



**IIT**  
**INSTITUTO DE**  
**INVESTIGACIÓN**  
**TECNOLÓGICA**

# **MIGRACIÓN DE DIAGNÓSTICO (modelo de cálculo del Gasto Térmico Teórico) A UN ENTORNO WEB**

Cátedra de Energía y Pobreza

Preparado por el IIT para ECODES

Noviembre de 2021

Versión: 2.1

**Titularidad y responsabilidad**

El derecho de autor corresponde a los miembros del equipo investigador, los cuales deberán ser citados en cualquier uso que se haga del resultado de su trabajo.

Conforme a los usos de la comunidad científica, las conclusiones y puntos de vista reflejados en los informes y resultados son los de sus autores y no comprometen ni obligan en modo alguno a la Universidad Pontificia Comillas ni a ninguno de sus Centros e Institutos o al resto de sus profesores e investigadores.

Por tanto, cualquier cita o referencia que se haga de este documento deberá siempre mencionar explícitamente el nombre de los autores, y en ningún caso mencionará exclusivamente a la Universidad.

---

## ÍNDICE

<b>1. OBJETIVO</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>3</b>
2.1 DEMANDA DE CALEFACCIÓN	3
2.2 DEMANDA DEL AGUA CALIENTE SANITARIA	10
2.3 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO	12
2.4 DETERMINACIÓN DEL GASTO	13
<b>3. ESCENARIOS PARA VALIDACIÓN DE LA MIGRACIÓN</b>	<b>16</b>
<b>4. LIMITACIONES AL MODELO</b>	<b>35</b>



## 1. OBJETIVO

En el estudio [Caracterización de la situación y comportamiento energético en la muestra de hogares del programa «Ni un hogar sin energía»](#) se empleó una aplicación informática (DIAGNÓSTICO) implementada mediante un lenguaje de alto nivel en local para determinar el llamado Gasto Térmico Teórico (GTT), que representa la suma del gasto requerido para satisfacer la demanda térmica de calefacción y para preparación del agua caliente sanitaria (ACS). En el presente proyecto se ha migrado DIAGNÓSTICO a una plataforma web, integrándola dentro del entorno ENERSOC, de modo que pueda ser empleado en remoto, en particular por hogares vulnerables, voluntarios y técnicos de auditoría energética. Con objeto de facilitar el manejo de la información, DIAGNÓSTICO da los resultados separados en tres conceptos: calefacción, preparación del ACS y gasto eléctrico, si bien el consumo eléctrico para usos diferentes a la climatización y el ACS (cocina, iluminación y electrodomésticos) se ha estimado constante a partir de una media nacional<sup>1</sup> de 3.363 kWh/año por hogar.

En la Sección 2 se describe el procedimiento que se ha implementado para calcular el Gasto Térmico Teórico y la Sección 3 se indican los casos que se han empleado para validar la migración, junto con los resultados generados en diversas zonas climáticas y con diferentes niveles de aislamiento. Se incluye una interpretación de los resultados con objeto de poner en contexto los resultados del modelo.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1 DEMANDA DE CALEFACCIÓN

La demanda térmica anual de calefacción en España viene determinada a partir de dos documentos: el [Código Técnico de la Edificación \(CTE\)](#) y la [Calificación de la Eficiencia Energética de los Edificios \(CEE\)](#). La última versión del CTE es de 2019, mientras que de la CEE es 2015.

El primer paso para determinar la demanda es hallar la zona climática de la localidad, lo que se realiza a partir de la capital de provincia y la altitud de la localidad, tal como recoge el Anexo B del Documento Básico HE del CTE y se muestra en la Tabla 1, adaptada del mismo. La zona climática consta de una letra (ZCI, zona climática de invierno), asociada con la severidad invernal y un número (ZCV, zona climática de verano), asociado con la severidad estival. En la Península, Baleares, Ceuta y Melilla las posibles zonas son A3, A4, B3, B4, C1, C2, C3, C4, D1, D2, D3 y E1, mientras que para Canarias son

---

<sup>1</sup> Eurostat, Ministerio de Industria Energía y Turismo, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2011. Consumos del Sector Residencial en España. Resumen de Información Básica.

sólo  $\alpha_3$ , A2, B2 y C2. La versión de DIAGNÓSTICO que se ha migrado sólo contempla la severidad invernal, es decir, el gasto térmico teórico no incluye las necesidades de climatización en verano.

Una vez conocida la zona climática, el punto 2.4 de la CEEE describe cómo determinar la demanda anual de calefacción de referencia para edificios de nueva construcción<sup>2</sup> (Tablas III.1 y III.2). Por comodidad, se reproduce dicha información en las Tablas 2 y 3.

La demanda así determinada, denominada “de referencia” (DR), ha de ser multiplicada por el área climatizada de la vivienda (A) y corregida mediante el factor  $f_c$ , que depende de la dispersión de dicha demanda en el parque de edificios tomados como referencia (R para edificios de nueva construcción) y del índice de calificación energética del edificio ( $C_1$ ), que depende básicamente del nivel de aislamiento del mismo. De este modo, la demanda final (D) viene dada según la ecuación 1.

$$D = DR \cdot A \cdot f_c \quad (1)$$

$$f_c = \frac{1+(C_1-0.6) \cdot 2 \cdot (R-1)}{R} \quad (2)$$

Los valores de R vienen dados en la Tabla 4. En cuanto a los valores del índice de calificación energética ( $C_1$ ), vienen definidos en intervalos según la calificación energética, tal como se muestra en la Tabla 5, con ayuda de la Tabla 6. Con objeto de facilitar a los usuarios el uso de la herramienta, se han elaborado tres niveles de aislamiento “globales” basados en el cruce entre la información del Censo 2011 sobre la antigüedad de las viviendas y los informes de estado de la certificación energética del IDAE (utilizando la metodología de (Barrella et al, 2021)<sup>3</sup>):

- Anterior a 1980. Recoge viviendas construidas en ausencia de normativa relativa a eficiencia energética (corresponde a una calificación entre F y G). En las gráficas de este informe aparece designado como aislamiento “Deficiente”.
- Entre 1981 y 2007. Recoge viviendas construidas según la Norma Básica de la Edificación y, por tanto, con unos ciertos niveles de aislamiento (corresponde a una calificación de E). En las gráficas de este informe aparece designado como aislamiento “Normal”.

<sup>2</sup> Aunque el edificio sea existente, la demanda se determina a partir de los de nueva construcción, corrigiendo posteriormente según el coeficiente C1 dado en la ecuación (2).

<sup>3</sup> R. Barrella, J.I. Linares, J.C. Romero, E.M. Arenas, E. Centeno. Does cash money solve energy poverty? Assessing the impact of household heating allowances in Spain. Energy Research & Social Science. Vol. 80, pp. 102216-1 - 102216-18, Octubre 2021

- 
- Posteriores a 2007. Recoge las viviendas construidas bajo la normativa recogida en el Código Técnico de la Edificación (corresponde a una calificación entre C y D). En las gráficas de este informe aparece designado como aislamiento “CTE”.

Los valores del índice de calificación energética ( $C_1$ ) resultante de estas agrupaciones globales aparecen recogidos en la Tabla 7.

Tabla 1. Determinación de la zona climática de una localidad a partir de la capital de provincia y la altitud (metros) [Adaptado de DB-HE 20191220].

Capital	Provincia	Altitud capital	ZC Capital	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350
Albacete	Albacete	681,00	D3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Alicante/Alacant	ALICANTE/ALACANT	5,00	B4	B4	B4	B4	B4	B4	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Almería	Almería	16,00	A4	A4	A4	B4	B4	B4	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Ávila	Ávila	1131,00	E1	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	Badajoz	182,00	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Barcelona	Barcelona	13,00	C2	C2	C2	C2	C2	C2	D2	D2	D2	D2	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Bilbao	Bizkaia	6,00	C1	C1	C1	C1	C1	C1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
Burgos	Burgos	859,00	E1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	Cáceres	457,00	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	E1	E1	E1	E1	E1
Cádiz	Cádiz	13,00	A3	A3	A3	A3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C2	C2	C2	C2	C2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2
Castellón de la Plana/Castelló de la	Castellón/Castelló	27,00	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Ceuta	Ceuta	27,00	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3
Ciudad Real	Ciudad Real	625,00	D3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Córdoba	Córdoba	106,00	B4	B4	B4	B4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Coruña, A	Coruña, A	7,00	C1	C1	C1	C1	C1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
Cuenca	Cuenca	997,00	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia/San Sebastián	Gipuzkoa	7,00	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Girona	Girona	69,00	C2	C2	C2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Granada	Granada	684,00	C3	A4	B4	B4	B4	B4	B4	B4	C4	C4	C4	C4	C4	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Guadalajara	Guadalajara	685,00	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	E1	E1	E1	E1	E1
Huelva	Huelva	24,00	A4	A4	B4	B4	B3	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Huesca	Huesca	483,00	D2	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	Jaén	570,00	C4	B4	B4	B4	B4	B4	B4	B4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	E1	E1
León	León	837,00	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	Lleida	167,00	D3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Logroño	Rioja, La	384,00	D2	C2	C2	C2	C2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Lugo	Lugo	462,00	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	Madrid	657,00	D3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Málaga	Málaga	8,00	A3	A3	A3	B3	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Melilla	Melilla	30,00	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3
Murcia	Murcia	42,00	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3



Tabla 1 (cont). Determinación de la zona climática de una localidad a partir de la capital de provincia y la altitud (metros) [Adaptado de DB-HE 20191220].

Capital	Provincia	Altitud Capital	ZC Capital	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350
Ourense	Ourense	135,00	C3	C3	C3	C3	c2	c2	c2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	Asturias	231,00	D1	C1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Palencia	Palencia	734,00	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Palma	Balears, Illes	24,00	B3	B3	B3	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3
Palmas de Gran Canaria, Las	Palmas, Las	6,00	a3c	a3c	a3c	a3c	a3c	a3c	a3c	a3c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	B2c	B2c	B2c	B2c	B2c	B2c	C2c	C2c	C2c	C2c	C2c
Pamplona/Iruña	Navarra	450,00	D1	C2	C2	D2	D2	D2	D2	D2	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	Pontevedra	20,00	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	C1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1
Salamanca	Salamanca	798,00	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	Santa Cruz de Tenerife	1,00	a3c	a3c	a3c	a3c	a3c	a3c	a3c	a3c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	A2c	B2c	B2c	B2c	B2c	B2c	B2c	C2c	C2c	C2c	C2c	C2c
SantAnder	Cantabria	6,00	C1	C1	C1	C1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Segovia	Segovia	1002,00	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	Sevilla	11,00	B4	B4	B4	B4	B4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4
Soria	Soria	1061,00	E1	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	Tarragona	69,00	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Teruel	Teruel	915,00	D2	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	c2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	Toledo	512,00	D3	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	C4	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
València	Valencia/València	16,00	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Valladolid	Valladolid	690,00	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	Araba/Álava	539,00	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	Zamora	649,00	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	Zaragoza	208,00	D3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1

Tabla 2. Demanda de referencia para viviendas de nueva construcción de tipo unifamiliar, tanto en la Península como en Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla [Adaptado de CEEE].

	Zona climática	Calefacción [kWh/m <sup>2</sup> ]
Invierno	α	0,00
	A	23,60
	B	33,50
	C	53,30
	D	78,00
	E	103,3

Tabla 3. Demanda de referencia para viviendas de nueva construcción de tipo bloque, tanto en la Península como en Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla [Adaptado de CEEE].

	Zona climática	Calefacción [kWh/m <sup>2</sup> ]
Invierno	α	0,00
	A	13,80
	B	20,90
	C	35,20
	D	53,00
	E	71,20

Tabla 4. Dispersiones de las demandas energéticas de referencia para edificios de nueva construcción (R) [Adaptado de CEEE].

	Zona climática	Unifamiliar	Bloque
Invierno	α	-	-
	A	1,7	1,7
	B	1,6	1,7
	C	1,5	1,7
	D	1,5	1,7
	E	1,4	1,7

Tabla 5. Índice de calificación energética [Adaptado de CEEE]. Los coeficientes  $C_{1E}$  y  $C_{1F}$  dependen de la zona climática y su tipología (bloque o unifamiliar), tal como se definen en la Tabla 6.

Calificación	Intervalo
A	$C_1 < 0,15$
B	$0,15 \leq C_1 < 0,50$
C	$0,50 \leq C_1 < 1,00$
D	$1,00 \leq C_1 < 1,75$
E	$1,75 \leq C_1 < C_{1E}$
F	$C_{1E} \leq C_1 < C_{1F}$
G	$C_{1F} \leq C_1$

Tabla 6. Coeficientes  $C_{1E}$  y  $C_{1F}$  [Elaboración propia]

Tipología	Zona climática	$C_{1E}$	$C_{1F}$
Bloque	A	3,983	4,355
	B	3,622	3,961
	C	3,328	3,641
	D	3,187	3,487
	E	3,118	3,411
Unifamiliar	A	3,102	4,020
	B	3,092	3,860
	C	3,137	3,726
	D	3,029	3,601
	E	3,283	3,938

Tabla 7. Índice de calificación energética ( $C_1$ ) según antigüedad [Elaboración propia].

Zona climática de invierno	Anterior a 1980 (Aislamiento Deficiente)		1981 a 2007 (Aislamiento Normal)		Posterior a 2007 (Aislamiento CTE)	
	Bloque	Unifam.	Bloque	Unifam.	Bloque	Unifam.
A	4,41	4,15	2,48	2,13	0,99	0,72
B	4,01	3,96	2,34	2,12	0,96	0,71
C	3,69	3,81	2,23	2,14	0,93	0,71
D	3,53	3,68	2,18	2,1	0,92	0,71
E	3,46	4,03	2,15	2,2	0,91	0,72

## 2.2 DEMANDA DEL AGUA CALIENTE SANITARIA

El [CTE](#) establece la demanda de ACS según el tipo de edificio. Para viviendas prescribe 28 litros/persona-día a 60°C<sup>4</sup>. La demanda térmica para alcanzar dicha temperatura de uso depende de la temperatura del suministro del agua de red, dada en el Apéndice G de la sección HE 4 del [CTE](#), y reproducida en la Tabla 8 para más comodidad. Dicha Tabla determina la temperatura del agua de red en las capitales de provincia para el mes *i*-ésimo del año ( $T_{capital,i}$ ). En caso de que la localidad no sea la capital de provincia se aplica la corrección dada por la ecuación 3, donde  $T_{localidad,i}$  es la temperatura del agua de red en la localidad en el mes *i*-ésimo, *A* la altitud, en metros, de la localidad ( $A_{localidad}$ ) o de la capital ( $A_{capital}$ ) y *B* toma el valor de 0,0066 para los meses de octubre a marzo y 0,0033 para los meses de abril a septiembre.

$$T_{localidad,i} = T_{capital,i} - B \cdot (A_{localidad} - A_{capital}) \quad (3)$$

La demanda energética anual viene dada por la ecuación (4), donde  $N_{pax}$  representa el número de personas de la vivienda y *Q* el consumo de agua a 60 °C de cada persona al día (28 litros).

$$D_{ACS}[kWh] = N_{pax} \cdot Q \cdot \left(\frac{365}{12}\right) \cdot 4,176 \cdot (12 \cdot 60 - \sum_{i=1}^{12} T_{localidad,i})/3600 \quad (4)$$

---

<sup>4</sup> En el caso de viviendas en bloque con ACS central se asigna un factor de simultaneidad de 22/30, conforme a los valores medios recogidos en el Anexo F del CTE.

Tabla 8. Temperatura del agua de red [CTE].

Capital	Altitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Albacete	686	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante	8	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almeria	16	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Avila	1131	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Badajoz	186	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9
Barcelona	12	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10
Bilbao	6	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10
Burgos	929	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6
Caceres	459	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9
Cadiz	14	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Castellon	27	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11
Ceuta	40	11	11	12	13	14	16	18	18	17	15	13	12
Ciudad_Real	628	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7
Cordoba	106	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10
La_Coruna	26	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Cuenca	999	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7
San_Sebastian	12	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9
Gerona	70	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9
Granada	683	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8
Guadalajara	685	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7
Huelva	30	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12
Huesca	488	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7
Jaen	568	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9
Leon	838	6	6	8	9	12	14	16	16	15	11	8	6
Lerida	182	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7
Logrono	385	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8
Lugo	454	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8
Madrid	655	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8
Malaga	11	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12
Melilla	15	12	13	13	14	16	18	20	20	19	17	14	13
Murcia	39	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Orense	139	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9
Oviedo	232	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9
Palencia	734	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6
P._de_Mallorca	15	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12

Las_Palmas	13	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16
Pamplona	490	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7
Pontevedra	27	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10
Salamanca	800	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6
SC_de_Tenerife	5	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16
Santander	11	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10
Segovia	1002	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6
Sevilla	11	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11
Soria	1063	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Tarragona	69	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11
Teruel	912	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6
Toledo	629	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8
Valencia	13	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Valladolid	698	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7
Vitoria	540	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7
Zamora	649	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Zaragoza	199	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8

## 2.3 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO

El consumo se determina a partir de la demanda térmica y el rendimiento medio estacional (*SPF*) de la instalación, considerando también el tipo de suministro energético. Se consideran tres tipos de instalación para la calefacción: individual, central y aparatos; dos para el ACS: individual y central; seis tipos de suministros: gas natural, GLP, gasóleo, electricidad (radiadores, acumuladores y bomba de calor), carbón y biomasa. El consumo (*C*) se determina a partir de la ecuación 5, donde la demanda (*D*) puede ser de calefacción o de ACS.

$$C = \frac{D}{SPF} \quad (5)$$

La Tabla 9 muestra los rendimientos medios estacionales empleados en la determinación del consumo de calefacción (elaboración propia). La Tabla 10 muestra los rendimientos medios estacionales empleados en la determinación del consumo de energía para la preparación del ACS (elaboración propia).

Tabla 9. Rendimiento medio estacional para sistemas de calefacción [Elaboración propia]

Suministro energético	Edificios existentes			Edificios nuevos		
	Calefacción individual	Calefacción central	Calefacción por aparatos	Calefacción individual	Calefacción central	Calefacción por aparatos
Gas natural	0,75	0,7	0,7	0,91	0,85	0,85
GLP	0,75	0,7	0,65	0,89	0,83	0,77
Gasóleo	0,7	0,65	0,65	0,83	0,77	0,77
Electricidad (radiadores)	0,99	0,99	0,95	1	1	0,96
Electricidad (acumuladores)	0,99	0,99	0,95	1	1	0,96
Bomba de calor <sup>5</sup>	3,2	3,2	3,2	3,9	3,9	3,9
Carbón	0,4	0,45	0,45	0,7	0,68	0,51
Biomasa	0,35	0,4	0,45	0,7	0,68	0,51

Tabla 10. Rendimiento medio estacional para sistemas de ACS [Elaboración propia]

Suministro energético	Edificios existentes		Edificios nuevos	
	Calefacción individual	Calefacción central	Calefacción individual	Calefacción central
Gas natural	0,7679	0,8092	0,8453	0,8907
GLP	0,7679	0,8092	0,8453	0,8907
Gasóleo	0,7679	0,8092	0,7679	0,8092
Electricidad	0,99	0,99	0,99	0,99
Carbón	0,4	0,45	0,714	0,714
Biomasa	0,35	0,4	0,714	0,714

## 2.4 DETERMINACIÓN DEL GASTO

Para determinar el gasto se han tomado tarifas comerciales de los diferentes suministros excepto la electricidad (Tabla 11.a), considerando además los impuestos y los gastos fijos de alquileres de contador, en el caso del gas natural. La tarifa eléctrica que se ha considerado es la de mercado regulado (2.0 TD), para lo que se han asumido unos valores medios en cada tramo, dados en la Tabla 11.b. El término fijo se calcula a partir de dichos valores medios según la ecuación 6<sup>6</sup>. En cuanto al término variable, se aplica la ecuación 7, conforme a los siguientes casos:

<sup>5</sup> Se han asignado valores conservadores, correspondientes a la media de tecnologías aire/aire en configuración partida (*split*). Debido a la tipología común de hogares vulnerables no se han tenido en cuenta sistemas centralizados, suelo radiante o variador *inverter*, que incrementarían la eficiencia.

<sup>6</sup> Cuando el código hace uso de la tarifa calculada por la ecuación 6, multiplica por la potencia contratada en el tramo punta.

- Calefacción eléctrica. Se han determinado unos pesos (Tabla 11.c) según la zona climática, que se aplican a los diferentes tramos. Esto se refleja en la ecuación 7.a, aplicable a radiadores eléctricos y bomba de calor. Por el contrario, si se emplean acumuladores se asume que se cargan durante el período valle, con lo que se aplica la ecuación 7.b.
- ACS eléctrica. Se supone que el ACS se prepara mediante un termo eléctrico, dotado de acumulador. Con objeto de promediar que se cargará principalmente durante el tramo valle, pero que puede tener otros momentos de carga según el uso, se ha asumido la tarifa correspondiente al tramo llano (ecuación 7.c).
- Consumo eléctrico para otros fines diferentes a la calefacción y el ACS. Dado que no se ha implementado un modelo detallado de gasto eléctrico se ha aplicado la tarifa correspondiente al período llano (ecuación 7.c).

$$tarifa_{fijo} = \frac{fijo_{punta} * Potencia_{punta} + fijo_{valle} * Potencia_{valle}}{Potencia_{punta}} \quad (6)$$

$$tarifa_{variable} = tarifa_{punta} * peso_{punta} + tarifa_{valle} * peso_{valle} + tarifa_{llano} * peso_{llano} \quad (7.a)$$

$$tarifa_{variable} = tarifa_{valle} \quad (7.b)$$

$$tarifa_{variable} = tarifa_{llano} \quad (7.c)$$



Tabla 11a. Tarifas consideradas (antes de impuestos en el caso de gas natural)

Suministro energético	Término fijo [€/mes]	Término variable [€/kWh]
Gas natural (< 5 MWh/año)	4,26	0,04769
Gas natural (> 5 MWh/año y < 50 MWh/año)	8,268	0,04063
Gas natural (> 100 MWh/año)	0*	0,0357
GLP (Península y Baleares)	0	0,08131
GLP (Ceuta)	0	0,08145
GLP (Melilla)	0	0,08292
GLP (Canarias)	0	0,08151
Gasóleo (Península y Baleares)	0	0,0559
Gasóleo (Ceuta)	0	0,04666
Gasóleo (Melilla)	0	0,04666
Gasóleo (Canarias)	0	0,0462
Biomasa	0	0,0466
Carbón	0	0,0308

(\*) Se asume nulo al ser la tarifa para comunidades de vecinos, con un coste de unos 80 €/mes para unas 140 viviendas.

Tabla 11b. Tarifas eléctricas consideradas (antes de impuestos)<sup>7</sup>

Tramo de consumo	Término fijo [€/kW-mes]	Término variable [€/kWh]
Punta	2,81547	0,241429
Valle	0,1186966	0,103583
Llano		0,145333

Tabla 11c. Pesos considerados en las tarifas eléctricas (ecuación 7.a) (Elaboración propia a partir de (Barrella et al., 2020)<sup>8</sup>)

Zona de invierno	Peso_punta	Peso_valle	Peso_llano
A	0,13	0,73	0,14
B	0,14	0,71	0,15
C	0,15	0,67	0,17
D	0,16	0,65	0,19
E	0,17	0,63	0,2

<sup>7</sup> <https://comparador.cnmc.gob.es/facturaluz/inicio/>

<sup>8</sup> Barrella, R., Priego, I., Linares, J.I., Arenas, E., Romero, J.C., Centeno, E., 2020. Feasibility study of a centralised electrically driven air source heat pump water heater to face energy poverty in block dwellings in Madrid (Spain). *Energies* 13. <https://doi.org/10.3390/en13112723>

### 3. ESCENARIOS PARA VALIDACIÓN DE LA MIGRACIÓN

Se ha validado la migración a través de 386 casos, comparando los resultados de la herramienta en su formato original con la migrada en versión web. Se han probado las 6 zonas climáticas de invierno cuando ha sido posible (en Canarias no hay red de gas natural), viviendas en bloque y unifamiliares (en ambos casos con 100 m<sup>2</sup><sup>(9)</sup> y 3 personas, hogar de referencia del gasto térmico requerido mencionado en la *Estrategia nacional contra la Pobreza Energética* (ENPE) y los tres tipos de aislamiento (certificación energética) globales. La codificación para describir las diferentes tecnologías (instalación y suministro) se da en la Tabla 12, construyéndose de la siguiente forma:

Instalación	Suministro	.	Instalación	Suministro
	calefacción			ACS

Así, por ejemplo, “IGL.IE” significaría una instalación de calefacción Individual con GLP y una de ACS Individual con termo Eléctrico. Las distintas combinaciones analizadas aparecen recogidas en la Tabla 13. En cada una de las combinaciones se ha analizado la demanda, el consumo y el gasto, mostrando las Figuras 1 a 13 los resultados.

Tabla 12. Codificación establecida en los casos verificados

Instalación	Servicio	Suministro
Individual o Central	Calefacción y ACS	Gas Natural
		GLP
		Gasóleo
		BioMasa
	Sólo calefacción	Electricidad (Acumuladores)
		Electricidad (Radiadores)
		Bomba de Calor
	Sólo ACS	Electricidad

<sup>9</sup> Se ha tomado la misma superficie de vivienda para unifamiliar y bloque con objeto de poder comparar ambos casos.

Tabla 13. Codificación establecida en los casos verificados

Zona climática invierno	Aislamiento	Vivienda en bloque	Vivienda unifamiliar	Casos
A ÷ E	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IGN.IGN	IGN.IGN	30
A ÷ E	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	CGN.CGN		15
$\alpha \div E$	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	CGO.CGO	IGO.IGO	36
$\alpha \div E$	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IGL.IGL	IGL.IGL	36
$\alpha \div E$	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IGL.IE	IGL.IGE	36
$\alpha \div E$	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IEA.IGL	IEA.IGL	36
$\alpha \div E$	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IER.IE	IER.IE	36
$\alpha \div E$	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IEA.IE		18
$\alpha \div E$	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007	CBM.CBM	IBM.IBM	36

	(Normal), posterior a 2007 (CTE)			
A ÷ E	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IBC.IGN	IBC.IGN	30
$\alpha \div E$	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IBC.IE	IBC.IE	36
$\alpha \div E$	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IBC.IGL	IBC.IGL	36
A ÷ E	Anterior a 1980 (Deficiente), entre 1981 y 2007 (Normal), posterior a 2007 (CTE)	IBC.CGN		15



Fig 1. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con gas natural individual.

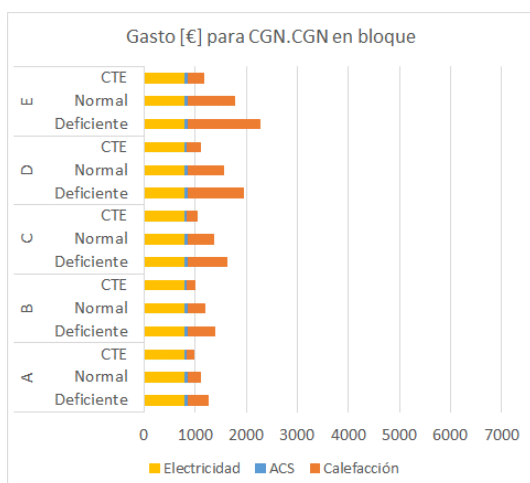
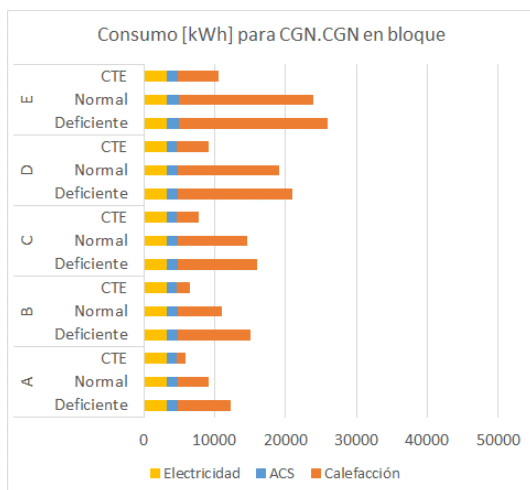
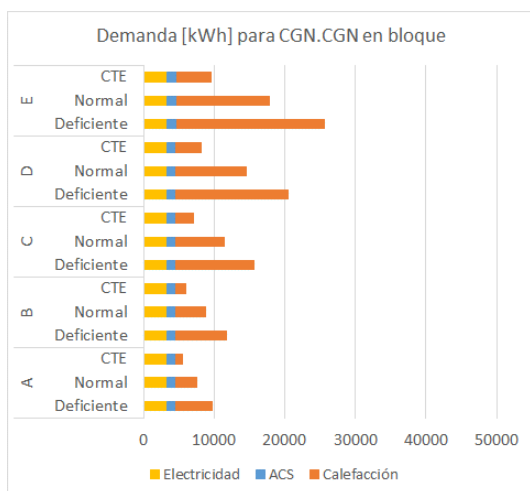


Fig 2. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con gas natural centralizado.

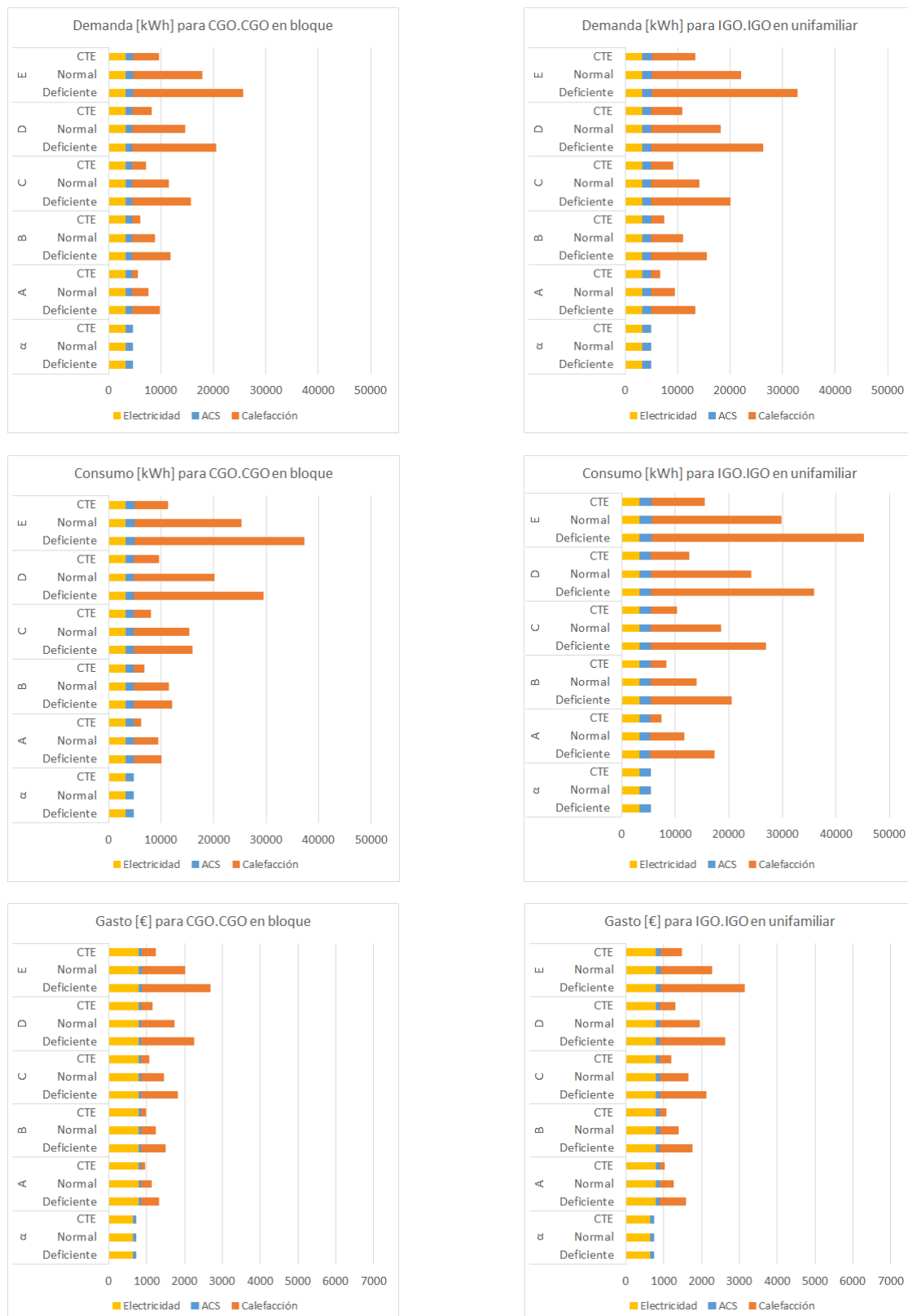


Fig 3. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con gasóleo.



Fig 4. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con GLP individual.





Fig 5. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con GLP individual en calefacción y termo eléctrico en ACS.



Fig 6. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con acumuladores eléctricos individuales en calefacción y GLP individual en ACS.

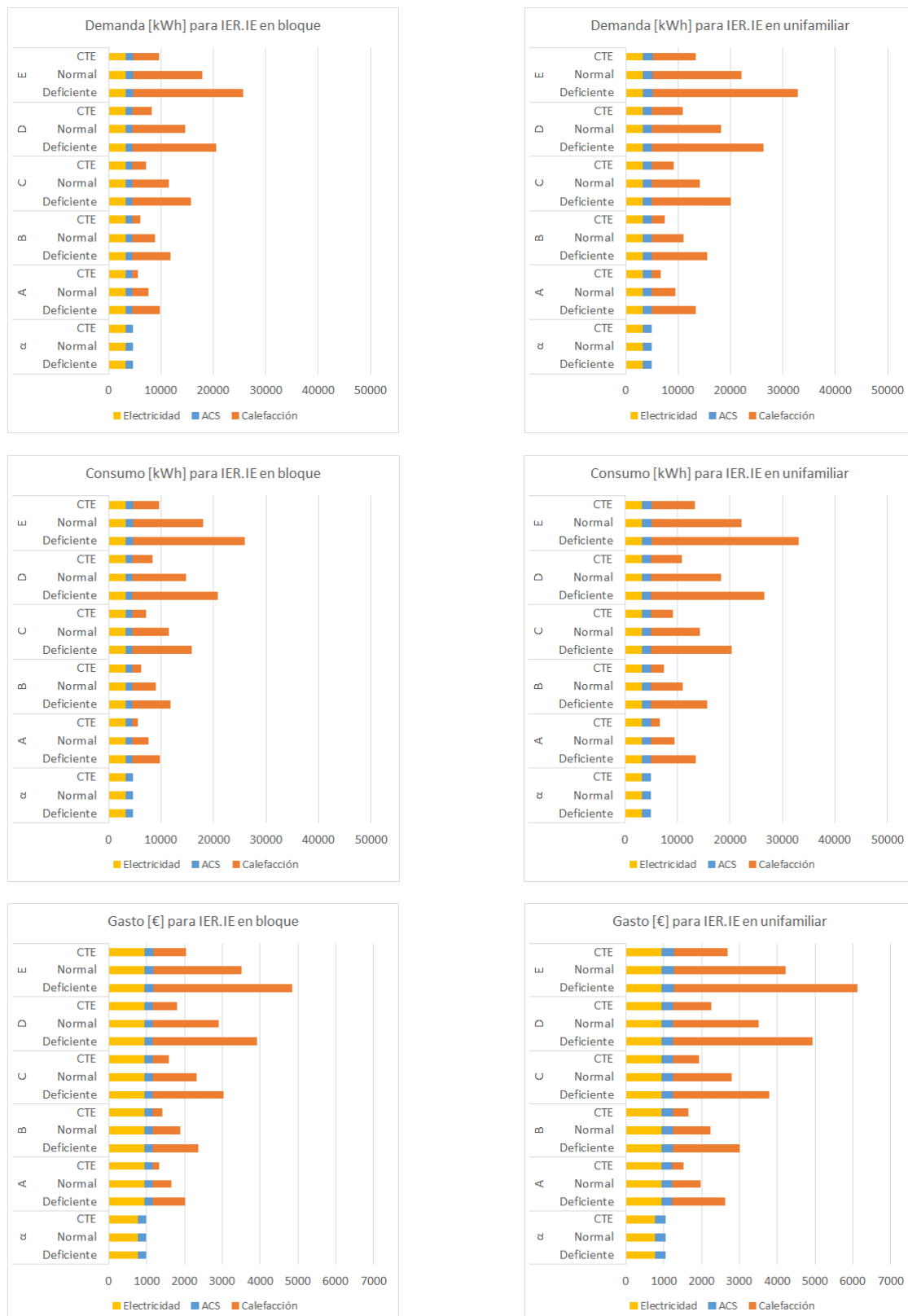


Fig 7. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con radiadores eléctricos individuales en calefacción y termo eléctrico en ACS.



Fig 8. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con biomasa.

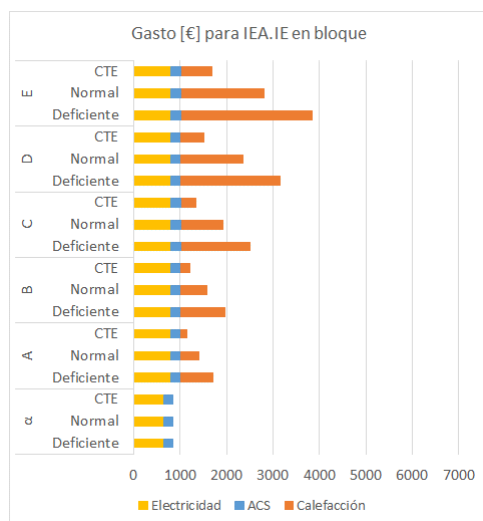
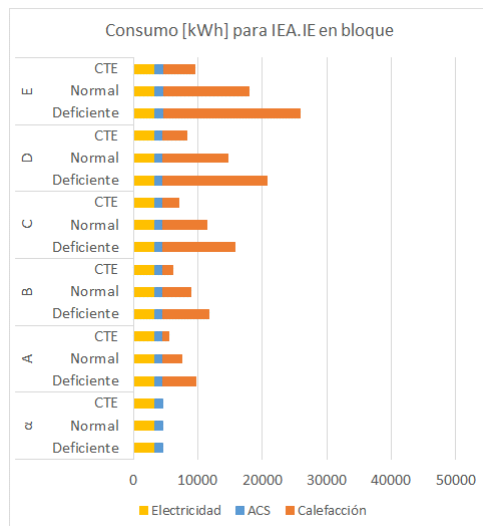
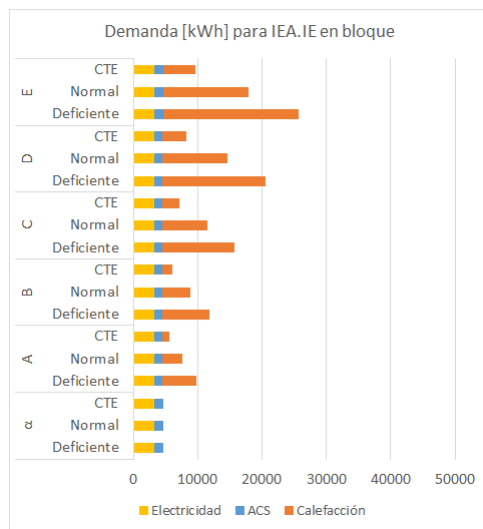


Fig 9. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con acumuladores eléctricos individuales en calefacción y termo eléctrico en ACS.

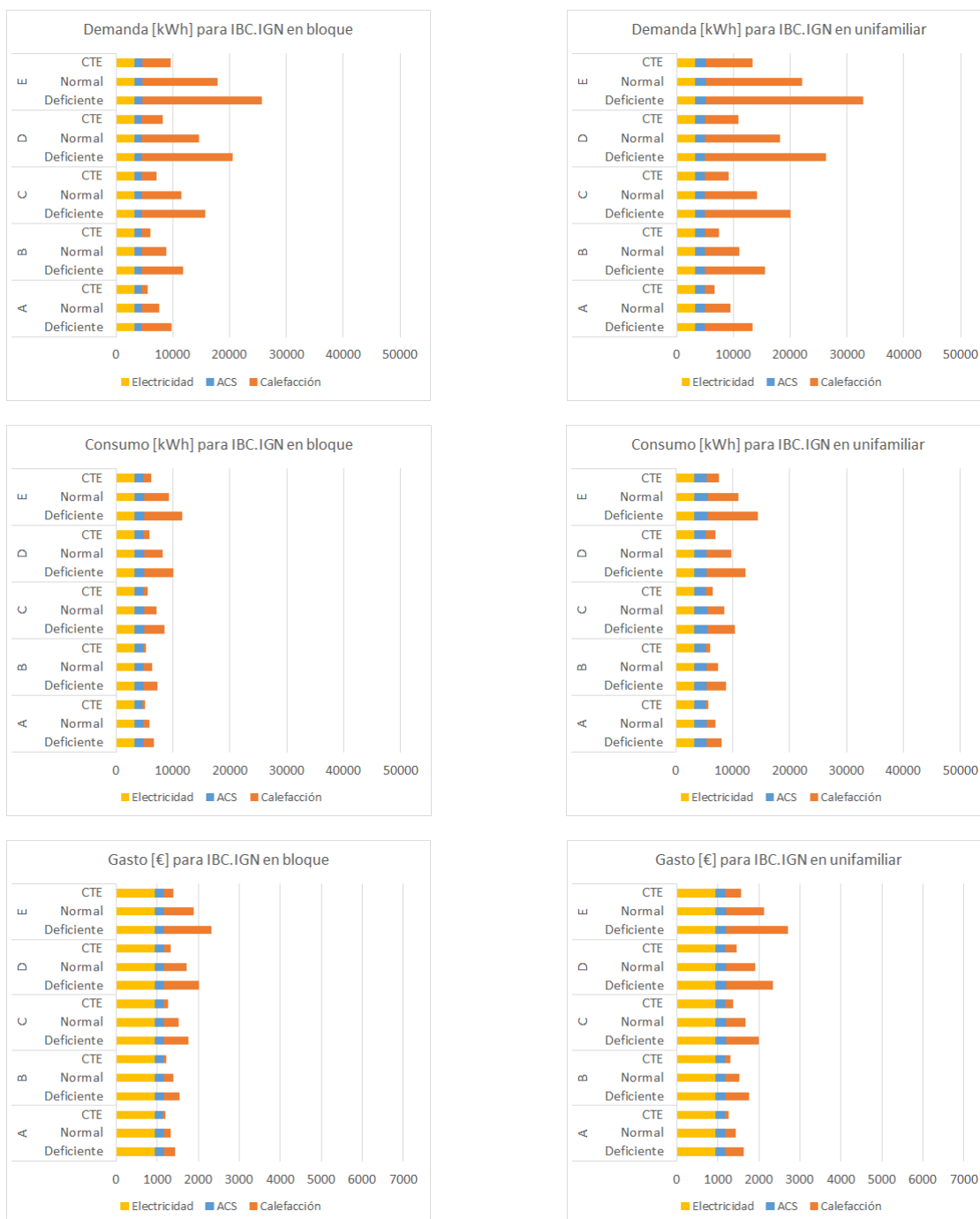


Fig 10. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con bomba de calor en calefacción y gas natural individual en ACS.

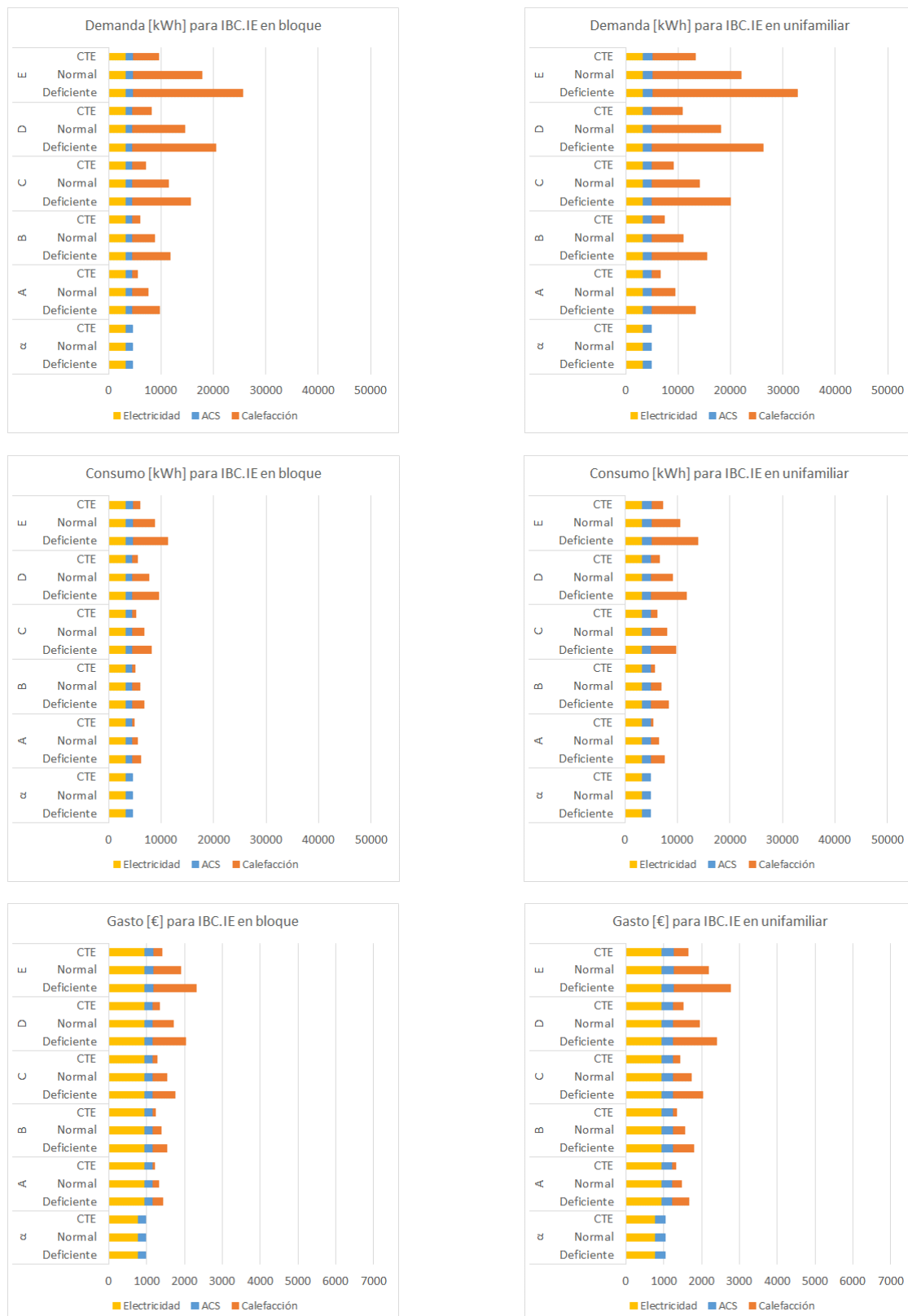


Fig 11. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con bomba de calor en calefacción y termo eléctrico en ACS.



Fig 12. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con bomba de calor en calefacción y GLP individual en ACS.



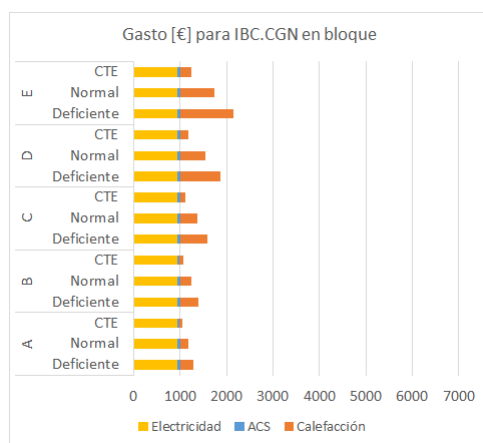
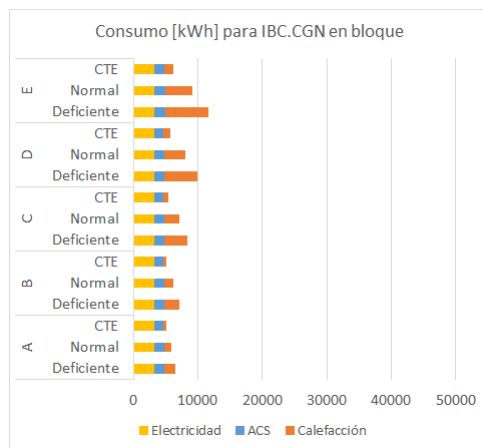
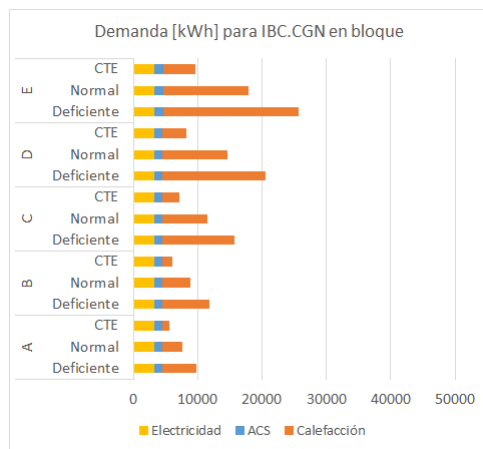


Fig 13. Demanda, consumo y gasto en instalaciones con bomba de calor en calefacción y gas natural central en ACS.

Con objeto de sacar unas conclusiones generales de las gráficas anteriores, se han seleccionado los casos correspondientes a edificios anteriores a 1980 (aislamiento deficiente), y por tanto con certificación energética peor (entre F y G), y como valores extremos la zona climática A<sup>10</sup> y la E. Así, la Figura 14 recoge el gasto térmico teórico en estas hipótesis para las viviendas en bloque. De la misma se puede concluir que:

- Hay poca diferencia en el gasto obtenido con los diferentes suministros cuando la severidad climática es poco severa.
- En zonas de gran severidad climática se distinguen dos grupos de tecnologías. De una parte, las bombas de calor (independientemente de la tecnología de preparación del ACS) y el gas natural central, que presentan los menores costes, seguidas a poca distancia del gasóleo y el gas natural individual. Por otra parte, el GLP, las tecnologías de calefacción por efecto Joule y la biomasa, se perfilan como las opciones de mayor coste energético.
- En cuanto a la biomasa, es preciso tener presente (Tabla 9) que se está poniendo el foco en las viviendas antiguas (anteriores a 1980), llevando éstas aparejadas una baja eficiencia en las instalaciones (35% de rendimiento estacional). Si se renovase la caldera de biomasa, aún con el mismo aislamiento, el rendimiento pasaría a ser del 70%, con lo que el gasto pasaría a estar dentro del grupo de bajo coste, con un valor total de 2.160 € en la zona E (un 4% menor que la media de gastos con bomba de calor).

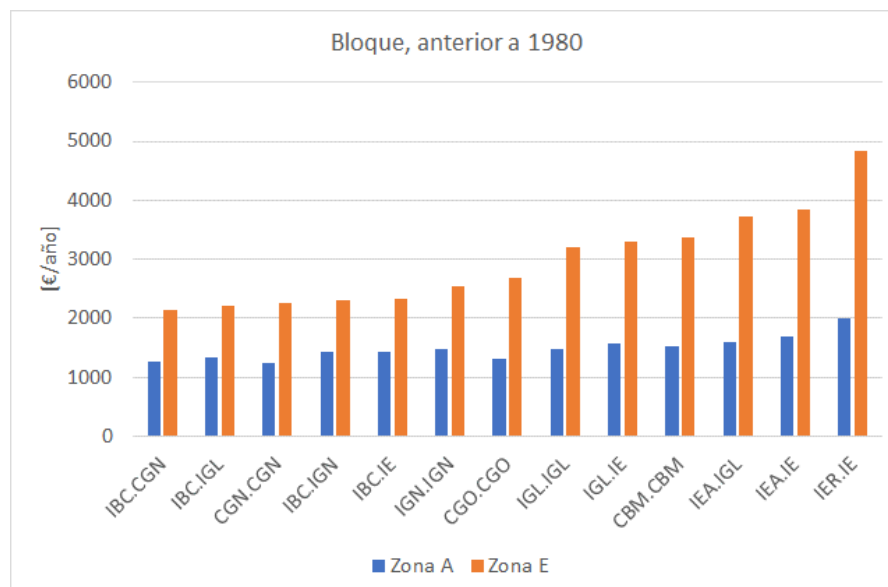


Fig. 14. Gasto térmico teórico en distintas configuraciones en vivienda en bloque (100 m<sup>2</sup> y 3 personas) en zonas climáticas extremas (A y E) en viviendas anteriores a 1980 (aislamiento deficiente). La instalación de biomasa (CBM.CBM) se considera antigua.

<sup>10</sup> La zona climática  $\alpha$  ha sido descartada en esta comparativa porque carece de demanda en invierno y además no dispone de suministro de gas natural.

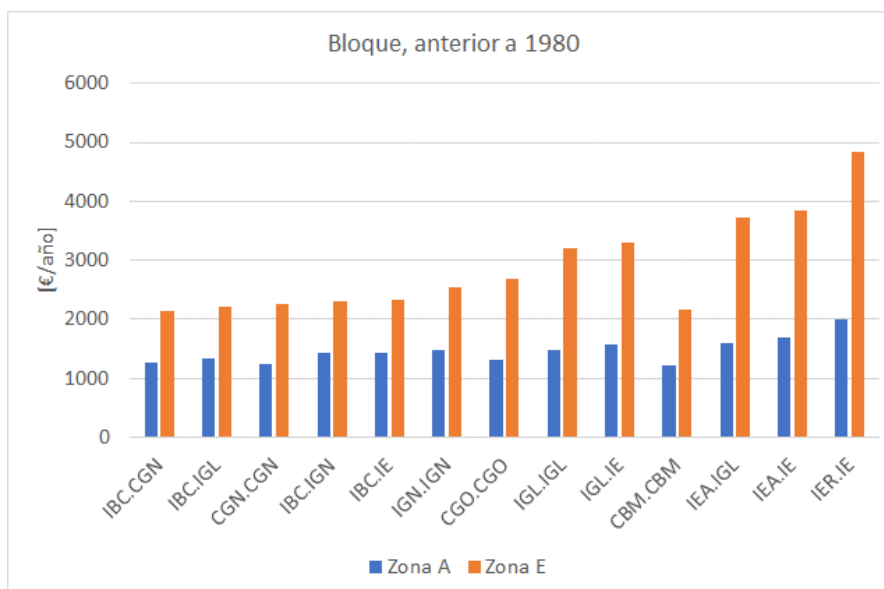


Fig. 15. Gasto térmico teórico en distintas configuraciones en vivienda en bloque (100 m<sup>2</sup> y 3 personas) en zonas climáticas extremas (A y E) en viviendas anteriores a 1980 (aislamiento deficiente). La instalación de biomasa (CBM.CBM) se considera renovada.

Por lo que respecta a las viviendas unifamiliares, la tendencia es similar:

- Hay poca diferencia en el gasto obtenido con los diferentes suministros cuando la severidad climática es poco severa.
- En zonas de gran severidad climática se distinguen dos grupos de tecnologías. De una parte, las bombas de calor (independientemente de la tecnología de preparación del ACS), que presentan los menores costes, seguidas a poca distancia del gasóleo y el gas natural. Por otra parte, el GLP, las tecnologías de calefacción por efecto Joule y la biomasa, se perfilan como las opciones de mayor coste energético.
- En cuanto a la biomasa, vuelve a pasar como en el apartado anterior: se está poniendo el foco en las viviendas antiguas (anteriores a 1980) que llevan aparejadas una baja eficiencia en las instalaciones (35% de rendimiento estacional). Si se renovase la caldera de biomasa, aún con el mismo aislamiento, el rendimiento pasaría a ser del 70%, con lo que el gasto pasaría a estar dentro del grupo de las bombas de calor, con un valor total de 2.866 € en la zona E (un 6% más que la media de gastos con bomba de calor).

Las Figuras 16 y 17 recogen estos resultados.

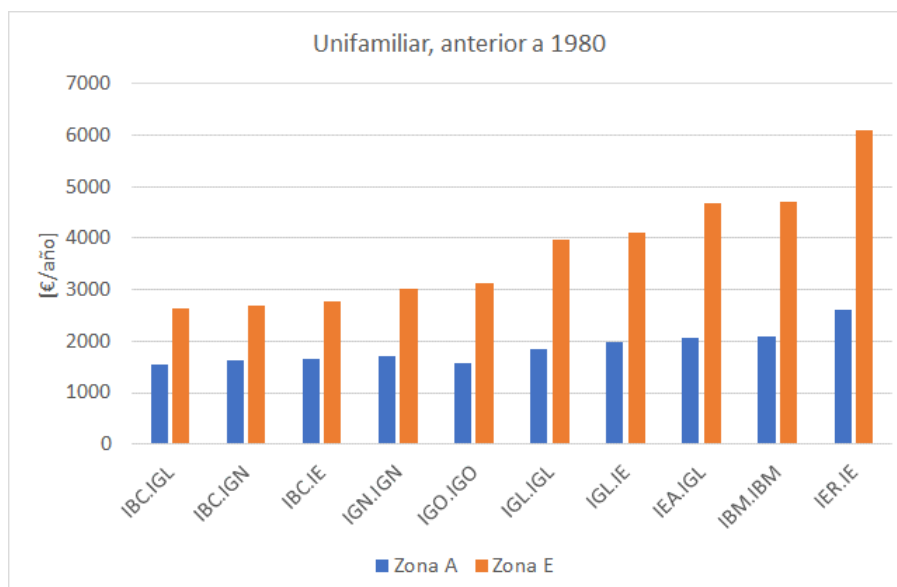


Fig. 16. Gasto térmico teórico en distintas configuraciones en vivienda unifamiliar (100 m<sup>2</sup> y 3 personas) en zonas climáticas extremas (A y E) en viviendas anteriores a 1980 (aislamiento deficiente). La instalación de biomasa (IBM.IBM) se considera antigua.

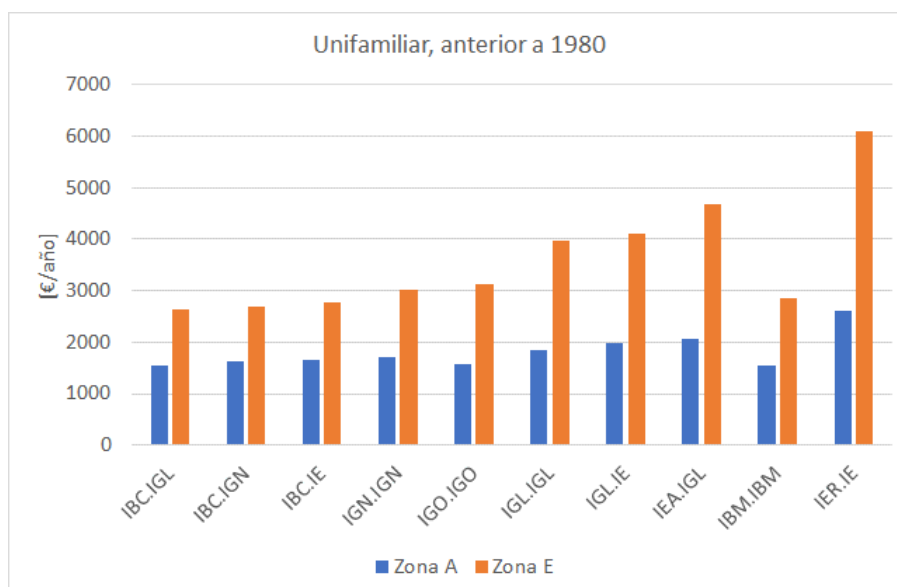


Fig. 17. Gasto térmico teórico en distintas configuraciones en vivienda unifamiliar (100 m<sup>2</sup> y 3 personas) en zonas climáticas extremas (A y E) en viviendas anteriores a 1980 (aislamiento deficiente). La instalación de biomasa (IBM.IBM) se considera renovada.

## 4. Limitaciones al modelo

El marco de referencia para el modelo desarrollado es la pobreza energética. Eso significa que a la hora de determinar las instalaciones térmicas y los rendimientos estacionales se han introducido restricciones acordes con dicho marco. En este sentido, la herramienta se considera válida para evaluar el gasto energético teórico de un hogar, pero hay que tener cuidado si se emplea para evaluar la reducción de dicho gasto si se introducen mejoras. Por ejemplo, una rehabilitación energética de la envolvente que mejore la calificación energética sí es reproducible, pues es un parámetro introducido en el modelo, pero una mejora en instalaciones (reemplazar radiadores a gas por suelo radiante, por ejemplo), no puede evaluarse.

Las instalaciones elegidas responden a lo que se considera habitual en viviendas vulnerables, con objeto de obtener el gasto teórico en que debería incurrirse para, con los medios actuales, mantener las condiciones de confort establecidas por la Normativa. En este sentido, las eficiencias de las bombas de calor son las medias de equipos convencionales, no de última tecnología ni centralizados ni con instalaciones terminales sofisticadas. Ya se ha visto también que la eficiencia de la biomasa se ha hecho depender de la antigüedad de la vivienda, lo que obliga a actualizar la calificación energética para que la herramienta considere una actualización de caldera. En definitiva, la herramienta está pensada para facilitar el uso de la evaluación de una situación actual, no para evaluar el efecto de ciertas mejoras.

El modelado térmico excluye la demanda de climatización en verano. En cuanto a la demanda de los consumos eléctricos no asociados con la calefacción ni la preparación del ACS, no se ha modelado, sino que se ha asumido un valor medio de 3.363 kWh/año. Ambas limitaciones serán resueltas en futuros proyectos.





Santa Cruz de Marcenado, 26  
28015 Madrid  
Tel +34 91 542 28 00  
Fax + 34 91 542 31 76  
[secretaria.tecnica@iit.comillas.edu](mailto:secretaria.tecnica@iit.comillas.edu)  
[www.iit.comillas.edu](http://www.iit.comillas.edu)