encuestas y monitorización de edificios en condiciones de uso real.

En el presente trabajo, trataremos de determinar mediante un enfoque *bottom-up* el consumo energético de climatización (calefacción + refrigeración) para el parque de viviendas en Andalucía.

2 Datos de Partida

Se describen las distintas fuentes de información empleadas para la determinación del consumo energético de climatización de las viviendas en Andalucía.

2.1 Demanda energética de calefacción, refrigeración y agua caliente. Emisiones de CO₂ y consumo de energía primaria

Para la elaboración de la escala de calificación energética de viviendas existentes en España, AICIA (2011) realizó un estudio para obtener un nivel de referencia adaptado a la tipología y zona climática de cada caso. Para llevarlo a cabo se realizaron multitud de simulaciones mediante distintos modelos energéticos, ensayados en diversas orientaciones y zonas climáticas, con el fin de obtener el valor de referencia que en cada caso sirviera para la escala de calificación. Se tuvieron en cuenta los archivos climáticos de cada localidad (capitales de provincia) y se establecieron unas condiciones de uso y operacionales estándares.

Estos valores, sintetizados en la tabla 2, suponen en sí mismos un punto de partida para caracterizar energéticamente el parque residencial andaluz, ya que se han obtenido mediante la simulación energética de modelos tipológicos y constructivos representativos del conjunto.

Tabla 2 Indicadores de energía demandada, consumo y emisiones de CO₂ de viviendas existentes en Andalucía, Ceuta y Melilla. (Elaboración propia a partir de AICIA (2011))

VIVIENDAS UNIFAMILIARES	Demanda (kWh/m ²)			Consumo Energía Primaria (kWh/m ²)			Emisiones (kgCO ₂ /m ²)		
	Cal.	Ref.	ACS	Cal.	Ref.	ACS	Cal.	Ref.	ACS
Localización									
Almería	44,7	46,8	16,6	87,4	47,8	26,1	21,4	11,7	6,3
Cádiz	50,7	36,1	16,7	94,7	36,8	26,2	21,9	9,1	6,3
Ceuta	75,2	14,2	17,2	134,2	18,6	28,4	35,9	5,4	7,7
Córdoba	78,8	54,4	16,9	176,4	55,4	26,5	41,6	13,7	6,4
Granada	127,5	29,9	17,6	240,8	30,5	27,6	56,9	7,4	6,7
Huelva	70,4	44,6	16,7	165,0	45,4	26,2	37,8	11,2	6,3
Jaén	104,8	53,7	16,7	198,1	54,7	26,2	46,9	13,5	6,3
Málaga	50,6	39,4	16,7	108,5	40,1	26,2	24,6	9,8	6,3
Melilla	45,0	35,5	16,7	97,6	46,3	27,6	26,8	13,3	7,5
Sevilla	64,4	56,4	16,7	141,1	57,6	26,2	34,0	14,2	6,3
Promedio	71,2	41,1	16,9	144,4	43,3	26,7	34,8	10,9	6,6

EDIFICIOS DE VIVIENDA COLECTIVA	Demanda (kWh/m ²)			Consumo Energía Primaria (kWh/m ²)			Emisiones (kgCO ₂ /m ²)		
	Cal.	Ref.	ACS	Cal.	Ref.	ACS	Cal.	Ref.	ACS
Localización									
Almería	49,2	33,7	12,1	63,7	34,5	19,0	15,6	8,5	4,6

Cádiz	33,7	25,7	12,3	60,8	26,3	19,3	15,0	6,5	4,7
Ceuta	60,6	10,1	12,6	111,2	13,3	20,8	29,5	3,9	5,7
Córdoba	64,2	39,5	12,4	129,2	40,3	19,5	31,9	9,8	4,7
Granada	106,6	22,0	12,9	193,0	22,5	20,3	46,1	5,4	4,9
Huelva	43,0	32,2	12,3	101,8	33,0	19,3	24,8	8,1	4,7
Jaén	83,5	39,4	12,3	158,1	40,0	19,3	38,2	9,8	4,7
Málaga	41,4	28,4	12,3	84,0	28,9	19,3	20,4	7,0	4,7
Melilla	31,6	25,1	12,2	71,4	32,9	20,1	19,7	9,5	5,5
Sevilla	52,9	41,2	12,3	112,1	42,2	19,3	27,4	10,5	4,7
Promedio	56,7	29,7	12,4	108,5	31,4	19,6	26,9	7,9	4,9

2.2 Nivel de equipamiento y disponibilidad de sistemas de climatización en Andalucía

Los datos de equipamiento de acondicionamiento térmico de las viviendas se obtienen de la “Encuesta social 2008: Hogares y medio ambiente en Andalucía”, realizada por el Instituto de Estadística de Andalucía. Se presentan en la tabla 3.

Tabla 3 Disposición de aire acondicionado en viviendas en Andalucía, (IEA, 2008).

		7.a. Viviendas que disponen de aire acondicionado según distribución, tipo y hábitos de uso nocturno. (series por provincias con porcentajes en horizontal)									
Provincia	Total de viviendas	Disponibilidad de aire acondicionado	Habitaciones con aire acondicionado			Tipo de sistema		Hábitos de uso nocturno			
			Todas	La mayoría	Sólo una parte	Individual	Central	NO TO APAGAN cuando duermen	SI APAGAN a media noche	SI APAGAN tras duermen (eC)	
Almería	234.101	52,2	6,8	9,2	36,3	46,9	5,2	7,5	23,9		
Cádiz	414.684	46,6	2,1	3,7	40,7	44,6	2,0*	2,2*	22,6*		
Córdoba	275.544	65,6	11,5	5,4	48,7	58,7	6,8	4,8	23,1		
Granada	319.888	38,3	2,3*	3,8	32,2	37,3	1,0*	1,5*	21,2*		
Huelva	183.775	51,6	2,2*	5,6	43,8	47,8	3,6	2,3*	22,9*		
Jaén	219.618	62,4	3,3	5,4	53,8	60,7	1,7*	11,8	24,5		
Málaga	554.688	44,8	5,3	8,2	31,3	41,3	3,6	1,7*	25,3*		
Sevilla	614.360	84,4	7,7	9,4	67,4	78,2	6,2	6,2	24,2		
Total	2.816.658	57,4	5,4	6,7	45,3	53,5	3,9	4,3	23,9		

FUENTE: IEA. Encuesta social 2008: Hogares y medio ambiente en Andalucía

*El tamaño muestral subyacente es inferior a 20 casos, por lo que la fiabilidad estadística de la estimación es escasa.

Como resumen, cabe señalar que, en el conjunto de Andalucía, el 57,4% del total de las viviendas disponen de aire acondicionado. Esto equivale a considerar que en Andalucía en 2008 ya había 1.617.761 viviendas que disponían de refrigeración.

2.3 Factores de conversión de energía final, primaria y emisiones de CO₂

Para las operaciones de conversión entre energía final, primaria y emisiones de CO₂ será necesario deducir los consumos de energía final a partir de los de energía primaria obtenidos de la tabla 2. Para ello, en la tabla 4 se indican los factores de conversión que se utilizarán en el proceso.

Tabla 4 Factores de conversión de energía primaria de refrigeración y calefacción a energía final según la estructura de consumos para Andalucía, (Elaboración propia a partir de encuesta IAE-2008).

	Energía final	% Tipo de combustible sobre el total *	Factor de conversión general** (kWh E.primaria/kWh E.final)	Factor de conversión Andalucía (kWh E.primaria/kWh E.final)
Refrigeración	<i>eléctrica</i>	100%	2,61	2,61
Factor Refrigeración				2,61
Calefacción	<i>eléctrica</i>	53%	2,61	1,38
	<i>gas natural</i>	8%	1,07	0,09
	<i>gas oil</i>	7%	1,12	0,08
	<i>bomba de calor</i>	9%	2,61	0,23
	<i>otros</i>	24%	1,05	0,25
Factor Calefacción				2,03

(*) Fuente: Tabla 3.a. Viviendas según sistema de calefacción disponible por características de la vivienda en Andalucía. Año 2008 (IEA,2008).

(**) Fuente: Documento Reconocido (RITE, 2016), p.16.

2.4 Características del parque edificatorio residencial andaluz y su climatización.

En la tabla 5 se sintetizan las condiciones de partida que se van a asumir para realizar el cálculo del consumo energético, utilizadas en un estudio para la caracterización del parque residencial en Andalucía, desarrollado por la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía-AVRA en 2012.

Viviendas en edificios plurifamiliares y porcentaje que representan	1.806.302	71 %
Viviendas unifamiliares y porcentaje que representan	745.136	29 %
Total de viviendas,	2.551.438	100 %
Superficie promedio de vivienda en edificio plurifamiliar (m ²)	75	
Superficie promedio de vivienda en edificio unifamiliar (m ²)	100	
Superficie de la vivienda promedio en Andalucía (m ²)	82,3	
Superficie calentada (m ²) y (%) en la vivienda promedio	61,73	75 %
Superficie refrigerada (m ²) y (%) en la vivienda promedio	41,15	50 %

Tabla 5 Caracterización básica del parque residencial andaluz, (Estudio MARIE, AVRA 2012).

3 Metodología

Como alternativa metodológica a otras aproximaciones ya referidas, para la determinación del consumo de climatización de viviendas, se propone un nuevo método de estimación de tipo mixto (*bottom-up* y *top-down*) a partir de una serie de datos de partida anteriormente expresada. El método contempla la aplicación de valores de resultados promedio obtenidos por simulación de modelos energéticos (AICIA, 2011) representativos del conjunto de edificios del parque residencial nacional, para su extrapolación con correcciones al conjunto de edificios de viviendas andaluz. Este método de tipo mixto puede contribuir a afinar determinados resultados que, hasta el momento, se han obtenido de manera indirecta mediante encuestas o monitorizaciones, como SPAHOUSEC. Esta metodología además podría ser aplicada a otras regiones europeas mediterráneas o países con una realidad energética similar.

En el presente apartado se expone el proceso de cálculo utilizado para obtener los valores de consumo de energía de calefacción y refrigeración de las viviendas en Andalucía mediante un enfoque del tipo *top-down*, partiendo de las fuentes descritas en el anterior apartado.

La operativa del procedimiento se recoge en la tabla 6. En esencia es la siguiente:

- Se expresan por filas los valores de cada provincia y el total.
- En las columnas B a E se indican la distribución del nº de viviendas por provincia y la disponibilidad de sistema de calefacción y refrigeración en cada caso.
- En las columnas F a I, como origen, se toman los datos de consumo anual de energía primaria de calefacción y refrigeración para las tipologías unifamiliar y

plurifamiliar, respectivamente, expresadas en kWh/m², obtenidos mediante simulación de modelos energéticos (AICIA, 2011).

- Los valores de consumo anual de energía primaria (columnas F a I) se convierten a valores de consumo anual por vivienda (columnas J a M), adoptando los valores de 75 y 100 m² de superficie para las plurifamiliares y unifamiliares, respectivamente.
- En las columnas N y O se expresan los valores de consumo anual por vivienda ponderada, tomando la proporción de 71% y 29% de viviendas plurifamiliares y unifamiliares, respectivamente, para toda Andalucía.
- En las columnas P y Q se asignan a los valores anteriores la proporción de viviendas de la provincia en cuestión respecto del total (multiplicadas por los factores de la columna C). Se obtiene un valor total como suma de los valores unitarios de cada provincia ponderados por su peso en el conjunto. El total corresponde al valor promedio del consumo de energía primaria de calefacción y refrigeración, suponiendo que todas las superficies de las viviendas se acondicionan térmicamente, y que todas disponen de equipos de refrigeración y calefacción.
- En las columnas R y S se minoran los valores unitarios anteriores por el porcentaje de disposición de equipos de calefacción y refrigeración de cada provincia, obteniendo el valor total promediado con la disponibilidad real de esos equipos de climatización.
- En las columnas T y U se obtienen los valores finales propuestos, ponderando los anteriores por el porcentaje de superficie estimado para cada vivienda que se acondiciona térmicamente. Para el conjunto de Andalucía se obtienen unos valores anuales de consumo de energía primaria de calefacción y refrigeración por vivienda de 2.334,73 kWh y 943,65 kWh respectivamente.
- En las columnas V y W se obtienen los valores unitarios por vivienda de cada provincia, corrigiendo su porcentaje sobre el valor total.
- Finalmente, los valores de consumo anual de energía final de calefacción y refrigeración por vivienda se obtienen aplicando los factores de conversión de energía primaria al final de la tabla 5.

Tabla 6 Cálculos auxiliares e intermedios para la determinación del consumo de energía final de calefacción y refrigeración (Elaboración propia)

A	B		C		D		E	
Pr.	Número de viviendas		Proporción sobre el total (%)		Disponibilidad de calefacción (%)		Disponibilidad de refrigeración (%)	
AL	234.101		8%		23,38		52,21	
CA	414.684		15%		42,22		46,9	
CO	275.544		10%		59,59		65,62	
GR	319.888		11%		40,24		38,30	
HU	183.775		7%		68,60		51,56	
JA	219.618		8%		44,84		62,43	
MA	554.688		20%		32,12		44,82	
SE	614.360		22%		47,02		84,41	
Tot.	2.816.658		100%		43,11		57,44	

A	F	G	H	I	J	K	L	M
Pr.	C _{ep} (kWh/m ²)				C' _{ep} (kWh)			
	Calefacción		Refrigeración		Calefacción		Refrigeración	
	V. Uf.	V. Pf.	V. Uf.	V. Pf.	V. Uf.	V. Pf.	V. Uf.	V. Pf.
AL	28,7	63,7	47,8	34,5	2.870	4.778	4.780	2.588
CA	24,9	60,8	36,8	26,3	2.490	4.560	3.680	1.973
CO	55,5	129,2	55,4	40,3	5.550	9.690	5.540	3.023
GR	81,1	193,0	30,5	22,5	8.110	14.475	3.050	1.688
HU	31,2	101,8	45,4	33,0	3.120	7.635	4.540	2.475
JA	57,9	158,1	54,7	40,0	5.790	11.858	5.470	3.000
MA	35,1	84,0	40,1	28,9	3.510	6.300	4.010	2.168
SE	40,5	112,1	57,6	42,2	4.050	8.408	5.760	3.165

A	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Pr.	C' _{ep} (kWh)									
	Cal.	Ref.	Cal.	Ref.	Cal.	Ref.	Cal.	Ref.	Cal.	Ref.
A	4.220	3.228	351	268	82	140	62	70	740	843
CA	3.955	2.471	582	364	246	170	184	85	1.253	576
CO	8.481	3.758	830	368	494	241	371	121	3.790	1.233
GR	12.616	2.085	1.433	237	577	91	432	45	3.808	399
HU	6.316	3.078	412	201	283	104	212	52	3.250	793
JA	10.086	3.721	786	290	353	181	264	91	3.392	1.162
MA	5.485	2.706	1.080	533	347	239	260	119	1.322	606
SE	7.135	3.923	1.556	856	732	722	549	361	2.516	1.656
Total C' _{ep}			7.031	3.116	3.113	1.887	2.335	944		
Total C' _{ef}							1.162	362		

Total consumo anual Energía Final climatización (kWh)	1.523,41
--	-----------------

4 Resultados y discusión.

En la figura 2 se expresan los resultados obtenidos en este estudio frente a los del Proyecto SPAHOUSEC. Si los resultados de este último están basados en aproximaciones estadísticas, mediante encuestas y monitorizaciones, los del estudio se obtienen a partir de las demandas energéticas en condiciones estándares de uso y operacionales, aunque corregidas por el grado de equipamiento y el porcentaje de superficie realmente acondicionada descritos para Andalucía en estadísticas específicas de hogares y medio ambiente en Andalucía.

Los resultados del presente estudio muestran que existe una demanda teórica promedio de magnitud equivalente en refrigeración y calefacción (figura 2), lo que conlleva una proporción similar de consumos de energía para estos fines.

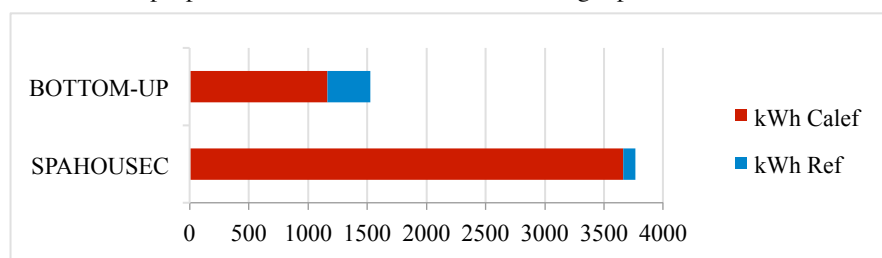


Fig. 2 Resultados comparados de consumo anual de energía final para calefacción y refrigeración por vivienda (elaboración propia)

La obtención por este método mixto de un consumo anuales de climatización (calefacción + refrigeración) de 1532 kWh por vivienda, frente a 3763 kWh que da el Proyecto SECH-SPAHOUSEC, nos indica la gran diferencia (más del doble) entre la aplicación de uno y otro método.

En la tabla 7 se presentan, una vez corregidos, los consumos anuales de energía final de calefacción y refrigeración. Nos daría un nuevo reparto (22,5% para climatización) de la contribución de las distintas fuentes al consumo de energía en las viviendas, en comparación con el ofrecido por SPAHOUSEC (42% para climatización) para Andalucía.

Tabla 7 Estructura del consumo anual de energía de viviendas calculado para Andalucía frente al determinado en SPACHOUSEC (Elaboración Propia)

Consumo anual de energía final por usos en vivienda. Región mediterránea, SPAHOUSEC.				
Usos de la energía	kWh/m ²	kWh	%	
calefacción	44,52	3.664,23	41%	
ACS	21,34	1.755,96	20%	
cocinado	7,73	636,09	7%	
electrodomésticos	27,87	2.293,50	26%	
iluminación	6,20	510,66	6%	
refrigeración	1,20	98,55	1%	
Consumo anual promedio total	108,86	8.959,00	100	
Consumo anual de energía final por usos en vivienda para Andalucía. Elaboración propia.				
Usos de la energía	kWh/m ²	kWh	%	
calefacción	14,12	1.161,86	17%	
ACS	21,89	1.801,60	27%	
cocinado	7,73	636,09	9%	
electrodomésticos	27,87	2.293,50	34%	
iluminación	6,20	510,66	8%	
refrigeración	4,39	361,55	5%	
Consumo anual promedio total	82,20	6.765,27	100	

(*) Valores de consumo anual de energía final adoptados de SPAHOUSEC

(**) Valores de consumo anual de energía final obtenidos por método mixto bottom-up

5 Conclusiones

De los resultados de aplicación del método mixto propuesto pueden obtenerse valores representativos del consumo de energía final de climatización (calefacción y refrigeración) para un conjunto de edificios mucho más acordes con el alto nivel

de disponibilidad de sistemas de climatización existente en las viviendas en Andalucía, y al perfil de uso estándar que los obtenidos por aplicaciones de otros métodos mixtos tipo *top-down* y *bottom-up*.

El método contempla la aplicación de valores promedios obtenidos por simulación de modelos energéticos representativos del conjunto de edificios del parque residencial nacional, para su extrapolación al conjunto, lo que puede contribuir a afinar determinados resultados que hasta el momento se han venido estudiando de manera indirecta mediante encuestas y monitorizaciones.

Los resultados obtenidos del estudio muestran una mayor previsión de consumo de energía final de calefacción que de refrigeración, aunque esa diferencia (entre dos y tres veces mayor el primero que el segundo) no es tan acusada como la obtenida por SPAHOUSEC.

En conjunto, se obtiene un consumo promedio de energía final de climatización (calefacción + refrigeración) de 1532 kWh por vivienda, frente a los 3673 kWh que da SPAHOUSEC para el área mediterránea (más del doble del anterior).

Todo ello muestra las sensibles diferencias que se obtienen mediante la aplicación de la metodología descrita en este estudio, que utiliza estimaciones de demandas energéticas (en condiciones estándares de uso y operación), corregidas por el grado de equipamiento y el porcentaje de superficie realmente acondicionada descritos para Andalucía en estadísticas específicas de hogares y medio ambiente, de otras más generales, como la de SPAHOUSEC.

El contraste de estos resultados con estudios más específicos, que incluyan monitorización y contabilización de consumos de energía por usos contribuirá a un mejor ajuste del método propuesto.

6 Referencias

- Ayala, A.de, Galarraga, I. & Spadaro, J. V. (2016). The price of energy efficiency in the Spanish housing market. *Energy Policy*, 94, 16–24.
<http://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.032>
- Castelli, M., Trujillo, L., Vanneschi, L. & Popovič, A. (2015). Prediction of energy performance of residential buildings: A genetic programming approach. *Energy and Buildings*, 102, 67–74.
<http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.013>
- León, A.L., Muñoz Muñoz, M. S., León, J. & Bustamante, P. Monitorización de Variables Medioambientales y Energéticas en la Construcción de Viviendas Protegidas: Edificio Cros-Pirotecnia en Sevilla. En: *Informes de la Construcción*. 2010. Vol. 62. Núm. 519. Pag. 67-82. doi: 10.3989/ic.09.045
- Sendra, J. J, Domínguez-Amarillo, S., Bustamante, P. & A.L. León (2013). Intervención energética en el sector residencial del sur de España: Retos actuales. *Informes de La Construcción*, 65, 457–464. doi.org:10.3989/ic.13.074.
- Fernández-Membrive, V. J., Lastra-Bravo, X. B. & Tolón-Becerra, A. (2015). Cost-benefit analysis of changes in energy in building technology in South-

- east Spain. *Energy and Buildings*, 103, 29–37.
doi:/10.1016/j.enbuild.2015.06.026
- IDAE, Secretaría General. Dpto. de Planificación y Estudios. 2011. Informe final. Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) - IDAE. Balances del consumo de energía final. Serie histórica 1990-2013. Soporte: Hoja de cálculo con estadísticas.
- AICIA. Escala de calificación energética: edifi. existentes. IDAE, 2011.
- Encuesta social 2008: Hogares y medio ambiente en Andalucía. Instituto de Estadística de Andalucía (IEA) 2008. Soporte: Hoja de cálculo con estadísticas. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/encsocial/2008/>
- MINETUR-MFON, “Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España”. Documento reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), 2016.
- García-López, J. & Romero, M. Estudio para la caracterización del parque residencial en Andalucía. Benchmarking-Proyecto MED-MARIE. la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía-AVRA, 2012

7 Abreviaturas utilizadas

Cal.	Calefacción
Ref.	Refrigeración
C _{ep} .	Consumo anual de energía primaria
C' _{ep} .	Consumo anual de energía primaria por vivienda.
C' _{ef} .	Consumo anual de energía final por vivienda.
Pr.	Provincia
V. Uf.	Viviendas unifamiliares
V. Pf.	Viviendas en edificios plurifamiliares
ACS	Agua caliente sanitaria

8 Agradecimientos

A la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía y a la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía por su colaboración en la documentación del proyecto MARIE.