

### **3.1.2 Caracterización del comportamiento energético en una muestra de hogares españoles.**

---

OCTUBRE 2019

#### **MATERIA 3: UTILIZACIÓN SOSTENIBLE DE RECURSOS NATURALES**

**Utilización sostenible de recursos naturales como palanca para el cumplimiento del ODS 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles.**

**3.1 Análisis de las políticas palanca para el uso eficiente de la energía en hogares.**

# tiempo de actuar

## **Autores**

Elaborado por Eva Arenas Pinilla, Roberto Barrella, José Ignacio Linares Hurtado y José Carlos Romero Mora de la **Cátedra de Energía y Pobreza de la Universidad Pontificia de Comillas** con la coordinación y apoyo técnico de Cecilia Foronda Diez, Carlos Pesque Castillo y Leire Díez Alzueta de **ECODES-Fundación Ecología y Desarrollo**

## **Titularidad y responsabilidad**

El derecho de autor corresponde a los miembros del equipo investigador y redactor, 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 ECODES- Fundación Ecología y Desarrollo y a la Universidad Pontificia Comillas

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 Fundación o la Universidad.

**Edita:** ECODES-Fundación Ecología y Desarrollo.

**Fecha:** Octubre de 2019

# ÍNDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>I</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>2. MODELO DE PREDICCIÓN DE LA DEMANDA Y GASTO TÉRMICOS</b> .....	<b>8</b>
2.1 GASTO TÉRMICO TEÓRICO Y REQUERIDO .....	8
2.2 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA .....	8
2.3 DETERMINACIÓN DEL CONSUMO .....	18
2.4 DETERMINACIÓN DEL GASTO .....	18
2.5 CÁLCULOS A REALIZAR.....	19
2.6 RESULTADOS .....	21
2.7 CONCLUSIONES .....	34
<b>3. ESTUDIO DEL GASTO ELÉCTRICO Y MODELO DE PREDICCIÓN</b> .....	<b>35</b>
3.1 ANÁLISIS CON LOS VALORES SIN PROMEDIAR.....	36
3.2 ANÁLISIS CON VALORES MEDIOS .....	39
3.3 CONCLUSIONES .....	45
<b>4. CARACTERIZACIÓN DE POBREZA ENERGÉTICA DE LAS FAMILIAS ATENDIDAS POR «NI UN HOGAR SIN ENERGÍA»</b> .....	<b>47</b>
4.1 PROPUESTA DEL EPOV .....	47
4.2 ESTRATEGIA NACIONAL CONTRA LA POBREZA ENERGÉTICA .....	51
4.3 APLICACIÓN A LA MUESTRA.....	52
4.4 RESULTADOS .....	52
4.5 CONCLUSIONES .....	58
<b>5. CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	<b>60</b>
5.1 RECOMENDACIONES PARA MEJORAR LA TOMA DE DATOS.....	60
5.2 INVESTIGACIÓN FUTURA.....	61
<b>6. DIFUSIÓN DEL INFORME</b> .....	<b>62</b>
<b>7. NOMENCLATURA</b> .....	<b>63</b>
<b>8. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>63</b>



*El uso eficiente de la energía en los hogares es esencial para hacer frente al cambio climático y a la pobreza energética en España. La caracterización energética de las familias y el desarrollo de modelos de predicción del gasto energético en sus viviendas periten orientar la elaboración de estrategias y políticas de acción*

# Resumen Ejecutivo

El programa «Ni un hogar sin energía», desarrollado por ECODES, ha permitido obtener una amplia base de datos de una muestra de hogares españoles con información sobre las características y usos de la energía. La Cátedra de Energía y Pobreza de la Universidad Pontificia Comillas, ha aprovechado esos datos para obtener y evaluar un modelo de demanda y gasto energéticos, en su doble vertiente térmica y eléctrica, así como para caracterizar la muestra utilizando los indicadores propios de pobreza energética.

En lo que respecta al modelo de gasto térmico, se ha obtenido el gasto térmico teórico anual (GTT) para mantener condiciones de confort en la vivienda (incluye el gasto para cubrir la demanda térmica en invierno y de agua caliente sanitaria (ACS) anual). Dicho gasto térmico se ha obtenido para 20 configuraciones diferentes de instalación (individual/central) y suministro (gas natural, GLP, gasóleo y electricidad), identificando el mínimo gasto para cada una de las 3500 viviendas analizadas. El gas natural centralizado permite con mayor frecuencia alcanzar el gasto térmico teórico mínimo en todas las zonas climáticas, siendo la siguiente opción el gas natural individual en zonas con inviernos medios (C) a severos (E) o el gasóleo individual en las zonas de inviernos más suaves (A y B). En la zona A, con baja demanda de calefacción, también destaca la calefacción mediante acumuladores y el GLP individual para el ACS.

## **La dependencia del gasto térmico teórico con la superficie de la vivienda es lineal.**

La dependencia del mínimo GTT con la superficie de la vivienda es lineal, influyendo el nivel de aislamiento de forma muy acusada en las zonas climáticas B a E, siendo menor en la zona A, con predominio de la demanda térmica para la preparación de ACS, e inexistente en la zona  $\alpha$  por no presentar demanda de calefacción. La Tabla 1 resume esta dependencia. En cuanto al número de ocupantes, sólo tiene una influencia significativa en las zonas con inviernos muy suaves ( $\beta$  y A), debido al predominio de la preparación del ACS sobre la demanda de calefacción.

Tabla 1: GTT mínimo específico según el aislamiento y la zona climática.

ZCI	GTT mínimo [€/m <sup>2</sup> -año]		
	Aislamiento		
	Deficiente	Normal	CTE
E	25,26	22,52	15,12
D	19,17	17,54	11,92

<b>C</b>	14,40	13,06	8,55
<b>B</b>	11,08	9,00	5,97
<b>A</b>	4,44	7,37	4,44

Además del GTT, calculado para las especificidades de cada vivienda de la muestra, se ha calculado también el gasto térmico requerido (GR) tal como lo define la Estrategia Nacional de Lucha contra la Pobreza Energética (EN). Dicha definición tan solo toma de la vivienda real su ubicación, estableciendo un caso base para el resto de características: 100 m<sup>2</sup> de superficie, 3 ocupantes, aislamiento térmico deficiente, vivienda en bloque e instalación individual de gas natural (GLP en Canarias) tanto para la calefacción como para el ACS. Este gasto se ha complementado con otro referido a la superficie real de la vivienda y al número de ocupantes (GRPS). Ambos gastos de referencia han sido empleados en la tercera parte del informe sobre caracterización de la pobreza energética en la muestra.

Respecto al gasto eléctrico, los datos facilitados en la muestra han permitido obtener correlaciones con las que poder realizar una estimación del gasto en un hogar en función de parámetros de composición del hogar y superficie de la vivienda. Como ejemplo de las correlaciones obtenidas, la que mejor ajuste presenta es la que relaciona el gasto con el número de adultos en la vivienda (ecuación 1, donde “y” es el gasto y “x” el número de adultos), siendo además éste el parámetro que más influye en el gasto.

$$y = 8,6368x + 41,859 \quad R^2 = 0,998 \quad (1)$$

**El gasto eléctrico de las familias de la muestra depende fuertemente del número de adultos.**

Utilizando, entre otras, esa correlación, se ha realizado un caso ejemplo calculando el gasto medio mensual eléctrico de un hogar tipo (2 adultos y 1 niño, 100 m<sup>2</sup>) y comparándolo con el caso ejemplo de la EN (3 personas, 100 m<sup>2</sup>).

*Tabla 2: Caso ejemplo del cálculo del gasto medio mensual para un hogar tipo, comparado con la referencia de la EN.*

	<b>Gasto medio mensual (€/mes)</b>
<b>2 adultos y 1 niño</b>	64,1 €
<b>100 m<sup>2</sup></b>	59,6 €
<b>EN</b>	64,6 €

El gasto calculado utilizando la correlación en función de la composición del hogar reproduce con gran precisión el resultado de la EN; el calculado con la correlación en función de la superficie de la vivienda alcanza un resultado algo menor, pero no se aleja mucho. Este resultado prueba la validez del modelo de gasto eléctrico propuesto en este informe. Por otro lado, se han analizado algunos aspectos del gasto de electricidad asociado a la presencia de aire acondicionado y lavavajillas en el hogar, mostrándose que cuando están, tanto el gasto como la potencia contratada aumentan.

En relación a la caracterización de la pobreza energética en los hogares estudiados, la Tabla 3 recoge un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 3: Resumen de los indicadores calculados en la muestra.

Periodo	Retraso en pagos	Temperatura inadecuada	2M	M/2	M/2 GR	M/2 GRPS
2015-17	***	40,46%	9,6%	11,76%	48,20%	55,41%
2017-19	73,23%		13,64%	6,44%	***	***

Destaca el salto tan significativo que existe entre los dos primeros indicadores y los demás indicadores basados en ingreso-gasto clásicos. Esto se debe a que los primeros dos indicadores son absolutos, es decir, el hecho de estar o no en pobreza energética no está vinculado a que el hogar se sitúe por encima o por debajo de cierto umbral relativo al conjunto de la muestra.

Esta constatación pone de manifiesto que, en términos absolutos, el colectivo presenta un nivel de vulnerabilidad muy elevado. Lo hace además tanto si se pone el foco en la variable de retrasos en pagos como si se pone en la incapacidad para mantener una temperatura adecuada en el hogar. Este segundo valor además es el único que se ha podido recoger para el conjunto de la muestra (unos 3500 hogares después de aplicar los filtros), y representa a nuestro juicio el valor que de forma más fidedigna representa la situación de pobreza energética absoluta del colectivo. Resulta además especialmente significativo comparar este valor con el equivalente que aporta la EN en 2017. Solo un 8% de los hogares españoles declaraban problemas para mantener su hogar en una temperatura de confort, en contraste con más del 40% de los hogares en la presente encuesta. Solo este dato ya refleja con claridad la especial vulnerabilidad de la muestra.

Especialmente interesante resulta además el comportamiento del indicador de gasto insuficiente cuando se calcula sobre un umbral basado en el gasto térmico requerido en lugar del gasto mediano. Se observa en este caso un incremento muy significativo del mismo (48,20% o 55,41% frente a 11,76%). Este hecho puede tener dos lecturas distintas: o bien que el colectivo adolece de un problema de pobreza energética oculta (entendido como gasto insuficiente) muy superior al detectado por el indicador clásico, o bien que se están sobreestimando las necesidades teóricas o requeridas del hogar.

***El 40% de los hogares objeto de la muestra declaran problemas para mantener su vivienda a una temperatura de confort, frente al 8% del total de los hogares españoles. Esto evidencia que el colectivo presenta un nivel de vulnerabilidad energético muy elevado.***





# 1. Introducción

ECODES impulsa el proyecto «Ni un hogar sin energía» para la lucha contra la pobreza energética y mejora de la eficiencia energética de los hogares españoles. Desde 2013 ha ayudado a casi 6.000 familias en 50 provincias españolas a reducir sus facturas de energía y mejorar el confort de sus viviendas mediante un diagnóstico energético y la entrega de recomendaciones de hábitos de consumo eficiente, optimizaciones de contrato de energía e implementación de medidas de eficiencia energética. El diagnóstico energético se ha realizado recopilando datos socioeconómicos de las familias, la situación y equipamiento de la vivienda, sus hábitos y los datos de contratación eléctrica.

El objetivo del presente estudio de investigación es utilizar de los datos recabados bajo el proyecto «Ni un hogar sin energía» entre 2015 y mitad de 2019 para caracterizar la situación y el comportamiento energético de esa muestra de hogares españoles.

Los objetivos específicos son:

- **Elaboración de un modelo de predicción de la demanda y el gasto energéticos (desglosados en sus dos vertientes eléctrica y térmica) de los hogares españoles.**

El estudio de la demanda energética se ha dividido en dos partes bien diferenciadas: demanda térmica y demanda eléctrica. La demanda térmica engloba todos los consumos de energía destinados a mantener la vivienda en condiciones adecuadas de habitabilidad, tanto en invierno (demanda de calefacción) como en verano (demanda de refrigeración), si bien el proyecto se ha centrado en la demanda térmica en invierno. Se incluye también en este apartado la energía necesaria para la preparación del agua caliente sanitaria. La demanda de electricidad representa el consumo de electricidad destinado a usos no térmicos, como iluminación, electrodomésticos, cocina, ...

- **Caracterización de la pobreza energética de la muestra de familias atendidas siguiendo las metodologías propuestas a nivel nacional y europeo.**
- **Difundir los resultados del presente estudio de investigación** para que puedan ser utilizados por todos los actores que están trabajando la acción frente al cambio climático y la Pobreza Energética para contribuir a la Utilización sostenible de recursos naturales como palanca para el cumplimiento del ODS 11, Ciudades y Comunidades Sostenibles y el ODS 7, Energía limpia y asequibles para todas las personas

La recopilación de datos de familias atendidas en el marco del programa «Ni un hogar sin energía» se ha desarrollado en dos etapas. De la primera etapa (2015-17), los datos facilitados suponen 2029 registros, correspondientes a otros tantos hogares. Esos datos son la respuesta particularizada en cada hogar a las preguntas de las que consta el cuestionario del programa en esa primera etapa. Las preguntas se resumen en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Preguntas del cuestionario en la etapa 2015-17.

Fecha realización	¿Qué ingresos mensuales hay en el hogar? (en total)
Municipio	¿Cuál es el importe medio mensual de tus facturas de electricidad?
Provincia	¿Cuál es el importe medio mensual de la suma de todos tus suministros de energía? (electricidad, gas, butano, gasoil,...)
¿Qué edad tienes?	¿Qué potencia tienes contratada? (kW)
Género	¿Tienes bono social?
¿Cuántas adultos viven en tu hogar?	¿Qué sistema tienes para calentar tu casa?
¿Cuántos menores viven en tu hogar?	¿Puedes mantener tu vivienda a la temperatura ideal en invierno?
Total personas en el hogar	¿Qué sistema de agua caliente tienes en casa?
¿Qué tipo de vivienda tienes?	¿Qué tipo de cocina posees?
¿Cuándo se construyó?	¿Tienes lavavajillas en casa?
¿Tienes humedades en casa?	¿Tienes aire acondicionado?
¿Te entra aire del exterior a través de puertas y ventanas?	¿Cuál es el tipo de iluminación que mayoritariamente usas en tu vivienda?
¿Cuántos miembros de tu hogar se encuentran en situación de desempleo?	

De la segunda etapa del programa (desde 2017 hasta 2019, sigue en la actualidad), se han obtenido 2060 registros, que corresponden a preguntas distintas, por lo que la información de la que se dispone no es exactamente la misma en las dos etapas del programa. Las preguntas formuladas en esta etapa 2017-19 se resumen en la Tabla 1.2

Tabla 1.2: Preguntas del cuestionario en la etapa 2017-19

Fecha	Temperatura ideal invierno
Provincia	Temperatura ideal verano
Población	Confort ventanas
CP	Calentar vivienda
Adultos	Agua caliente
Menores (0 a 3)	Cocina
Menores (4 a 8)	Horno
Menores (9 a 12)	Frigo escarcha
Menores (13 a 17)	Frigo cierra
Ingresos familiares	Otros equipos
Familia numerosa	Iluminación
Pensión mínima	Contrato mercado
Situación especial	Contrato tarifa
Tamaño vivienda	Contrato potencia
Vivienda planta	Contrato bono
Vivienda propiedad	Contrato mantenimiento
Tiene humedades	Es titular
Entra aire	Al corriente de pago
Consumo medio	

El informe se ha organizado de la siguiente forma: en el capítulo 2 se describe el modelo que se ha desarrollado para estimar el gasto térmico, aplicándolo después a la muestra de hogares disponible; en el capítulo 3, se analizan los datos disponibles para tratar de obtener un modelo que pueda representar el gasto eléctrico; el análisis de indicadores aplicado a la muestra de hogares se realiza en el capítulo 4, utilizando los indicadores propuestos en la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética. En cada capítulo se presentan las conclusiones obtenidas en cada caso y en el capítulo 5 se resumen las conclusiones más notables.

## 2. Modelo de predicción de la demanda y gasto térmicos

### 2.1 Gasto térmico teórico y requerido

Conocida la localidad donde se sitúa una vivienda, superficie, tipología, aislamiento, número de ocupantes, tipo de instalaciones térmicas y tipo de suministro energético es posible determinar el *gasto térmico teórico* (GTT) para mantener en ella unas condiciones de confort (21°C en invierno). A partir de este concepto del gasto térmico teórico, la [Estrategia Nacional Contra la Pobreza Energética 2019-2024 \(EN\)](#) [1] define el *gasto térmico requerido* (GR) para mantener el confort en invierno (calefacción y ACS) en un *hogar de referencia*, caracterizado por:

- Tipología de la vivienda: bloque
- Superficie de la vivienda: 100 m<sup>2</sup>
- Número de personas en la vivienda: 3
- Aislamiento térmico de la vivienda: deficiente, correspondiente con una calificación energética intermedia entre F y G, expresada mediante  $C_2 = 1,5$  (ver ecuación 2)
- Tipo de instalación: caldera individual antigua
- Suministro energético: gas natural en Península, Baleares, Ceuta y Melilla; GLP en Canarias

Por tanto, el GR es una referencia, pero no representa el GTT de un hogar que no cumpla las hipótesis anteriores. En las siguientes secciones se va a describir el modelo empleado para determinar el GTT de cualquier hogar, que coincidirá con el GR en el sentido de la EN si del hogar real se toma la localidad y se imponen las hipótesis anteriores.

### 2.2 Determinación de la demanda

#### 2.2.1 Demanda de climatización

La demanda térmica anual de climatización (tanto calefacción como refrigeración) en España viene determinada a partir de dos documentos: el [Código Técnico de la Edificación \(CTE\)](#) [2] y la [Calificación de la Eficiencia Energética de los Edificios \(CEE\)](#) [3]. La última versión del CTE es de 2017, 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 CTE y se muestra en la Tabla 1, tomada del mismo. La zona climática consta de una letra (ZCI), asociada con la severidad invernal, y un número (ZCV), 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 sólo  $\alpha 3$ , A2, B2 y C2.

Una vez conocida la zona climática, el punto 2.4 de la CEE [3] describe cómo determinar la demanda anual de climatización de referencia ya sea para edificios de nueva construcción (Tablas 2.1 y 2.2) como para existentes (Tablas 2.6 y 2.7). Por comodidad, se reproduce dicha información en las Tablas 2.2 a 2.5.

La demanda así determinada, denominada “de referencia” (DR), ha de ser multiplicada por la superficie de la vivienda (A) y corregida mediante el factor  $f_c$  (ecuación 2.1), que depende de la dispersión de dicha demanda en el parque de edificios tomados como referencia (R para edificios de nueva construcción y R' para existentes) y del índice de calificación energética del edificio ( $C_1$  para edificios de nueva construcción y  $C_2$  para existentes), que es función básicamente del nivel de aislamiento del mismo. De este modo, la demanda final (D) viene dada según la ecuación 2.2.

$$f_c = \begin{cases} \frac{1+(C_1-0,6) \cdot 2 \cdot (R-1)}{R} & \text{para edificios de nueva construcción} \\ \frac{1+(C_2-0,5) \cdot 2 \cdot (R'-1)}{R'} & \text{para edificios existentes} \end{cases} \quad (2.1)$$

$$D = DR \cdot A \cdot f_c \quad (2.2)$$

Los valores de R y R' vienen dados en las Tablas 2.6 y 2.7, respectivamente. En cuanto a los valores de los índices de calificación energética, vienen definidos en intervalos según la calificación energética, tal como se muestra en la Tabla 2.8.

Tabla 2.1: Determinación de la zona climática de una localidad a partir de la capital de provincia y la altitud (metros) [Adaptado de DB-HE 20170623].

Capital	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
Albacete	686	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
Alicante	16,63	B4	B4	B4	B4	B4	B4	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Almería	27	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
Ávila	1130	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
Badajoz	192	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
Barcelona	19,99	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
Bilbao/Bilbo	17,89	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
Burgos	865,8	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
Cáceres	434,6	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
Cádiz	15,42	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
Castellón/Castelló	36	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Ceuta	13,48	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	636,7	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
Córdoba	131,9	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
Coruña. La/ A	16,76	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
Cuenca	930,4	D2	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia/San Sebastián	6,75	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
Gerona/Girona	69,02	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
Granada	697,5	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
Guadalajara	714,2	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	E1
Huelva	20,74	A4	A4	B4	B4	B3	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Huesca	467	D2	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Jaén	576,4	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
León	841,3	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
Lérida/Lleida	166,5	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
Logroño	396,5	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
Lugo	468,2	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
Madrid	653	D3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Málaga	20,77	B3	B3	B3	B3	B3	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3
Melilla	10,33	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	51,07	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

Tabla 2.1 (cont.): Determinación de la zona climática de una localidad a partir de la capital de provincia y la altitud (metros) [Adaptado de DB-HE 20170623].

Capital	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
Orense/Ourense	144,6	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
Oviedo	238,9	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
Palencia	745,8	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
Palma de Mallorca	31,93	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
Palmas de Gran Canaria. Las	7,27	α3	α3	α3	α3	α3	α3	α3	α3	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	B2	B2	B2	B2	B2	C2	C2	C2	C2	C2	C2
Pamplona/Iruña	458,1	D1	C2	C2	D2	D2	D2	D2	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	18,61	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
Salamanca	802,8	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	41,29	α3	α3	α3	α3	α3	α3	α3	α3	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	A2	B2	B2	B2	B2	B2	C2	C2	C2	C2	C2	C2
Santander	4,1	C1	C1	C1	C1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	D1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Segovia	1013	E1	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	E1
Sevilla	8,27	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
Soria	1065	E1	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	26,26	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
Teruel	927,5	D2	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	524,1	D3	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
Valencia/València	23,33	B3	B3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	C3	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	D2	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1
Valladolid	699,5	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	534,4	E1	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	657,2	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	204	D3	C3	C3	C3	C3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	D3	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1	E1

Tabla 2.2: 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> ]	Refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ]
Invierno	α	0,00	
	A	23,60	
	B	33,50	
	C	53,30	
	D	78,00	
	E	103,3	
Verano	1		0,00
	2		10,70
	3		21,70
	4		30,30

Tabla 2.3: 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> ]	Refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ]
Invierno	α	0,00	
	A	13,80	
	B	20,90	
	C	35,20	
	D	53,00	
	E	71,20	
Verano	1		0,00
	2		7,10
	3		14,90
	4		21,00



Tabla 2.4: Demanda de referencia para viviendas existentes 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> ]	Refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ]
Invierno	α	0,00	
	A	62,50	
	B	83,56	
	C	125,68	
	D	178,33	
	E	232,15	
Verano	1		0,00
	2		18,33
	3		36,67
	4		50,93

Tabla 2.5: Demanda de referencia para viviendas existentes 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> ]	Refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> ]
Invierno	α	0,00	
	A	46,56	
	B	64,30	
	C	99,78	
	D	144,13	
	E	189,47	
Verano	1		0,00
	2		12,76
	3		26,34
	4		36,89

Tabla 2.6. 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
Verano	1	-	-
	2	1,5	1,6
	3	1,4	1,5
	4	1,4	1,5

Tabla 2.7: Dispersiones de las demandas energéticas de referencia para edificios existentes ( $R'$ ) [Adaptado de CEEE].

	Zona climática	Unifamiliar	Bloque
Invierno	$\alpha$	-	-
	A	1,4	1,1
	B	1,3	1,1
	C	1,2	1,1
	D	1,2	1,1
	E	1,2	1,1
Verano	1	-	-
	2	1,3	1,3
	3	1,3	1,3
	4	1,3	1,3

Tabla 2.8: Índices de calificación energética [Adaptado de CEEE].

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	$C_2 < 1,00$ ( $1,75 \leq C_1$ )
F	$1,00 \leq C_2 < 1,50$ ( $1,75 \leq C_1$ )
G	$1,50 \leq C_2$ ( $1,75 \leq C_1$ )

La Tabla 2.9 resume el procedimiento de cálculo de la demanda anual de climatización descrito.

Tabla 2.9: Proceso para determinar la demanda anual de climatización de una vivienda.

Dato	Resultado	Fuente
- Capital de provincia - Altitud de la localidad	Zona climática	Tabla 2.1
Antigüedad de la vivienda	C <sub>1</sub> ó C <sub>2</sub>	Anterior a 1980: C <sub>2</sub> = 1,5 Entre 1980 y 2006: C <sub>2</sub> = 1 Posterior a 2006: C <sub>1</sub> = 1,75
- Antigüedad de la vivienda - Tipo de vivienda (bloque/unifamiliar)	R ó R'	R: Tabla 2.6 (edificios posteriores a 2006) R': Tabla 2.7 (edificios anteriores a 2006)
- C <sub>1</sub> ó C <sub>2</sub> - R ó R'	f <sub>c</sub>	Ecuación 2.1
- Calefacción o Refrigeración - Zona climática	DR	Tablas 2.2 a 2.5
- DR - A	D	Ecuación 2.2

## 2.2.2 Demanda de agua caliente sanitaria (ACS)

El CTE [2] establece la demanda de ACS según el tipo de edificios. Para viviendas prescribe 28 litros/persona-día a 60°C. La demanda térmica para alcanzar dicha temperatura de uso depende de la temperatura del suministro del agua de red, dada en el Apéndice B de la sección HE 4 del CTE [2], y reproducida en la Tabla 2.10 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 2.3, donde  $T_{localidad,i}$  es la temperatura de la localidad en el mes *i*-ésimo, *H* la altitud, en metros, de la localidad ( $H_{localidad}$ ) o de la capital ( $H_{capital}$ ) 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.

$$T_{localidad,i} = T_{capital,i} - B \cdot (H_{localidad} - H_{capital}) \quad (2.3)$$

La demanda energética anual viene dada por la ecuación 2.4, donde  $N_{pax}$  representa el número de personas de la vivienda, *Q* el consumo de agua a 60°C de cada persona al día (28 litros).

$$D_{ACS}[kWh] = N_{pax} \cdot Q \cdot \left(\frac{365}{12}\right) \cdot 4,176 \cdot (12 \cdot 60 - \sum_{i=1}^{12} T_{localidad,i})/3600 \quad (2.4)$$

Tabla 2.10. Temperatura del agua de red [CTE].

Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
Albacete	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7	13
Alicante	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12	15
Almería	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12	16
Ávila	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6	10
Badajoz	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9	14

Barcelona	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	14
Bilbao	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10	13
Burgos	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6	10
Cáceres	9	10	11	12	14	18	21	20	19	15	11	9	13
Cádiz	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12	16
Castellón	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11	15
Ceuta	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12	16
Ciudad Real	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7	13
Córdoba	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10	15
La Coruña	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11	13
Cuenca	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7	12
Gerona	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9	13
Granada	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8	13
Guadalajara	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7	12
Huelva	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12	16
Huesca	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7	12
Jaén	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9	15
Las Palmas	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16	17
León	6	6	8	9	12	14	16	16	15	11	8	6	11
Lérida	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7	13
Logroño	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8	12
Lugo	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8	11
Madrid	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8	13
Málaga	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12	16
Melilla	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12	16
Murcia	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11	15

Tabla 2.10 (Cont.). Temperatura del agua de red [CTE].

Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
Orense	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9	13
Oviedo	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9	12
Palencia	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6	11
P. de Mallorca	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12	15
Pamplona	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7	12
Pontevedra	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10	13
Salamanca	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6	11
San Sebastián	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9	12
Santander	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10	13
Segovia	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6	11
Sevilla	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11	16
Soria	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6	10
Tarragona	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11	15
S. C. de Tenerife	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16	17
Teruel	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6	11
Toledo	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8	14
Valencia	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11	15
Valladolid	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7	12
Vitoria	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7	11
Zamora	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7	12
Zaragoza	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8	13

La Tabla 2.11 resume el procedimiento de cálculo de la demanda térmica anual de preparación del agua caliente sanitaria.

Tabla 2.11: Proceso para determinar la demanda térmica anual de preparación del ACS.

Dato	Resultado	Fuente
- Capital de provincia en el mes i-ésimo	$T_{capital,i}$	Tabla 2.10
- Altitud de la localidad - Altitud de la capital de provincia - $T_{capital,i}$	$T_{localidad,i}$	Ecuación 2.3
- Número de personas en la vivienda - $T_{localidad,i}$	$D_{ACS}$	Ecuación 2.4

## 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 dos tipos de instalación: individual y central, y cuatro tipos de suministros: gas natural, GLP, gasóleo y electricidad. El consumo (*C*) se determina a partir de la ecuación 2.5, donde la demanda (*D*) puede ser de calefacción o de ACS.

$$C = \frac{D}{SPF} \quad (2.5)$$

La Tabla 2.12 muestra los rendimientos medios estacionales empleados en la determinación del consumo de calefacción. Están tomados del documento [Escala de calificación energética. Edificios existentes](#), de 2011 (ECEEE) [3], Tabla V.4 (página 114).

Tabla 2.12: Rendimiento medio estacional para sistemas de calefacción [ECEEE].

Suministro energético	Calefacción individual	Calefacción central
Gas natural	0,75	0,7
GLP	0,75	0,7
Gasóleo	0,7	0,65
Electricidad	0,99	0,99

La Tabla 2.13 muestra los rendimientos medios estacionales empleados en la determinación del consumo de energía para la preparación del ACS. Están tomados del documento [Escala de calificación energética. Edificios existentes](#), de 2011 (ECEEE) [3], Tabla V.4 (página 114)

Tabla 2.13: Rendimiento medio estacional para sistemas de ACS [ECEEE]

Suministro energético	ACS individual	ACS central
Gas natural	0,7812	0,8232
GLP	0,7812	0,8232
Gasóleo	0,7812	0,8232
Electricidad	0,99	0,99

## 2.4 Determinación del gasto

Para determinar el gasto se han tomado tarifas comerciales de los diferentes suministros (Tabla 2.14), considerando además los impuestos y los gastos fijos de alquileres de contador, en el caso del gas natural. Para el gas natural se ha considerado un impuesto de 0,00234 €/kWh, siendo el alquiler de equipos de 4,6 €/mes. En cuanto al IVA, se ha tomado de 7% en Canarias (IGIC), 4% en Ceuta y Melilla (IPSI) y 21% en el resto de España.

Tabla 2.14: Tarifas consideradas (antes de impuestos).

Suministro energético	Término fijo [€/mes]	Término variable [€/kWh]
Gas natural ( < 5 MWh/año)	4,36	0,05915
Gas natural ( > 5 MWh/año y < 50 MWh/año)	8,84	0,05023
GLP	0	0,0919
Gasóleo	0	0,075
Electricidad (radiadores)	3,5*	0,1363
Electricidad (acumuladores)	3,5*	0,08357

(\*) El término fijo eléctrico está expresado en [€/kW-mes]

## 2.5 Cálculos a realizar

En los datos suministrados relativos a 2017-19 se permite la multiselección de instalaciones, apreciándose en ocasiones selecciones imposibles; por el contrario, en los datos de 2015-17 tal multiselección no se permite, pero algunas de las opciones disponibles en la encuesta son confusas, como el término “gas ciudad”. Por ello se ha decidido calcular el GR definido en la EN, como valor de referencia, pero también una serie de combinaciones posibles que permiten hacer pedagogía al comparar los costes de operación de diferentes soluciones para alcanzar el mismo nivel de confort en una vivienda dada. Se insiste en que el gasto térmico requerido (GR) no hace referencia a las características reales de la vivienda (salvo la ubicación), mientras que las demás combinaciones sí se han calculado con las características reales declaradas en la encuesta, obteniendo así el *gasto térmico teórico* (GTT).

La Tabla 2.15 muestra las diferentes combinaciones consideradas, y la Figura 2.1 un ejemplo de uno de los casos de 2017-19. Se ha señalado en dicha figura la configuración tomada para definir el gasto térmico requerido, resultando ser de las más económicas. Por otra parte, se aprecia que, salvo las instalaciones que emplean calefacción eléctrica (radiadores o acumuladores), el gasto térmico teórico es similar en todas las combinaciones consideradas de suministros e instalaciones.

Tabla 2.15: Combinaciones analizadas.

Código	Instalación	Suministro	Instalación	Suministro
IGNIGN*	individual	gas natural	individual	gas natural
IGNITE	individual	gas natural	individual	eléctrica
IGLIGL**	individual	GLP	individual	GLP
IGLITE	individual	GLP	individual	eléctrica
IERITE	individual	electricidad (radiadores)	individual	eléctrica
IERIGL	individual	electricidad (radiadores)	individual	GLP
IEAITE	individual	electricidad (acumuladores)	individual	eléctrica
IEAIGL	individual	electricidad (acumuladores)	individual	GLP
IGOIGO	individual	gasóleo	individual	gasóleo
IGOIGL	individual	gasóleo	individual	GLP

IGOITE	individual	gasóleo	individual	eléctrica
CGNCGN	central	gas natural	central	gas natural
CGNITE	central	gas natural	individual	eléctrica
CGNIGN	central	gas natural	individual	gas natural
CGNIGL	central	gas natural	individual	GLP
CGOCCGN	central	gasóleo	central	gas natural
CGOCCGO	central	gasóleo	central	gasóleo
CGOITE	central	gasóleo	individual	eléctrica
CGOIGN	central	gasóleo	individual	gas natural
CGOIGL	central	gasóleo	individual	GLP

\* Configuración para definir el GR en la Península, Baleares, Ceuta y Melilla.

\*\* Configuración para definir el GR en Canarias.

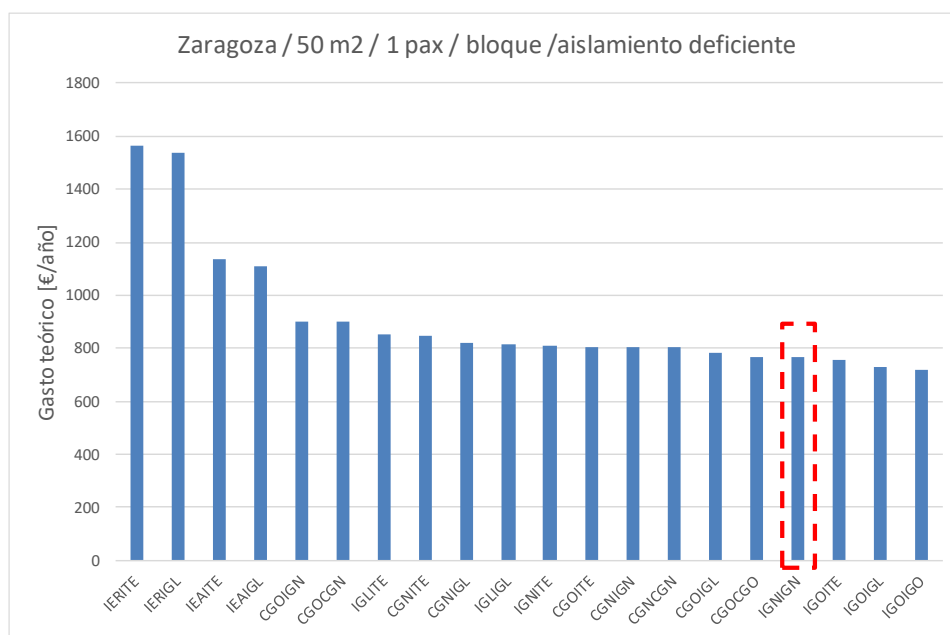


Figura 2.1: Gasto térmico teórico anual en uno de los casos recogidos en la encuesta entre 2017 y 2019.



## 2.6 Resultados

Tras aplicar la metodología descrita a ambos conjuntos de datos (2015-17 y 2017-19) se ha identificado, para cada hogar, la solución que requiere menor GTT de entre las soluciones disponibles<sup>1</sup>. Los resultados de este cálculo han sido tratados para destacar las tendencias de los suministros más económicos al variar de los siguientes parámetros: zona climática invernal (ZCI); superficie; número de ocupantes y aislamiento (solo para la encuesta 2015-17).

Respecto a los datos procedentes de ambas encuestas, cabe resaltar:

- Se requiere la localidad donde está emplazada la vivienda para determinar la altitud, y conocer así la zona climática y la temperatura del agua de red. En 2015-17 existe un campo que recoge la localidad, de modo que ha resultado sencillo determinar la altitud. Por el contrario, en 2017-19 dicho dato se ha sustituido por el código postal, lo que ha generado algunas confusiones y ha obligado a descartar algunos datos: los códigos postales cambian con el tiempo, existen localidades pequeñas diferentes y cercanas, con diferentes altitudes, que comparten código postal, ... Como consecuencia de estos inconvenientes, sólo ha sido posible tratar 1462 registros de 2060 en la encuesta de 2017-19, mientras que se han podido tratar 2019 registros de 2029 en la encuesta de 2015-17.
- Para poder determinar el nivel de aislamiento, caracterizado a partir del índice de calificación (C<sub>1</sub> o C<sub>2</sub>) se requiere, al menos, conocer la época de construcción de la vivienda, con objeto de aplicar la normativa en vigor. Nuevamente, la encuesta de 2015-17 era más completa, estableciendo tres períodos:
  - Edificio construido antes de 1980. Al estar construido con anterioridad a la Norma Básica de la Edificación (NBE), de 1977, se le ha asignado un valor de C<sub>2</sub> de 1,5, que estaría entre la certificación F y G. En los resultados presentados se ha identificado ese nivel de aislamiento como *deficiente*.
  - Edificio construido entre 1980 y 2006. Se corresponde con el período de vigencia de la NBE, lo que supone una mejora en la exigencia del aislamiento. Se le ha asignado un valor de C<sub>2</sub> de 1, correspondiente a una certificación entre E y F. En los resultados presentados se ha identificado ese nivel de aislamiento como *normal*.
  - Edificio construido después de 2006. En ese período ya está vigente el CTE, y dado que el espectro del estudio se centra en hogares con problemas económicos se ha asignado un valor de C<sub>1</sub> de 1,75, acorde con una certificación entre D y E. En los resultados presentados se ha identificado ese nivel de aislamiento como *CTE*.

Por el contrario, en la encuesta de 2017-19 no se indicaba período de construcción alguno, con lo que se ha aplicado la menor calificación (C<sub>2</sub> de 1,5) por entender que el estudio mayoritariamente se centraba en hogares vulnerables.

- En cuanto a la superficie de la vivienda, en ambas encuestas se daban unas horquillas que se han interpretado como:

---

<sup>1</sup> En los hogares en Canarias, dada la ausencia de suministro de gas natural, no se han considerado las siguientes combinaciones de suministros: IGNIGN; IGNITE; CGNCGN; CGNITE; CGNIGN; CGNIGL; CGOCCN; CGOIGN.

- Piso\_60: superficie de 50 m<sup>2</sup>.
- Piso\_60\_90: superficie de 75 m<sup>2</sup>.
- Piso\_90: superficie de 120 m<sup>2</sup>.
- Piso\_unifamiliar: superficie de 200 m<sup>2</sup>.

### 2.6.1 Gasto térmico teórico mínimo según la zona climática

Las figuras 2.2 y 2.3 muestran el mínimo gasto térmico teórico anual entre las configuraciones analizadas de cada hogar, para cada zona climática. La Tabla 2.16 resume dicho gasto mínimo en función de la zona climática para el conjunto de las dos encuestas. Al disponer de viviendas con tres niveles de aislamiento diferente en 2015-17 se obtiene una mayor variabilidad en la Figura 2.2.

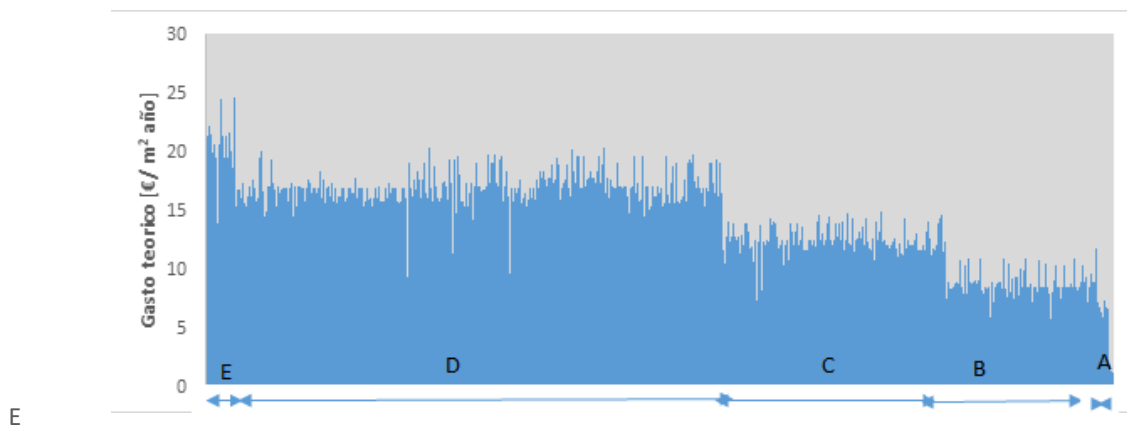


Figura 2.2. GTT anual mínimo según la zona climática. Encuesta 2015-17.

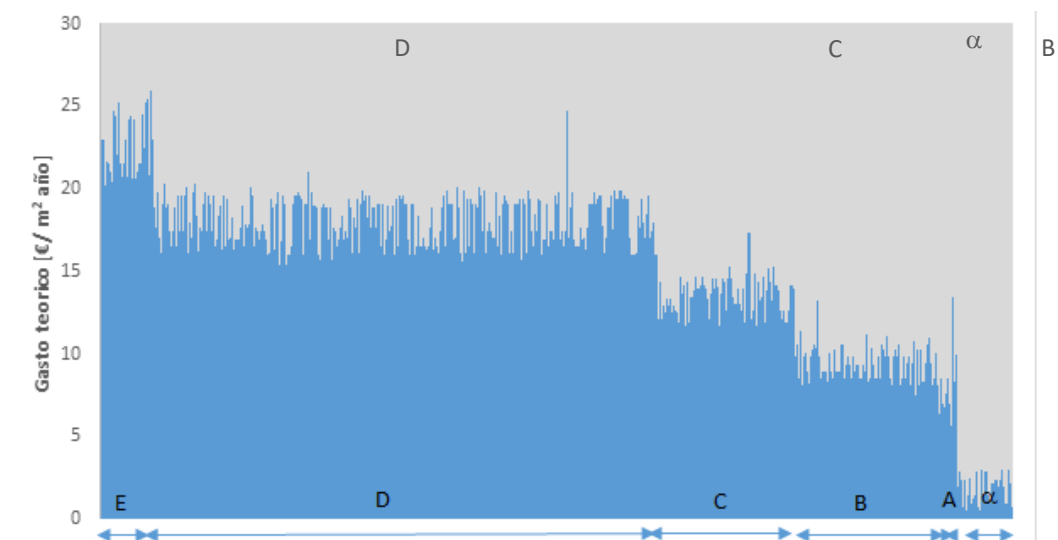


Figura 2.3: GTT anual mínimo según la zona climática. Encuesta 2017-19.

Tabla 2.16: GTT mínimo según la zona climática (combinación de los datos de 2015-17 y 2017-19)

ZCI	GTT [€ / m <sup>2</sup> año]
E	20,0
D	15,8
C	11,4
B	8,0
A	6,5
α	1,2

La Figura 2.4 muestra cómo se distribuye la configuración que demanda menor gasto térmico teórico según la zona climática. Se aprecia el dominio del gas natural centralizado tanto para calefacción como ACS, seguido del individual en las zonas medias y frías (C, D y E). En las zonas de inviernos más suaves (A y B) sigue dominando el gas natural centralizado, si bien la segunda opción es el gasóleo individual y la tercera (sólo en la zona A) la calefacción por acumuladores eléctricos y GLP individual para el ACS.

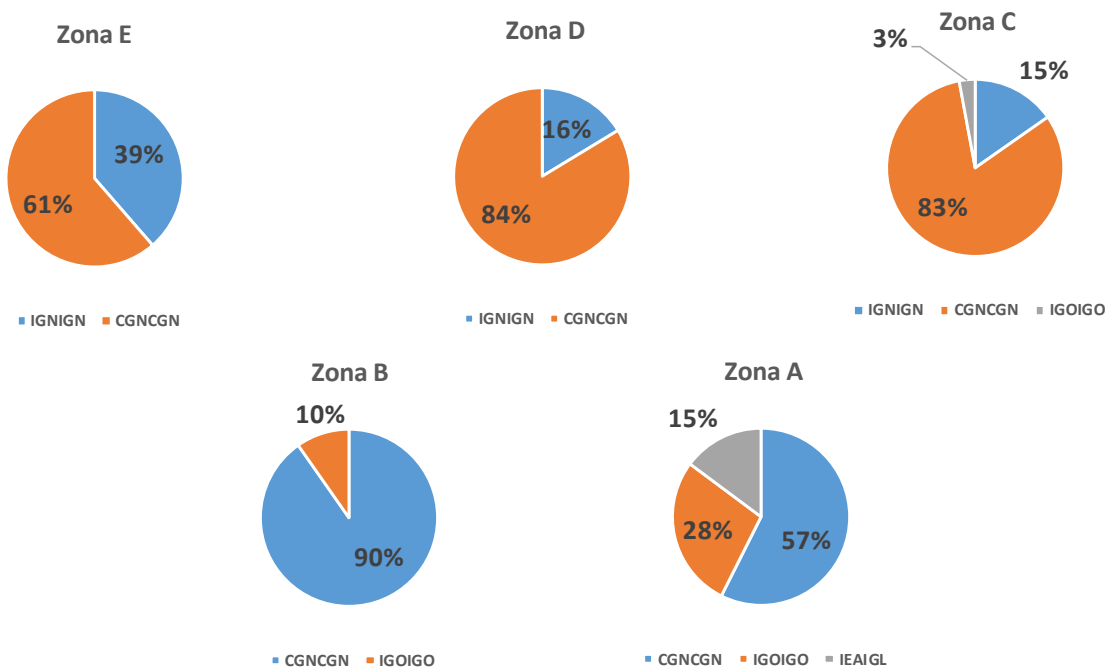


Figura 2.4: Configuraciones con menor GTT según la ZCI. Encuestas 2015-17 y 2017-19.

## 2.6.2 Gasto térmico teórico mínimo según la superficie

### 2.6.2.1. Datos de 2015-17

Las figuras 2.5 a 2.10 muestran la dependencia del GTT absoluto anual [€/año] con la superficie y según el nivel de aislamiento.

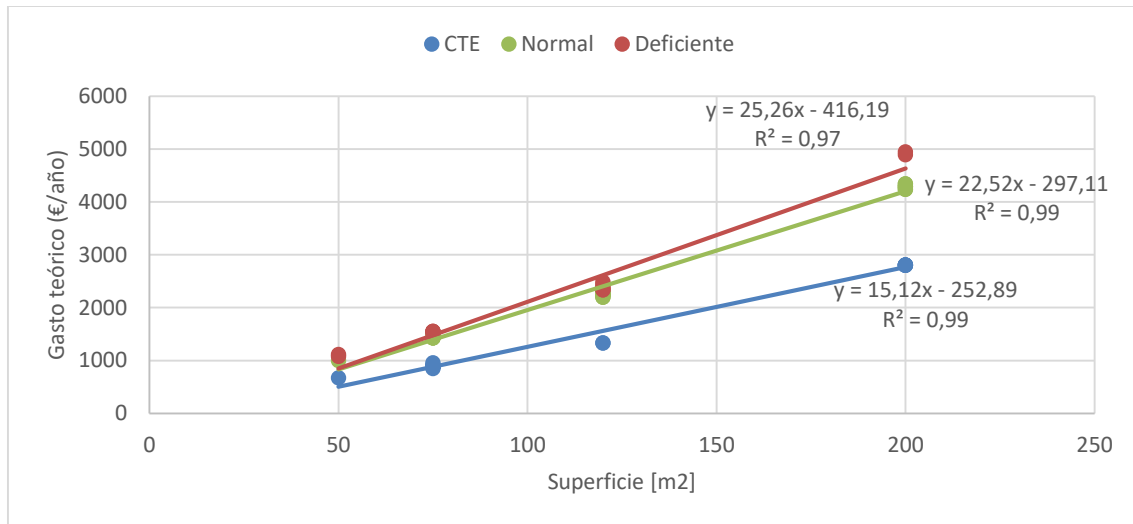


Figura 2.5: GTT anual mínimo según la superficie y el nivel de aislamiento (ZCI: E; datos de 2015-17).

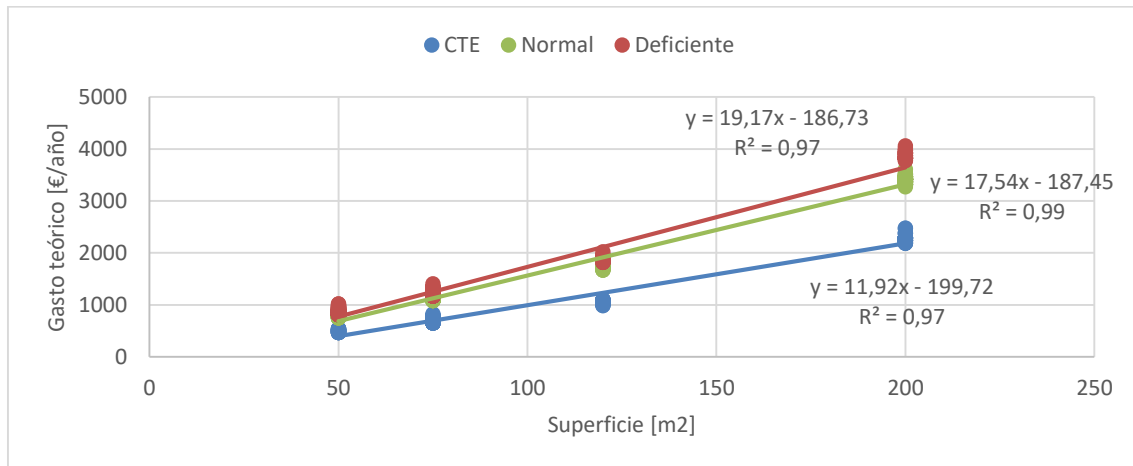


Figura 2.6: GTT anual mínimo según la superficie y el nivel de aislamiento (ZCI: D; datos de 2015-17).

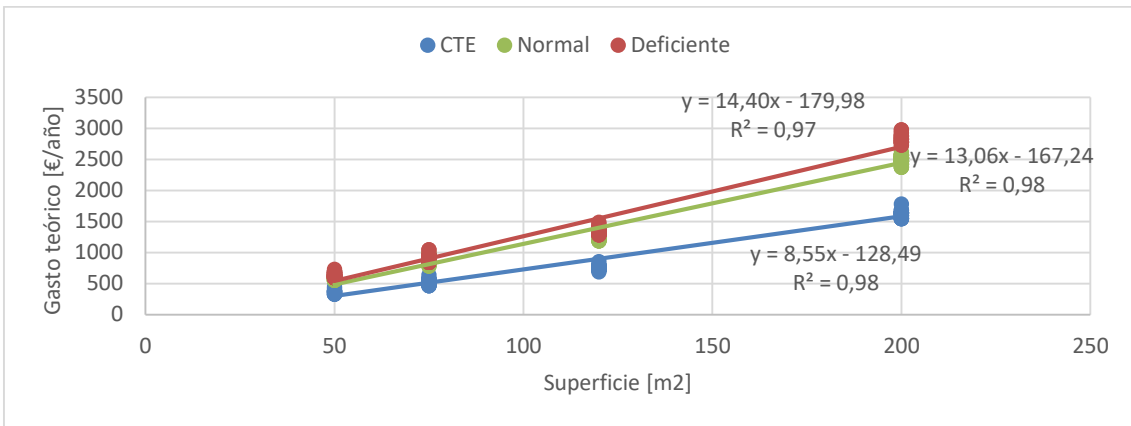


Figura 2.7: GTT anual mínimo según la superficie y el nivel de aislamiento (ZCI: C; datos de 2015-17).

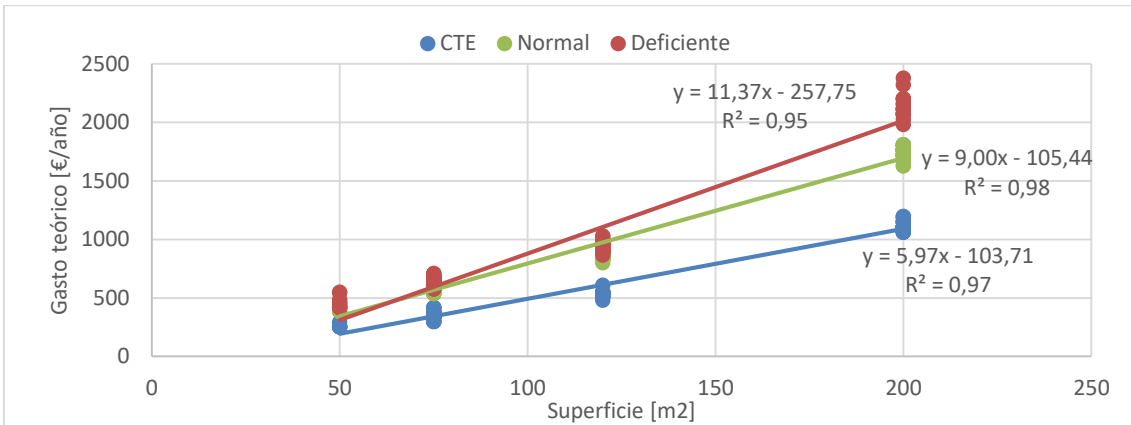


Figura 2.8: GTT mínimo según la superficie y el nivel de aislamiento (ZCI: B; datos de 2015-17).

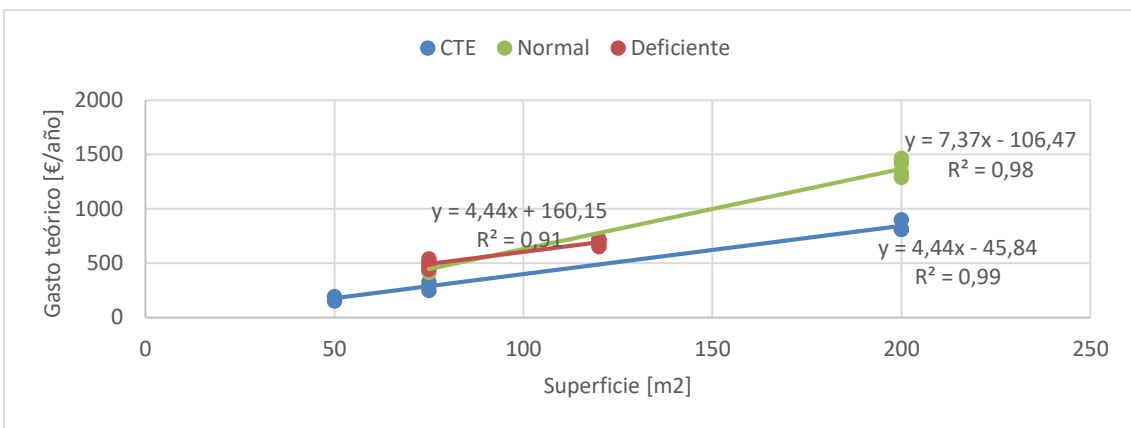


Figura 2.9: GTT anual mínimo según la superficie y el nivel de aislamiento (ZCI: A; datos de 2015-17).

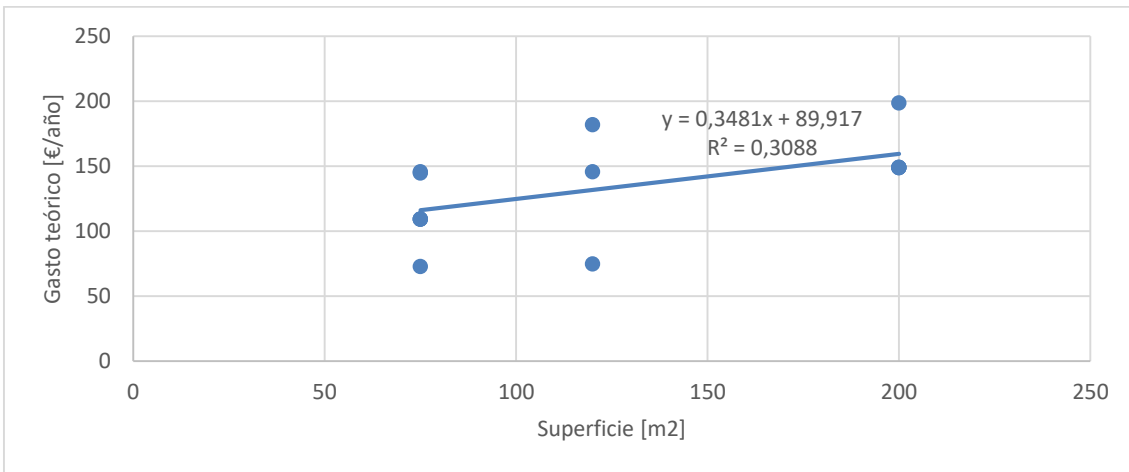


Figura 2.10: GTT anual mínimo según la superficie (ZC:  $\alpha$ ; datos de 2015-17). Esta zona, específica de Canarias, no presenta demanda de calefacción, por lo que los datos recogen sólo el gasto en ACS, no correlado con la superficie.

Las figuras 2.11 a 2.13 resumen los resultados anteriores según zonas climáticas para cada nivel de aislamiento, mostrando la Tabla 2.17 las pendientes de las rectas de regresión (gastos teóricos específicos, €/m<sup>2</sup>-año). Se ha omitido la zona climática  $\alpha$ , propia de Canarias, al no generar demanda de calefacción.

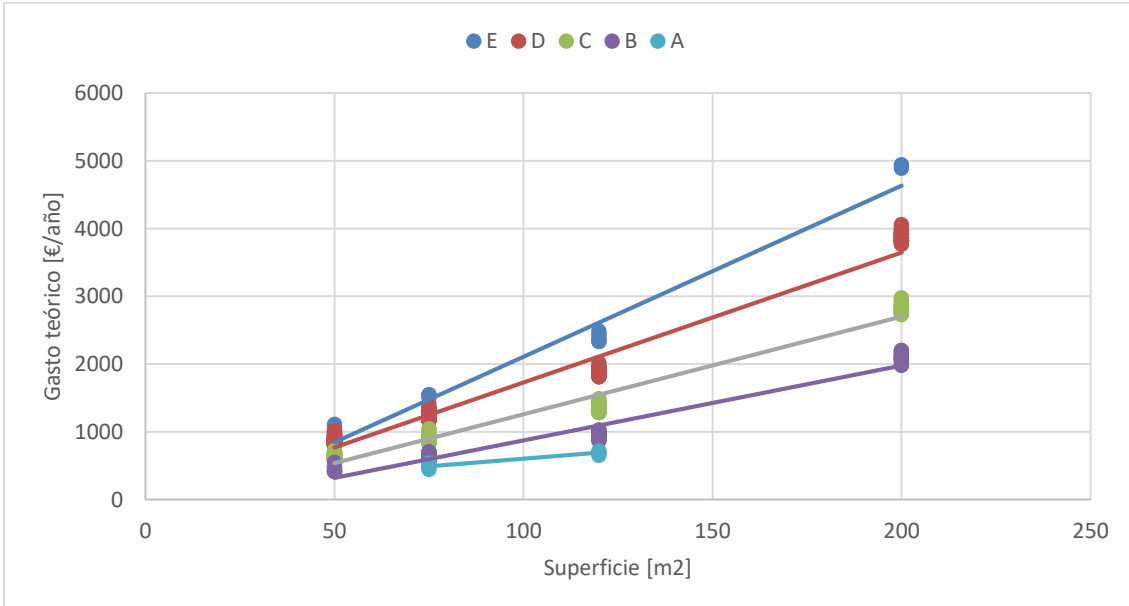


Figura 2.11: GTT anual mínimo con aislamiento deficiente según la superficie de la vivienda y la zona climática (datos de 2015-17).

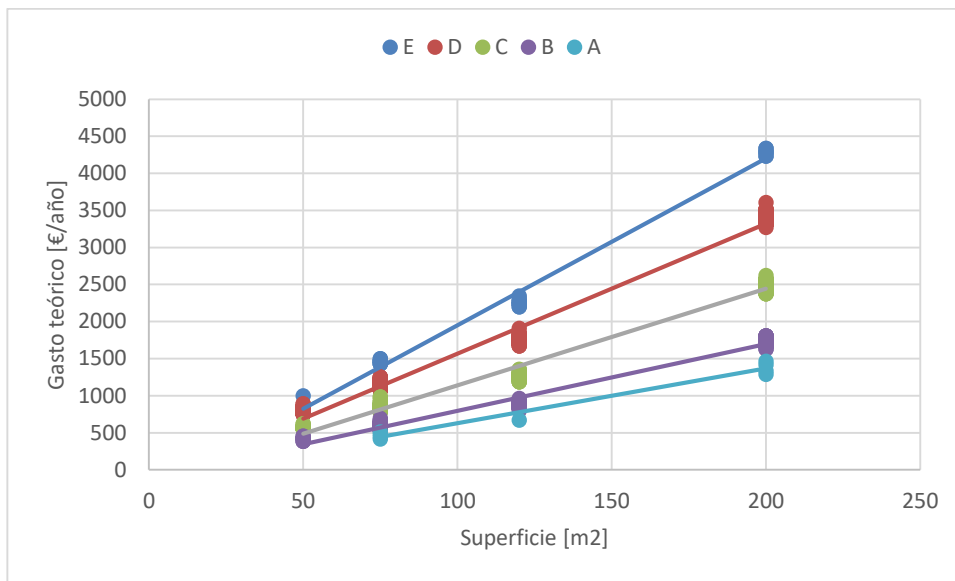


Figura 2.12. GTT anual mínimo con aislamiento normal según la superficie de la vivienda y la zona climática (datos de 2015-17).

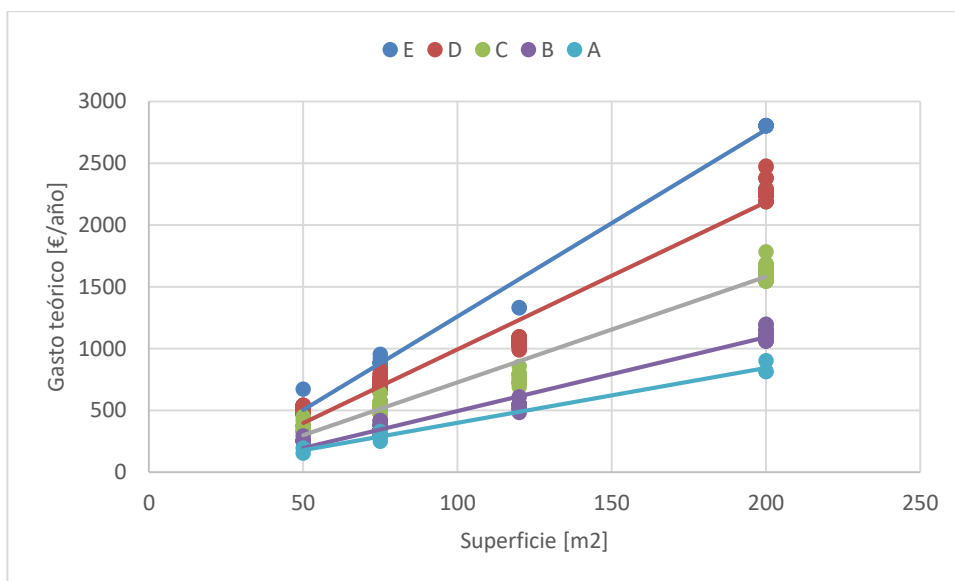


Figura 2.13: GTT anual mínimo con aislamiento CTE según la superficie de la vivienda y la zona climática (datos de 2015-17).

Tabla 2.17: GTT mínimo específico [€/m<sup>2</sup>-año] según el aislamiento y la zona climática (datos de 2015-17). El gasto se ha obtenido a partir de las pendientes de las rectas de regresión de las figuras 2.5 a 2.9.

ZCI	GTT mínimo [€/m <sup>2</sup> -año]		
	Aislamiento		
	Deficiente	Normal	CTE
E	25,26	22,52	15,12
D	19,17	17,54	11,92
C	14,40	13,06	8,55
B	11,08	9,00	5,97
A	4,44	7,37	4,44

### 2.6.2.2. Datos de 2017-19

Las figuras 2.14 a 2.19 muestran la dependencia del gasto térmico teórico absoluto anual [€/año] con la superficie. Al ser datos de 2017-19 se ha supuesto para todos el mismo nivel de aislamiento (deficiente). Se aprecia un empeoramiento en el coeficiente de regresión ( $R^2$ ) conforme la zona climática se hace menos severa. En concreto, en la zona  $\alpha$  (Figura 2.19), no se aprecia correlación por no haber demanda de calefacción y tratarse de datos de ACS (caso similar al ya mostrado en la Figura 2.10).

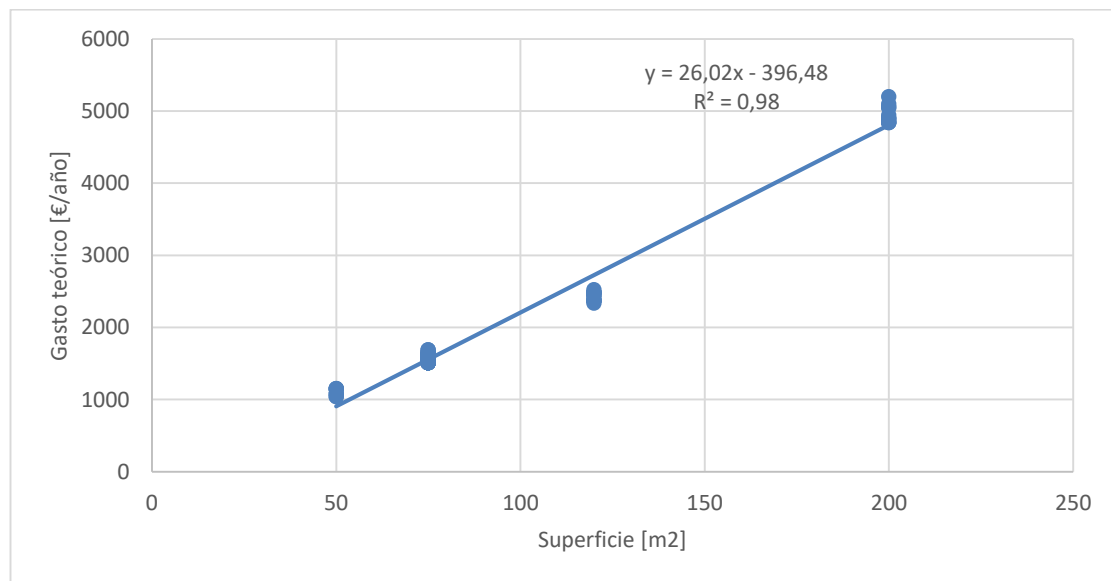


Figura 2.14: GTT anual mínimo según la superficie (ZCI: E; datos de 2017-19).



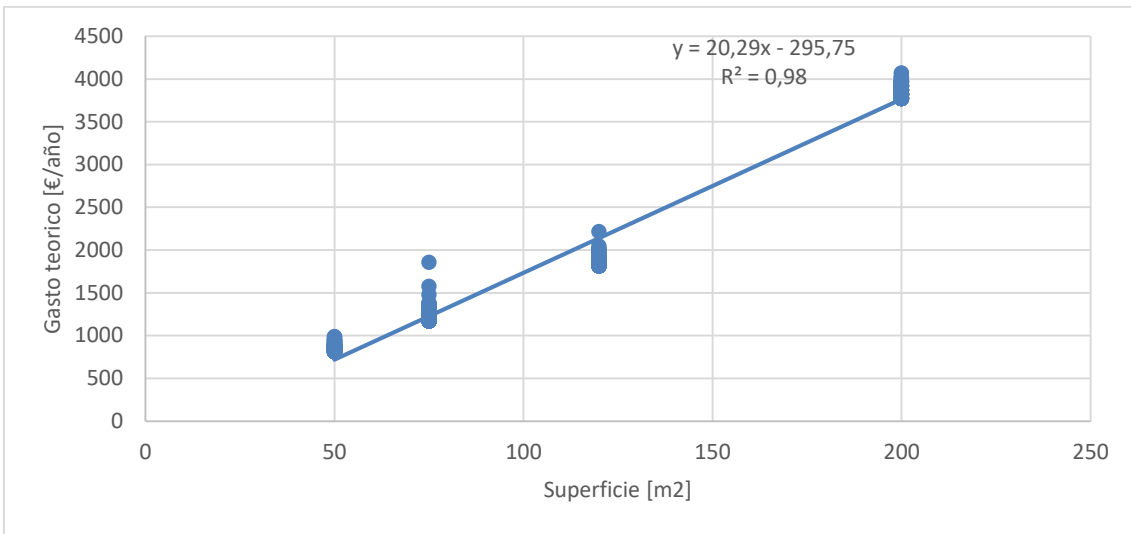


Figura 2.15: GTT anual mínimo según la superficie (ZCI: D; datos de 2017-19).

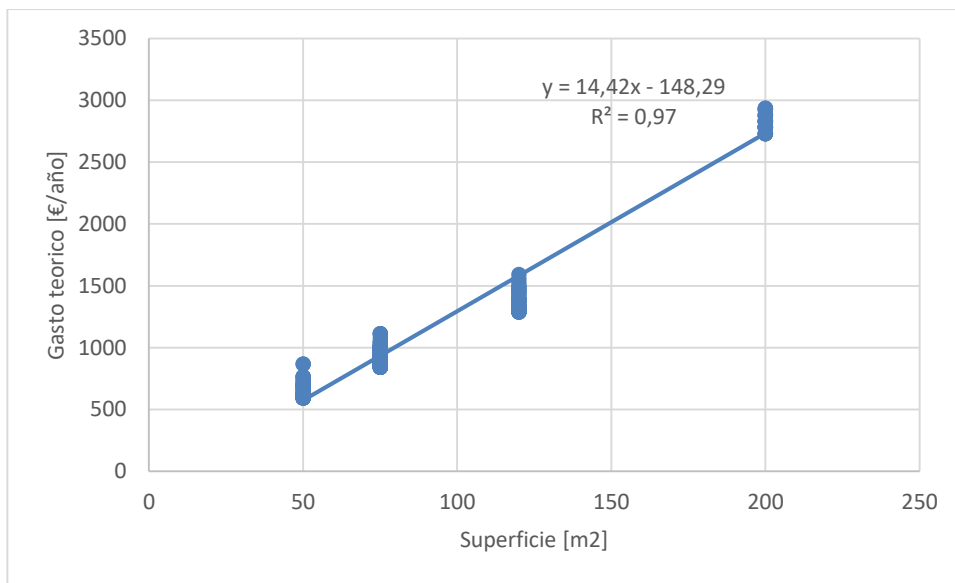


Figura 2.16: GTT anual mínimo según la superficie (ZCI: C; datos de 2017-19).

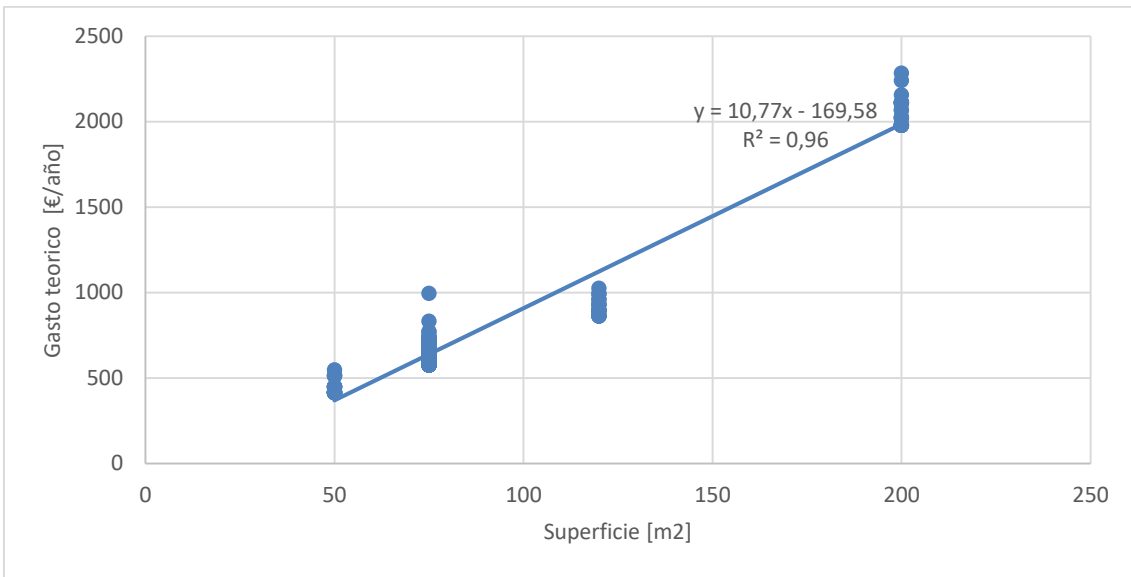


Figura 2.17: GTT anual mínimo según la superficie (ZCI: B; datos de 2017-19).

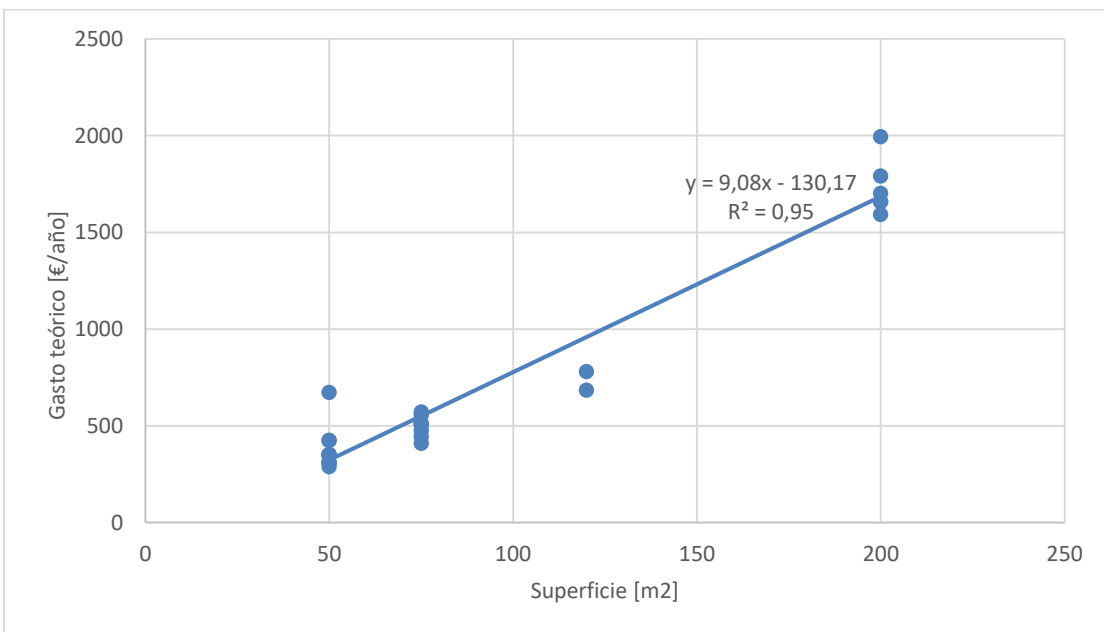


Figura 2.18: GTT anual mínimo según la superficie (ZCI: A; datos de 2017-19).

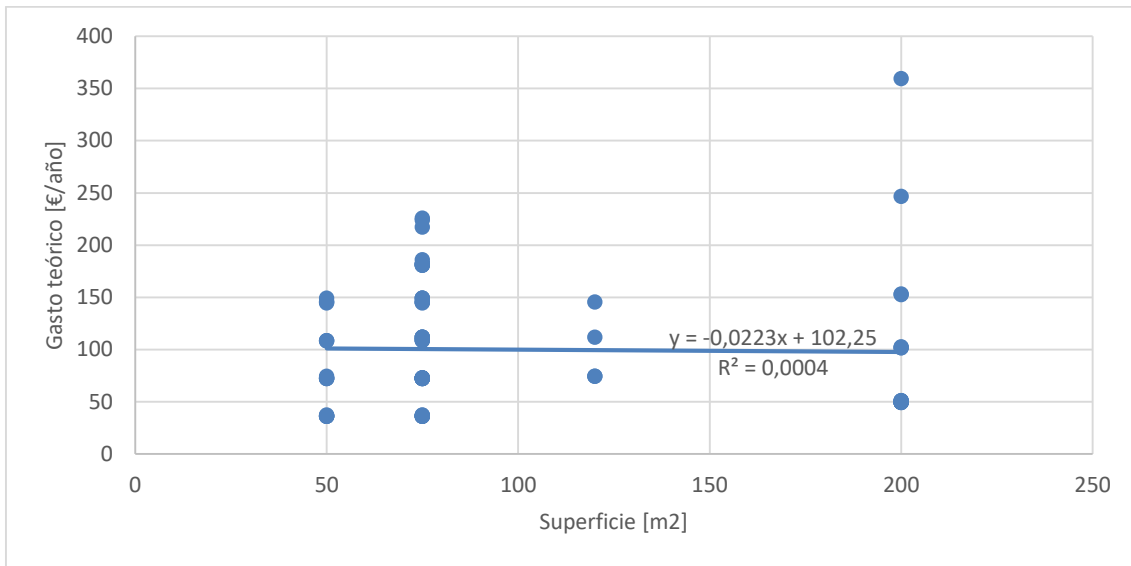


Figura 2.19: GTT anual mínimo según la superficie (ZCI:  $\alpha$ ; datos de 2017-19).

A modo de resumen, la Figura 2.20 combina los datos de 2017-19 con los de aislamiento deficiente de 2015-17 en función de la zona climática (nótese la independencia de la superficie en el caso de la zona  $\alpha$  por la ausencia de demanda de calefacción).

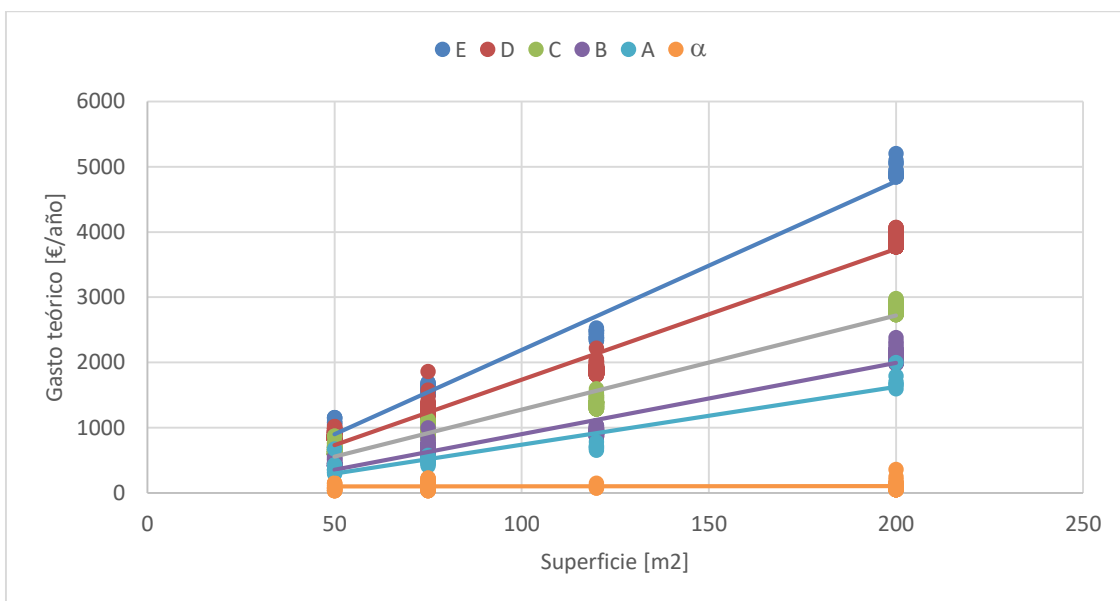


Figura 2.20: GTT anual mínimo con aislamiento deficiente según la superficie de la vivienda y la zona climática (datos conjuntos de 2015-17 y 2017-19).

Finalmente, la Tabla 2.18 compara el gasto térmico teórico mínimo específico obtenido a través de diversas combinaciones de datos. Se aprecia cómo manteniendo el mismo nivel de aislamiento (segunda y tercera columna) los resultados son casi idénticos; por el contrario, al introducir los tres aislamientos, siendo el deficiente el peor, (cuarta columna) todos los gastos se reducen. Estas tendencias no se aprecian en la zona A dada la mayor importancia relativa del ACS.

Tabla 2.18. GTT mínimo específico [€/m<sup>2</sup>-año] según la zona climática para distintos conjuntos de datos

ZCI	GTT mínimo específico [€/m <sup>2</sup> -año]		
	Deficiente; 2015-17	Deficiente; 2015-17 y 2017-19	Todos los aislamientos; 2015-17 y 2017-19 (Tabla 2.16)
E	25,26	25,85	20,0
D	19,17	20,02	15,8
C	14,40	14,42	11,4
B	11,08	10,93	8,0
A	4,44	8,85	6,5

### 2.6.3. Gasto térmico teórico medio según el número de ocupantes

El número de ocupantes de la vivienda (Npax) influye en el gasto térmico para cubrir la demanda de ACS, pero no así en la demanda de calefacción, tal como se ha deducido de las figuras anteriores relativas a las zonas climáticas con inviernos más suaves. Con objeto de ahondar en este aspecto, las figuras 2.21 y 2.22 muestran la media del gasto térmico teórico específico mínimo según el número de ocupantes para datos de 2015-17 en las dos zonas climáticas extremas de la Península, Ceuta, Melilla y Baleares (A y E), haciendo las figuras 2.23 y 2.24 lo propio con los datos de 2017-19. De ellas se deduce que existe dependencia entre el GTT y el número de ocupantes cuando el invierno es más suave, por pesar más en el gasto la componente de ACS; por el contrario, en zonas con inviernos duros no hay una dependencia clara al ser mucho más importante el término de calefacción.

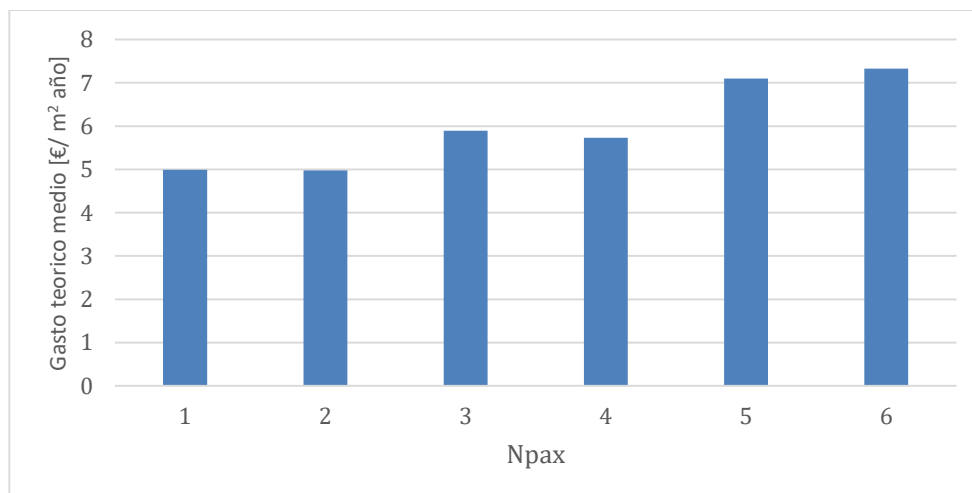


Figura 2.21: GTT medio según número de ocupantes (ZCI: A; datos de 2015-17).

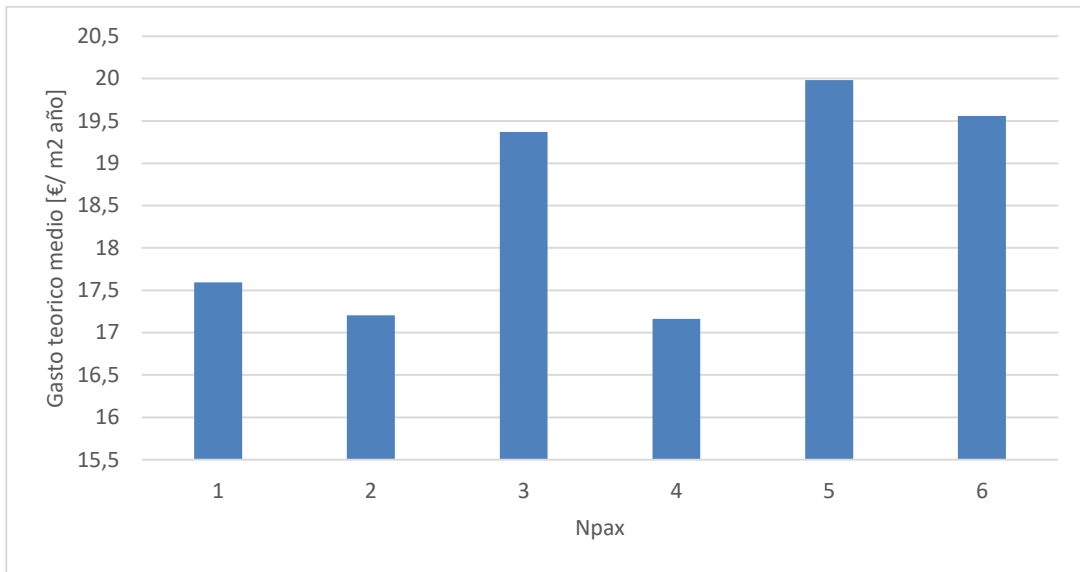


Figura 2.22: GTT medio según número de ocupantes (ZCI: E; datos de 2015-17).

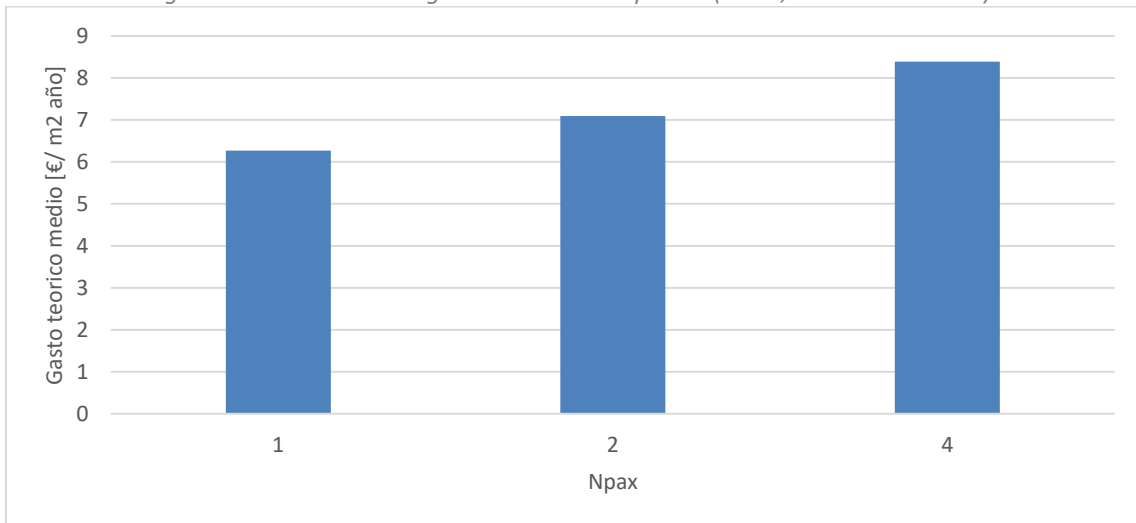


Figura 2.23: GTT medio según número de ocupantes (ZCI: A; datos de 2017-19).

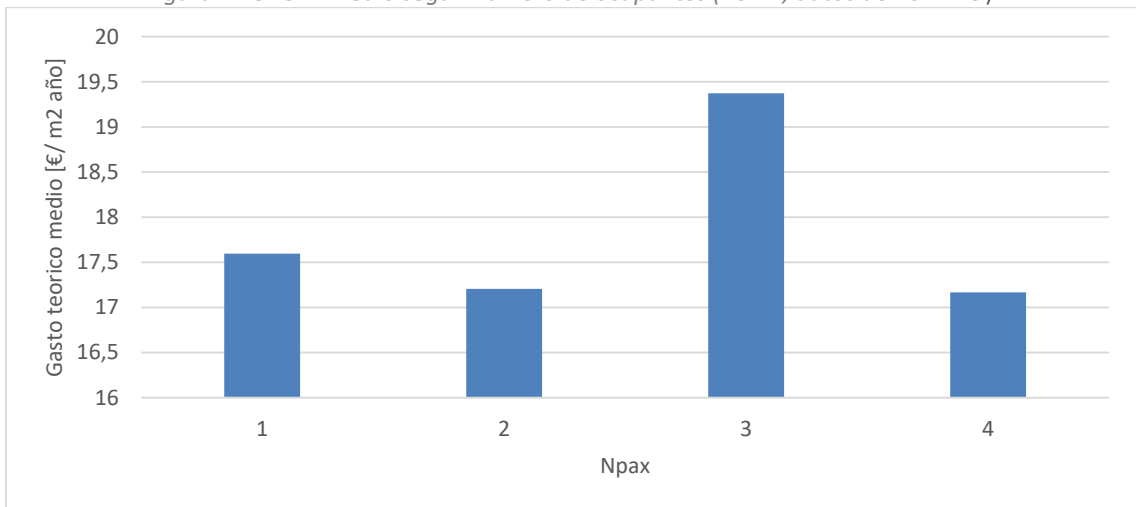


Figura 2.24: GTT medio según número de ocupantes (ZCI: E; datos de 2017-19).

## 2.7 Conclusiones

Se ha evaluado el gasto térmico teórico para mantener condiciones de confort en todo momento en la vivienda. Se han estudiado hasta 20 configuraciones para cubrir dicho gasto combinando instalaciones centrales e individuales con diferentes tipos de suministro (gas natural, GLP, gasóleo y electricidad) tanto para la preparación del ACS como para la cobertura de la calefacción. Aplicando cada una de ellas a las casi 3500 viviendas de las que se dispone de datos válidos se han determinado las configuraciones que minimizan el gasto térmico teórico. El gas natural centralizado permite con mayor frecuencia alcanzar el gasto térmico teórico mínimo en todas las zonas climáticas, siendo la siguiente opción el gas natural individual en zonas con inviernos medios (C) a severos (E) o el gasóleo individual en las zonas de inviernos más suaves (A y B). En la zona A, con baja demanda de calefacción, también destaca la calefacción mediante acumuladores y el GLP individual para el ACS.

***El gas natural centralizado permite con mayor frecuencia alcanzar el gasto térmico teórico mínimo en todas las zonas climáticas.***

En cuanto a los factores que influyen en el gasto térmico teórico mínimo, se concluye que:

- El gasto específico [€/m<sup>2</sup>-año] depende del nivel de aislamiento de la vivienda, siendo esta dependencia muy fuerte para las zonas climáticas entre la B y la E. El gasto es un 60% más bajo en viviendas construidas acorde a la nueva normativa del Código Técnico (basta con una calificación energética entre D y E) que en las construidas antes de 1980, cuando no había una normativa clara (calificación entre F y G). En zonas con inviernos muy suaves ( $\alpha$  y A) no se verifica esta tendencia por el predominio del ACS en el consumo térmico.
- El gasto absoluto [€/año] depende linealmente de la superficie de la vivienda en las zonas climáticas B a E. Con aislamiento deficiente y para una vivienda de 100 m<sup>2</sup> el gasto térmico teórico mínimo varía entre 873 (zona B) y 2110 (zona E) euros anuales.
- El número de ocupantes sólo tiene una influencia significativa en las zonas con inviernos muy suaves ( $\alpha$  y A), debido al predominio de la preparación del ACS sobre la cobertura de la calefacción.

***La dependencia del gasto térmico teórico con la superficie de la vivienda es lineal, siendo más fuerte en zonas con climas severos. Para una vivienda de 100 m<sup>2</sup> y aislamiento deficiente se sitúa entre 873 €/anuales (climas suaves) y 2.110 €/anuales (climas severos).***

***El número de ocupantes solo influye en el gasto térmico teórico en zonas de climas suaves donde la mayor parte del mismo se dedica a la producción de agua caliente.***

### 3. Estudio del gasto eléctrico y modelo de predicción

Los datos obtenidos por ECODES han sido utilizados también para determinar cuáles son los parámetros más determinantes a la hora de calcular el consumo eléctrico y formular un modelo que permita obtener el gasto eléctrico medio de un hogar en función de dichos parámetros.

Como ya se ha comentado, los datos de ECODES proceden de dos encuestas consecutivas en el tiempo: la primera realizada entre 2015 y 2017 y la segunda entre 2017 y 2019. Los datos que se recogen en estas dos encuestas no son los mismos, dando lugar a una muestra global en la que no se disponen de los mismos campos en todos los registros. Desde el punto de vista del análisis del gasto eléctrico, las diferencias fundamentales entre las dos encuestas se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1: Campos de las dos encuestas relevantes para el cálculo del consumo eléctrico.

Encuesta 2015-17	Encuesta 2017-19
Importe medio mensual de facturas de electricidad (horquilla de gasto)	Consumo medio mensual de electricidad
Potencia contratada	Potencia contratada
Tipo de cocina, lavavajillas, aire acondicionado, tipo de iluminación	Cocina, horno, otros (aire, arcón, lavavajillas, secadora), iluminación

Como se puede observar, en la encuesta 2017-19 no se dispone del gasto eléctrico medio, dato que sí se tiene en la 2015-17. Para solventar este problema y poder analizar los datos de las dos encuestas en conjunto y así disponer de una muestra con mayor número de datos, que permita más robustez en los resultados, se ha estimado el coste de las facturas de electricidad de la encuesta 2017-19 a partir de los valores de consumo medio mensual y de potencia contratada que se recogen en la misma. Esta estimación se ha efectuado usando la ecuación 3.1.

$$\text{Gasto eléctrico/mes} = \{[PC * CPC + (CPA+CE)*CMM]*(1+IE) + AE\}*(1+IVA) \tag{3.1}$$

donde PC es la potencia contratada (kW), CPC el coste de potencia contratada (€/KW-mes), CPA es el coste del peaje de acceso (€/kWh), CE es el coste de la energía (€/kWh), CMM el consumo medio mensual (kWh/mes) y AE es alquiler de equipo (€/mes).

Todos los valores necesarios para realizar este cálculo (coste de peaje de acceso y de energía, coste potencia contratada, impuesto sobre la electricidad, ...) se han obtenido utilizando los datos históricos para cada año, según se recoge en la Tabla 3.2.

El coste de peaje de acceso y de energía se han obtenido para cada año (2017, 2018 y 2019) a través de [LUMIOS](#), herramienta de [Red Eléctrica de España](#). En el caso de la tarifa 2.0 DHA (con discriminación horaria), los componentes del coste de energía facturada se han calculado como la media ponderada de los costes en los dos periodos. Los pesos de esta media son los aconsejados en la herramienta LUMIOS.

En el caso de no disponer del tipo de peaje (2.0 A o 2.0 DHA) se ha hecho una media ponderada por año con el total de nuestra muestra.

Tabla 3.2: Datos para el cálculo del gasto eléctrico a partir del consumo y de la potencia contratada.

Partida	Valor	[Unidad]	Referencia
Alquiler equipos	0,809995833	€/mes	<a href="https://www.boe.es/boe/dias/2007/12/29/pdfs/A53781-53805.pdf">https://www.boe.es/boe/dias/2007/12/29/pdfs/A53781-53805.pdf</a>
Impuesto electricidad	5,11269632	%	<a href="https://www.boe.es/boe/dias/2014/11/28/pdfs/BOE-A-2014-12329.pdf">https://www.boe.es/boe/dias/2014/11/28/pdfs/BOE-A-2014-12329.pdf</a>
Coste energía facturada			<a href="https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/29/pdfs/BOE-A-2014-3376.pdf">https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/29/pdfs/BOE-A-2014-3376.pdf</a>
Peaje acceso energía	2.0A = 0,044027 2.0DHA = 0,02732974	€/kWh	<a href="https://www.boe.es/boe/dias/2014/02/01/pdfs/BOE-A-2014-1052.pdf">https://www.boe.es/boe/dias/2014/02/01/pdfs/BOE-A-2014-1052.pdf</a>
Coste energía	A estimar	€/kWh	<a href="#">Herramienta LUMIOS</a>
Coste potencia contratada	3,42970925	€/kW mes	
Peaje acceso potencia	0,104228564	€/kW día	<a href="https://www.boe.es/boe/dias/2014/02/01/pdfs/BOE-A-2014-1052.pdf">https://www.boe.es/boe/dias/2014/02/01/pdfs/BOE-A-2014-1052.pdf</a>
Comercialización	0,008529	€/kW día	<a href="https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/29/pdfs/BOE-A-2014-3376.pdf">https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/29/pdfs/BOE-A-2014-3376.pdf</a>

Una vez que se ha obtenido el gasto eléctrico para todos los hogares de la muestra 2017-2019, se dispone del gasto eléctrico para todos los hogares de la muestra. Sin embargo, como el objetivo del presente estudio en el ámbito eléctrico es obtener una ecuación que permita estimar el gasto eléctrico de un hogar a partir de la información más relevante de éste, y este gasto se refiere exclusivamente a usos no térmicos de la electricidad, se han eliminado de la muestra de estudio todos los hogares que utilizan electricidad para calefacción y para ACS, así como los que tienen aire acondicionado.

Para tratar de obtener mejor calidad en la muestra de valores, se han eliminado también los registros procedentes de la página web y aquellos en los que falta información relevante, como puede ser número de adultos en el hogar. Con el filtrado realizado se han obtenido 1183 datos que son utilizados en un primer paso para tratar de obtener correlaciones con el gasto eléctrico.

### 3.1 Análisis con los valores sin promediar

En la Figura 3.1 se muestra el gasto eléctrico mensual en € frente al número de adultos que habitan la vivienda. Se observa una gran dispersión en los resultados, lo que se ve reflejado en el valor de coeficiente de determinación  $R^2$  tan bajo obtenido para la recta de regresión.



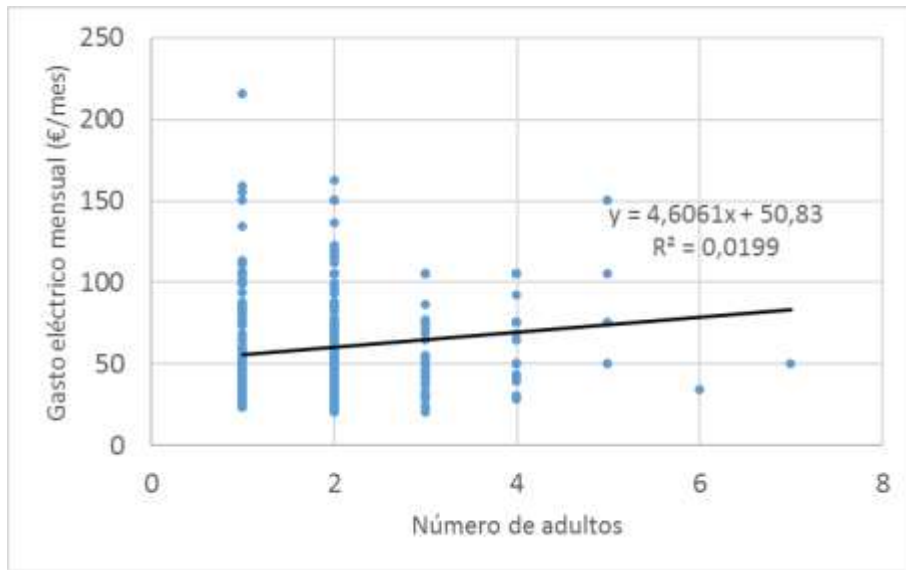


Figura 3.1: Gasto eléctrico mensual (€/mes) frente a número de adultos en la vivienda.

Si se eliminan aquellos datos que corresponden a grupos poco representados en la muestra, como los hogares con más de 3 adultos, se obtiene la distribución y regresión que se muestra en la Figura 3.2. Como se puede observar, la regresión no mejora, sino que incluso empeora. La gran dispersión de los datos hace poco fiables las regresiones así obtenidas.

Tratando de obtener una mejor correlación, se ha estudiado el gasto frente al número total de personas que habitan la vivienda (adultos y niños), obteniéndose la Figura 3.3. De nuevo, la regresión no es buena, con un coeficiente de determinación muy bajo. Se observa en la gráfica que la dispersión de los datos es muy grande.

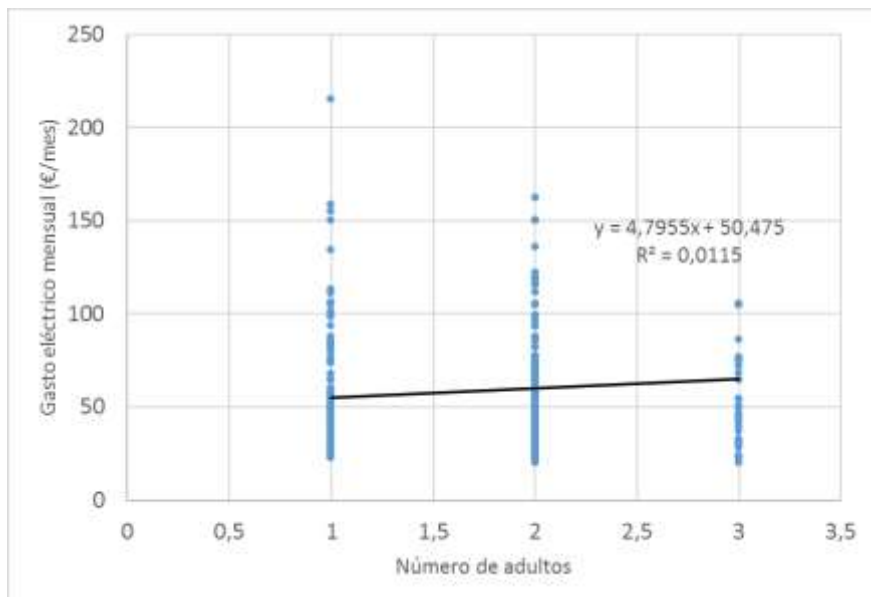


Figura 3.2: Gasto eléctrico mensual (€/mes) frente a número de adultos en la vivienda (únicamente 1, 2 o 3 adultos).

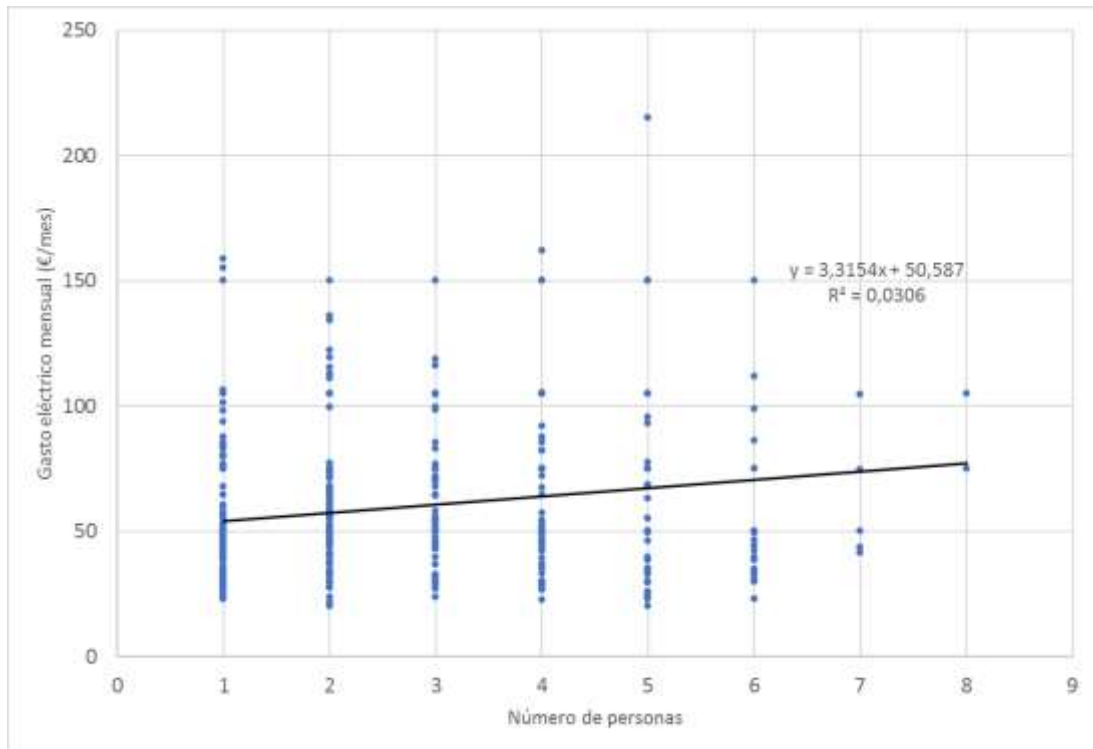


Figura 3.3: Gasto eléctrico mensual (€/mes) frente a número de personas en la vivienda.

Otra variable que se espera que pueda correlacionar bien con el gasto eléctrico es el tamaño de la vivienda. En la Figura 3.4 se muestran la distribución de datos, así como la regresión obtenida, encontrándose de nuevo con mucha dispersión. Ha hecho falta un nuevo filtrado que ha dejado el número de datos en 716.

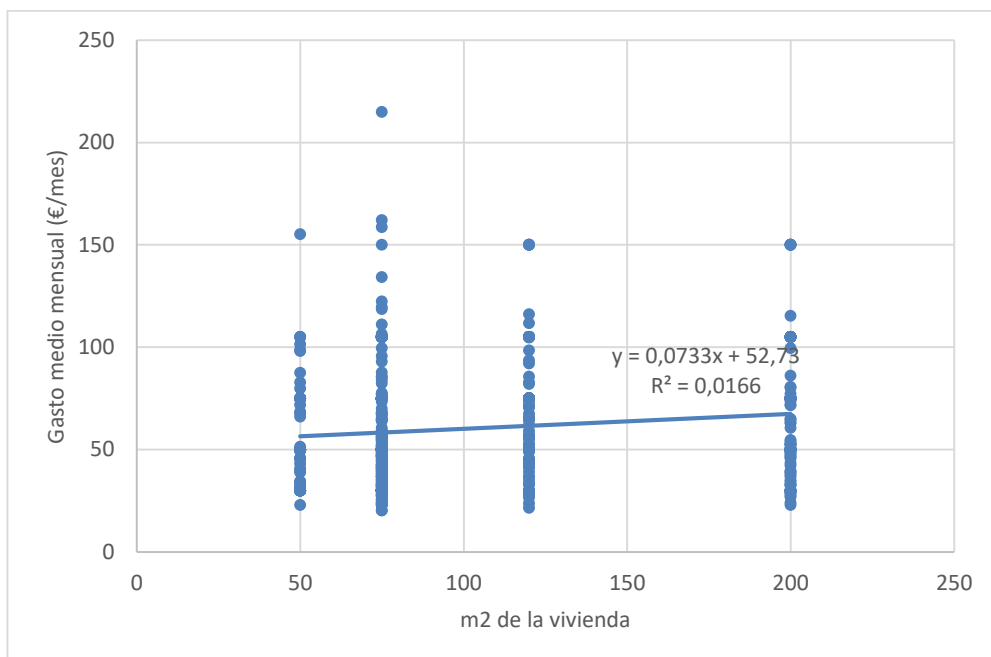


Figura 3.4: Gasto eléctrico mensual (€/mes) frente a la superficie de la vivienda.

Es interesante también estudiar cómo se relaciona la potencia eléctrica contratada con la superficie de la vivienda, de cara a obtener un modelo que permite obtenerla a partir de datos básicos del hogar. Los

datos de las encuestas actuales, sin embargo, no han permitido obtener de forma directa una buena regresión, como se observa en la Figura 3.5.

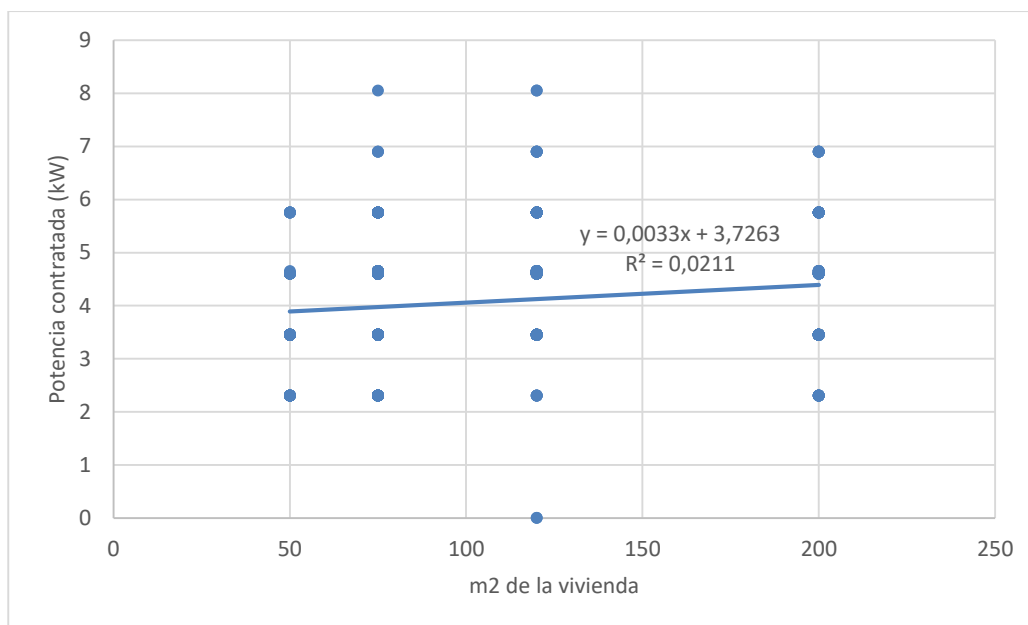


Figura 3.5: Potencia contratada (kW) frente a la superficie de la vivienda.

### 3.2 Análisis con valores medios

Dada la gran dispersión de los datos, que provoca que las regresiones hechas de forma directa sobre todo el conjunto no tengan un buen valor de ajuste, se ha decidido realizar una simplificación consistente en representar a cada subconjunto de valores por su gasto eléctrico mensual promedio. Por ejemplo, como se representa en la Tabla 3.3., en los hogares donde hay un solo adulto el gasto promedio mensual es de 51€, en los hogares con dos adultos el gasto medio es 58€ y así sucesivamente. Se puede observar que el número de adultos más frecuente en los hogares de la muestra es 2, con 302 hogares.

Tabla 3.3: Gasto mensual promedio según el número de adultos en cada vivienda (sólo adultos, en esas viviendas no hay menores).

Nº de adultos	1	2	3	4	5	6	7
Gasto medio mensual (€/mes)	51,05	58,54	67,89	75,73	85,64	92,01	68,03
Frecuencia	195	302	88	40	10	2	3

En la Figura 3.6 se representan esos valores junto con la recta de tendencia que, esta vez sí, tiene un coeficiente de determinación muy alto. Se han descartado los hogares con 6 y 7 adultos por no tener apenas representación en la muestra.

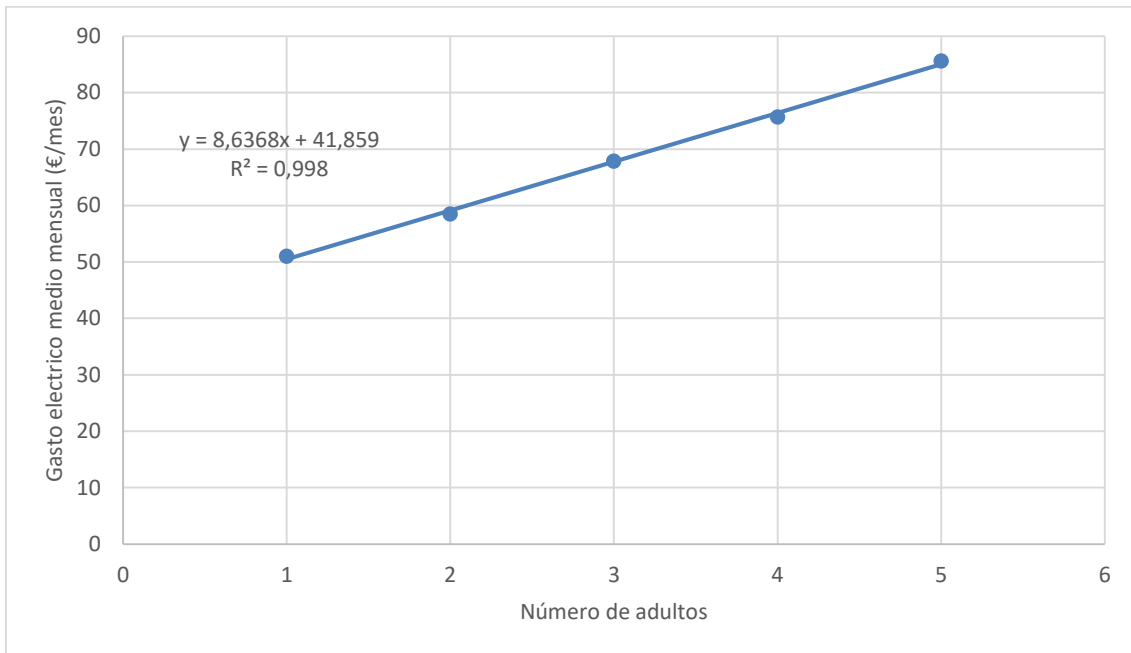


Figura 3.6: Gasto eléctrico medio mensual en función del número de adultos en la vivienda (sólo adultos, en esas viviendas no hay menores).

Haciendo un análisis similar, pero en viviendas en las que hay menores, se obtienen la Tabla 3.4 y la Figura 3.7.

Tabla 3.4: Gasto mensual promedio según el número de adultos (1 o 2) y menores en cada vivienda.

	1 Adulto					
Menores	0	1	2	3	4	
Gasto medio mensual (€/mes)	51.05	54.97	53.04	48.67	98.66	
Frecuencia	195	45	27	13	3	
	2 Adultos					
Menores	0	1	2	3	4	5
Gasto medio mensual (€/mes)	58.54	67.05	73.90	58.40	59.59	74.40
Frecuencia	302	142	146	52	18	3

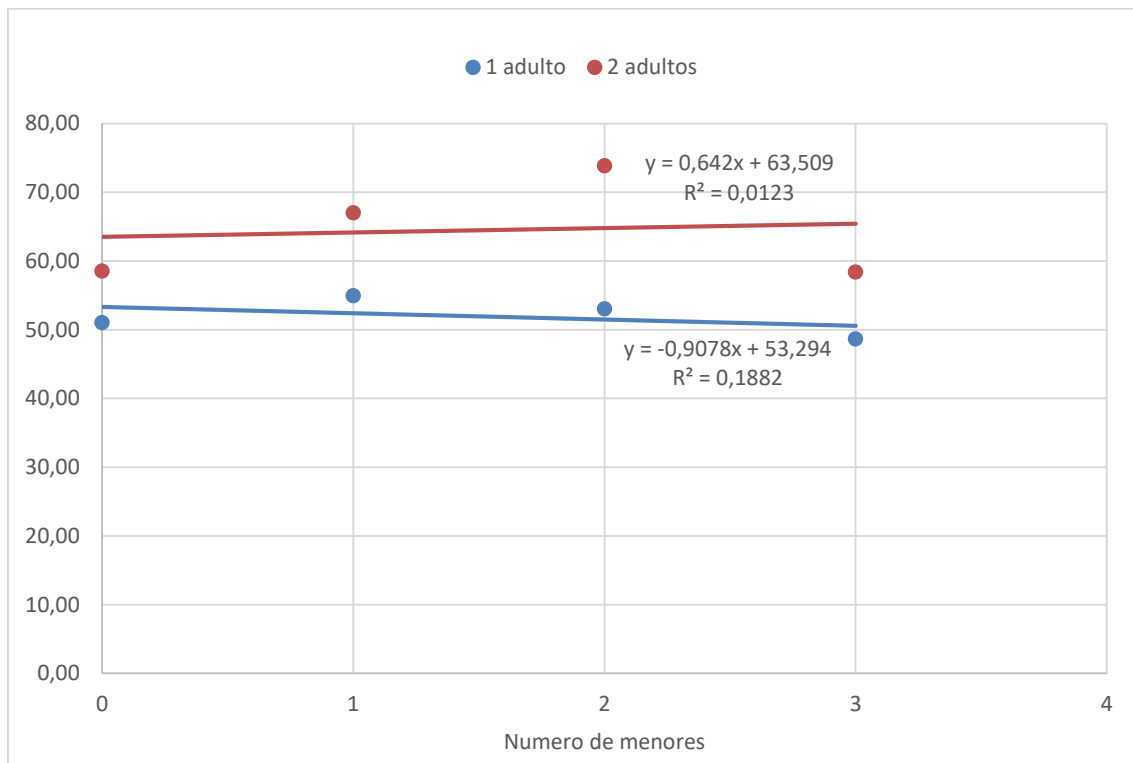


Figura 3.7: Gasto eléctrico medio mensual en función del número de menores en la vivienda (para viviendas con 1 o 2 adultos).

Como puede verse en la Figura 3.7, en los hogares con dos adultos, el gasto en electricidad aumenta con el aumento del número de menores hasta la cantidad de 2. Los promedios de gasto de los hogares con 3 menores bajan mucho respecto al caso con 2 menores y eso provoca la disminución del  $R^2$  de la recta de tendencia. Esto se podría justificar con la falta de recursos económicos de los hogares con tres menores que prefieren ahorrar en la factura de la luz disminuyendo su consumo. La mediana de ingresos mensuales de este colectivo (2 adultos con 3 menores) es 700 €, frente a los 700 € y 650 € de los hogares, respectivamente, con 1 o 2 menores. En los hogares con 1 adulto, al aumentar del número de menores, el promedio de gasto oscila alrededor de 50 €/mes. Por tanto, la recta de regresión en este caso no se ajusta bien a los datos de que se dispone.

En la Figura 3.8 se analiza la tendencia del gasto eléctrico mensual en función del número de parados en la vivienda. En hogares con un solo adulto, el hecho de estar en el paro aumenta el gasto eléctrico mensual. Esto se puede justificar con el mayor número de horas que un adulto desempleado pasa en su vivienda. En hogares con 2 o 3 adultos, el gasto eléctrico mensual disminuye al aumentar del número de parados. La justificación de este tipo de tendencia podría ser la siguiente:

- En hogares donde todos los adultos están trabajando hay menos restricciones económicas y, por eso, hay menos “miedo de gastar” y se dispone de más electrodomésticos. El 77 % de los hogares con 2 o 3 adultos empleados tienen lavavajillas frente al 11-13 % de los hogares con 2 o 3 adultos en el paro.
- Si hay un solo adulto en el paro, es más probable que éste se quede en casa y se dedique a las tareas domésticas, aumentando el consumo eléctrico. Si hay 2 o 3 adultos desempleados, la búsqueda de trabajo es probablemente la tarea principal del hogar (a menos que se trate de casos de economía sumergida) y esto provoca una disminución del consumo eléctrico.

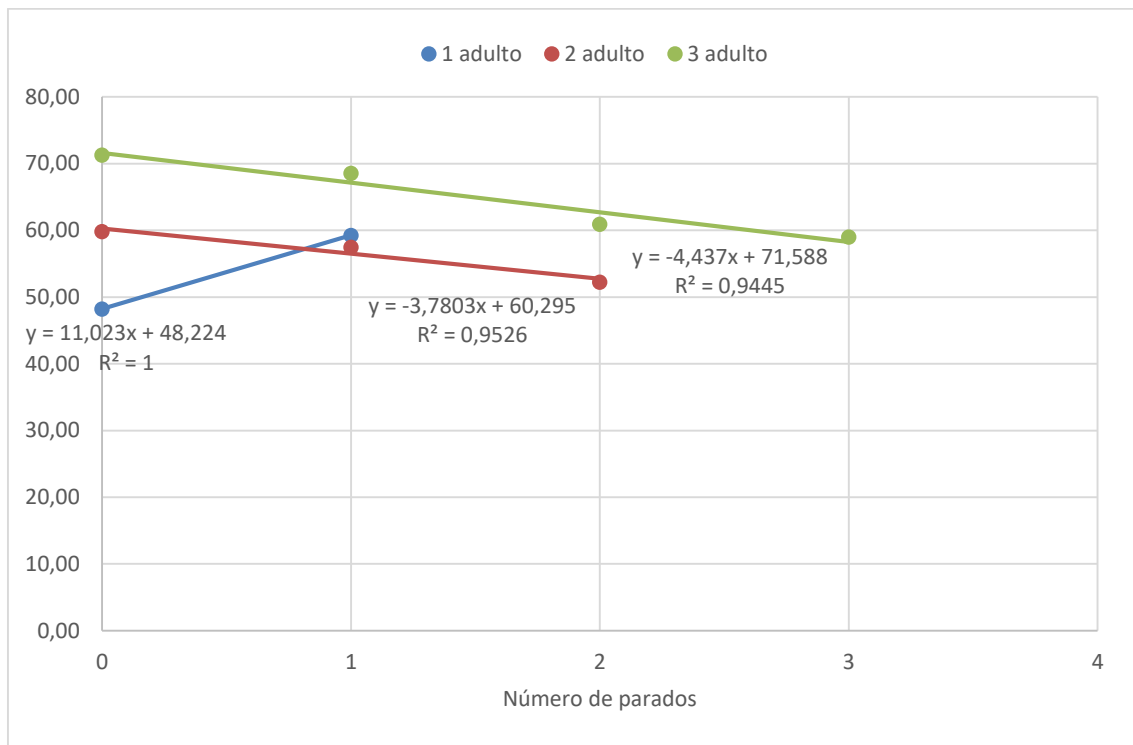


Figura 3.8: Gasto eléctrico medio mensual en función del número de parados en la vivienda (para viviendas con 1, 2 o 3 adultos).

En la Tabla 3.5 y la Figura 3.9 se refleja como varía el gasto medio mensual cuando se relaciona con la superficie de la vivienda. El valor del coeficiente de determinación no es muy alto, pero podría considerarse suficientemente satisfactorio (0.62). Se puede concluir que el gasto eléctrico medio mensual aumenta en función del tamaño de la vivienda.

Tabla 3.5: Gasto eléctrico medio mensual en función de la superficie de la vivienda.

m <sup>2</sup>	50	75	120	200
Gasto medio mensual (€/mes)	53,41	57,77	66,23	64,32
Frecuencia	89	365	156	106

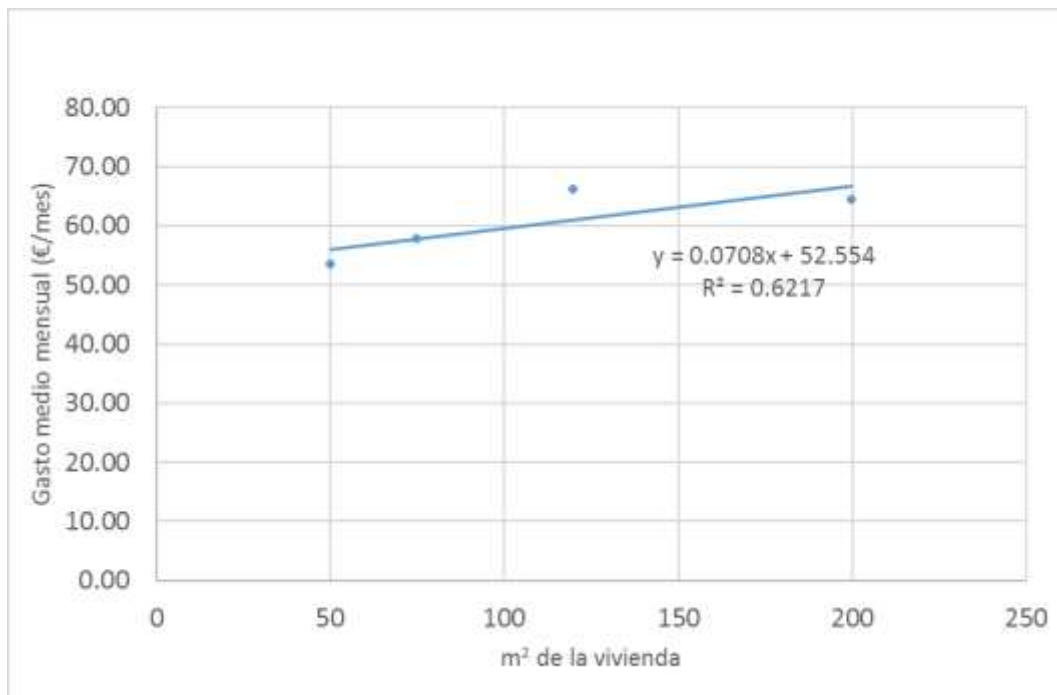


Figura 3.9: Gasto eléctrico medio mensual en función de la superficie de la vivienda.

En la Tabla 3.6 se muestran los promedios de gasto de los hogares de la muestra con y sin lavavajillas. La presencia de este electrodoméstico aumenta el gasto eléctrico mensual del hogar en un 27% de media.

Tabla 3.6: Gasto eléctrico medio mensual en función de la presencia o no de lavavajillas.

Lavavajillas	Si	No
Gasto medio mensual (€/mes)	69,61	54,48
Frecuencia	430	365

Menor influencia parece tener la presencia en la vivienda de aire acondicionado, según se puede observar en la Tabla 3.7. Esto puede deberse a que, al estar trabajando con una muestra de hogares en su mayoría vulnerables, el hecho de que dispongan de aire acondicionado no significa que hagan uso de él.

Tabla 3.7: Gasto eléctrico medio mensual en función de la presencia o no de aire acondicionado.

Aire acondicionado	Si	No
Gasto medio mensual (€/mes)	55,83	53,61
Frecuencia	395	796

En las tablas 3.8 y 3.9 se puede observar el efecto que tiene sobre la potencia contratada el hecho de disponer o no de lavavajillas y de aire acondicionado. Como cabía esperar, en promedio, el disponer de estos equipos supone una mayor potencia contratada. Cuando se dispone de lavavajillas el aumento medio de la potencia contratada es de un 20%, mientras que cuando se dispone de aire acondicionado el aumento es de un 15%.

Tabla 3.8: Potencia media contratada en función de la presencia o no de lavavajillas.

Lavavajillas	Si	No
Potencia media contratada (kW)	4,42	3,68
Frecuencia	431	366

Tabla 3.9: Potencia media contratada en función de la presencia o no de aire acondicionado.

Aire acondicionado	Si	No
Potencia media contratada (kW)	4,5	3,9
Frecuencia	395	796

En la Figura 3.10 se puede observar la tendencia de la potencia contratada por los hogares de la muestra en función del tamaño de su vivienda. Aunque el  $R^2$  no sea muy alto (0,4656), la tendencia es parecida a la del gasto eléctrico medio, o sea la potencia contratada aumenta al aumentar de la superficie de la vivienda.

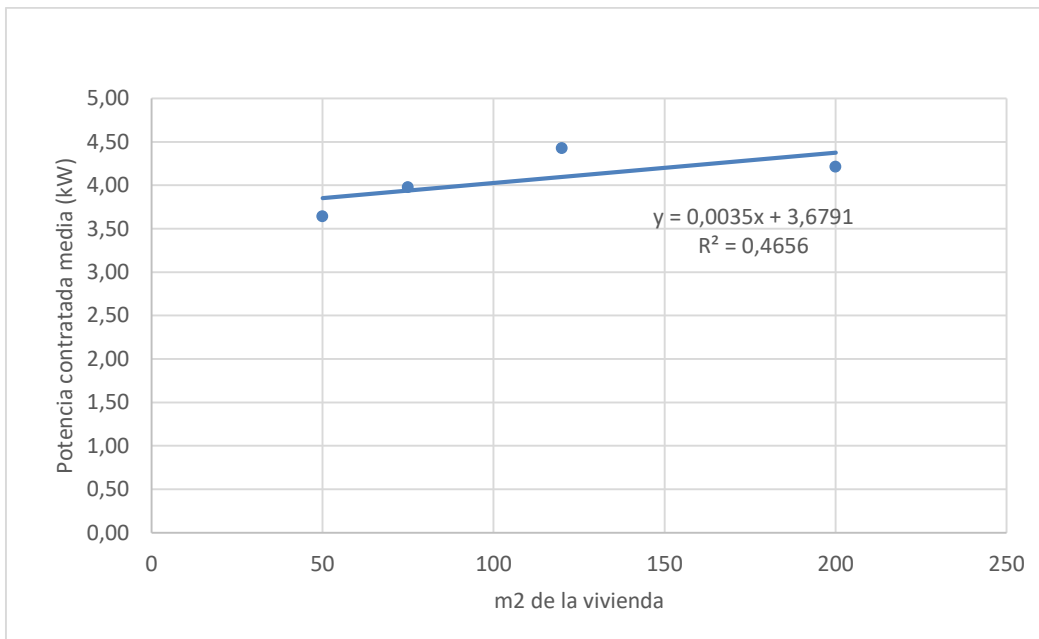


Figura 3.10: Potencia contratada media en función de la superficie de la vivienda.



### 3.3 Conclusiones

En la Tabla 3.10 se resumen las correlaciones que se han obtenido para el gasto eléctrico medio mensual, en función de parámetros de composición del hogar y superficie de la vivienda. Si se observa el coeficiente de determinación, el mejor ajuste corresponde a la regresión en función del número de adultos, siendo además el parámetro que más influye en el gasto.

**El gasto eléctrico de las familias de la muestra depende fuertemente del número de adultos.**

Respecto a la influencia del número de parados en el gasto, no se encuentra una relación clara; lo que sí se pone de manifiesto es que, en hogares con un solo adulto, el hecho de estar en situación de desempleo supone un aumento del gasto eléctrico.

Se puede concluir también que el tamaño de la vivienda influye en el consumo eléctrico, siendo este mayor al aumentar la superficie.

Tabla 3.10: Correlaciones para la estimación del gasto eléctrico mensual en función de parámetros de composición del hogar.

	Recta de regresión	Coficiente de determinación
Número de adultos	$y = 8,6368x + 41,859$	$R^2 = 0,998$
Número de menores (1 adulto)	$y = -0,9078x + 53,294$	$R^2 = 0,1882$
Número de menores (2 adultos)	$y = 0,642x + 63,509$	$R^2 = 0,0123$
Número de parados (1 adultos)	$y = 11,023x + 48,224$	$R^2 = 1$
Número de parados (2 adultos)	$y = -3,7803x + 60,295$	$R^2 = 0,9526$
Número de parados (3 adultos)	$y = -4,437x + 71,588$	$R^2 = 0,9445$
Superficie de la vivienda	$y = 0,0708x + 52,554$	$R^2 = 0,6217$

Cuando en una vivienda se dispone de lavavajillas y aire acondicionado, tanto el gasto eléctrico como la potencia contratada se ven aumentados, como puede verse en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11: Variación del gasto eléctrico y la potencia contratada al disponer de lavavajillas y aire acondicionado.

	Gasto eléctrico	Potencia contratada
Lavavajillas	+27%	+20%
Aire acondicionado	+4%	+15%

Utilizando las correlaciones de la Tabla 3.10, se ha calculado el gasto medio mensual para un hogar tipo (2 adultos y 1 niño, 100 m<sup>2</sup>) y se ha comparado este resultado con el caso ejemplo de EN (3 personas, 100 m<sup>2</sup>), en el que el consumo medio se estimaba en 3.363 kWh/año. Para calcular el gasto que supondría, se ha seguido la metodología descrita al principio de este capítulo, estimando la potencia contratada con la correlación que se presenta en la figura 3.9 (a 100 m<sup>2</sup> le correspondería un promedio de 4.03 kW).

Tabla 3.12: Caso ejemplo del cálculo del gasto medio mensual en electricidad para un hogar tipo, comparado con la referencia de la EN.

	Gasto medio mensual (€/mes)
2 adultos y 1 niño	64,1 €
100 m <sup>2</sup>	59,6 €
EN	64,6 €

El gasto de electricidad calculado utilizando la correlación en función de la composición del hogar reproduce con gran precisión el resultado de la EN; el calculado con la correlación en función de la superficie de la vivienda alcanza un resultado algo menor, pero no se aleja mucho. Este resultado prueba la validez del modelo de gasto eléctrico propuesto en este informe.

## 4. Caracterización de pobreza energética de las familias atendidas por «Ni Un hogar sin Energía»

Esta última sección del informe recoge el estudio de indicadores de pobreza energética sobre la muestra de hogares disponible. Se busca con ello caracterizar el colectivo utilizando las herramientas de medición de la pobreza energética más consolidadas. En ese sentido, cuatro son los indicadores principales que se han utilizado, medidas todas ellas propuestas por el [Observatorio Europeo de Pobreza Energética](#) (EPOV) [4] como sus indicadores principales, que la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética en España, desarrollada por el Ministerio de Transición Ecológica, ha incorporado dentro de su propio análisis para nuestro país.

Comienza pues esta introducción describiendo someramente el trabajo del EPOV en la elección de indicadores de pobreza energética. Posteriormente, se presenta cómo la Estrategia Nacional ha incorporado dichos indicadores y cuáles son los valores obtenidos para el conjunto del Estado en los últimos años. A continuación, termina el apartado introductorio describiendo cómo se han aterrizado estas metodologías al caso concreto de la muestra del presente estudio. En un segundo momento, en el epígrafe de resultados, se presentan los valores obtenidos para cada indicador, así como algunos estudios auxiliares llevados a cabo para profundizar en la comprensión de las particularidades de la muestra. Finalmente, las principales conclusiones del ejercicio quedan recogidas en una sección homónima.

### 4.1 Propuesta del EPOV

Recientemente, el EPOV ha planteado su estrategia de indicadores para el conjunto de la UE-27. El objetivo es la obtención de una batería de indicadores que permita comparar la situación de pobreza energética entre Estados Miembros. El objetivo es que estos indicadores se calculen anualmente de manera que esa comparación refleje no solo la situación estática, sino la evolución de cada Estado en su lucha contra esta problemática social.

Cuatro son los indicadores que se han propuesto:

1. *Retraso en el pago de las facturas.* Se trata de un indicador objetivo que ya se utilizó anteriormente en algunos trabajos pioneros sobre la cuestión en Europa. Se nutre de la encuesta de condiciones de vida EU-SILC recogida por Eurostat. La Figura 4.1. muestra la información más actualizada que recoge el EPOV sobre el mismo.

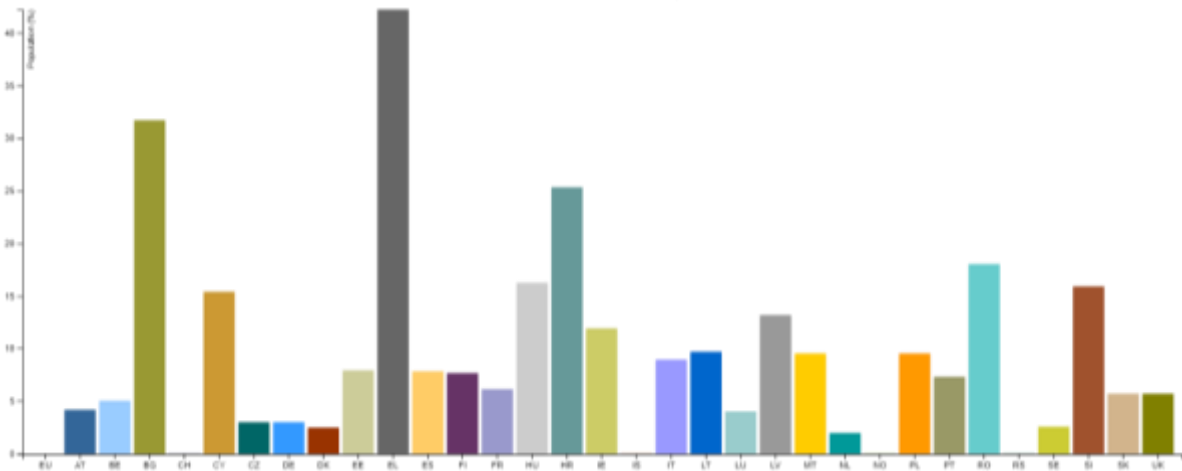


Figura 4.1: Indicador de retraso en pagos EU 2016. [EPOV]

Se observa que las diferencias son muy significativas, yendo desde el 42% en Grecia (EL) al 2% en Holanda (NL)

2. *Incapacidad declarada de mantener el hogar con una temperatura adecuada.* Es el único indicador subjetivo<sup>2</sup> de los propuestos por el EPOV, y es el resultado de recoger la respuesta a una pregunta directa realizada a los miembros de cada hogar entrevistado acerca de si la temperatura en el mismo en invierno es adecuada. Al igual que en el indicador anterior, la fuente de datos es la encuesta EU-SILC. En la Figura 4.2. se muestran los datos más actualizados hasta la fecha que proporciona el EPOV.

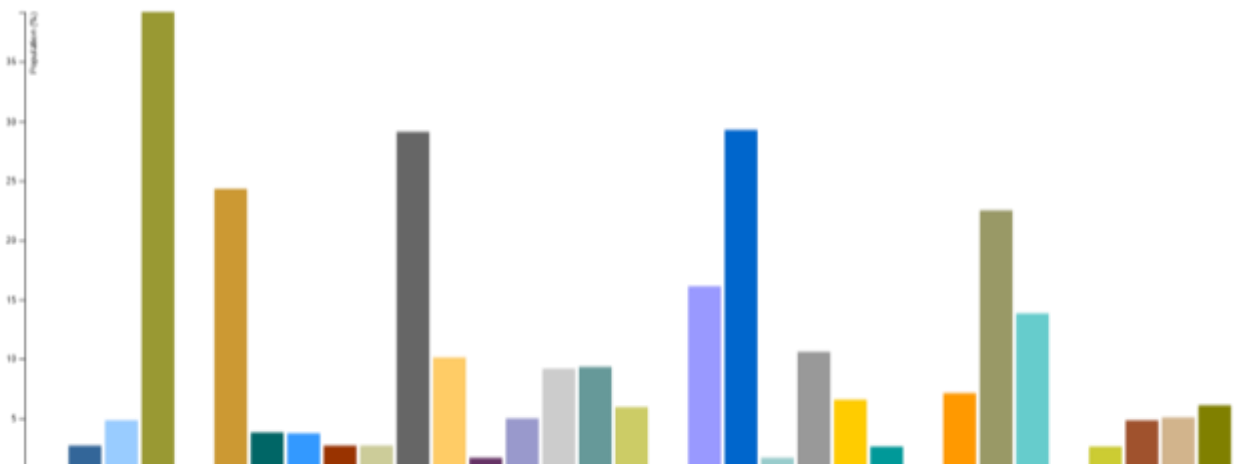


Figura 4.2: Indicador temperatura adecuada en invierno EU 2016. [EPOV]

<sup>2</sup> La literatura especializada incluye tanto este indicador como el de retraso en pagos dentro de la categoría de “indicadores subjetivos”. Lo hace porque ambos usan como fuente de datos la encuesta EU-SILC basada en encuestas cualitativas. Para ahorrar confusiones innecesarias hemos preferido ahorrar al lector esa clasificación, y calificar el indicador de retrasos en pagos como objetivo dado que se trata de una situación fácilmente constatable empíricamente atendiendo a la información disponible en las bases de datos de los proveedores de servicio energético.

En esta ocasión, la horquilla del indicador oscila entre el 39,2% de Bulgaria (BG) y el 1,7% de Finlandia (FI).

3. *Indicador '2M' de gasto desproporcionado.* Según esta métrica, un hogar es pobre energético cuando, o bien su gasto energético absoluto, o bien el porcentaje que este gasto representa con respecto a sus ingresos, supera un determinado umbral relacionado con la media o mediana nacional. Se trata, por tanto, de un indicador relativo al total de hogares, lo que provoca que un hogar pueda salir o entrar en pobreza energética según el comportamiento del agregado de la muestra, algo que resulta problemático. En la práctica, en función del umbral escogido para identificar al hogar en pobreza energética, este indicador tiene cuatro variantes:

- Doble de la media de gasto en energía del conjunto de los hogares
- Doble de la mediana de gasto en energía del conjunto de los hogares
- Doble de la media del porcentaje de gasto en energía con respecto a los ingresos del hogar
- Doble de la mediana del porcentaje de gasto en energía con respecto a los ingresos del hogar

Concretamente, el umbral escogido por la EPOV para sus estadísticas es el último de la lista.

La fuente de datos para el cálculo de este indicador son las Encuestas de Presupuestos Familiares (EPF o HBS en sus siglas en inglés). Se trata de encuestas nacionales que se pusieron en marcha en la mayoría de los Estados miembros de la UE a principios de los años sesenta y Eurostat ha estado recopilando y publicando cada cinco años desde 1988. Las dos últimas rondas de recolección fueron en 2005 y 2010.

Dado que la encuesta se realiza sobre la base de un acuerdo entre caballeros, cada Estado miembro decide los objetivos, la metodología y la frecuencia de su realización. Aunque se han realizado continuos esfuerzos de armonización, persisten las diferencias. Las encuestas varían de un país a otro en términos de frecuencia, calendario, contenido o estructura.

Se muestra en la Figura 4.3. la foto fija de este indicador en la UE en el último año disponible: 2010.

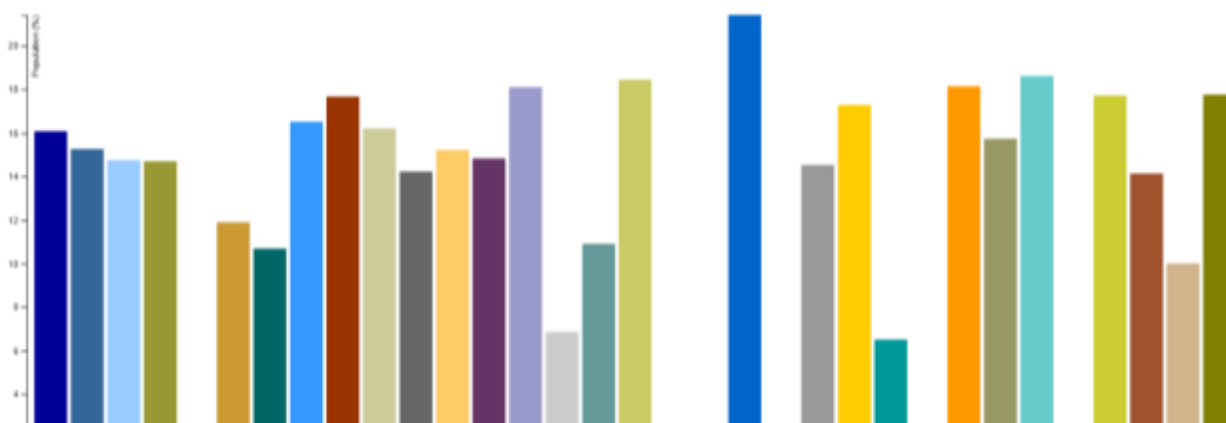


Figura 4.3: Indicador de gasto desproporcionado EU 2010. [EPOV]

En esta ocasión, la dispersión de los resultados entre estados no es tan grande, pero sigue siendo significativa. Lituania (LT) es el país que presenta un índice más elevado (un 21,4% de hogares), mientras que Holanda (NL) es el que menos (6,5% de los hogares).

- Indicador 'M/2' de gasto insuficiente. Es un indicador complementario al anterior que busca medir, aunque sea de forma aproximada, la pobreza energética oculta o escondida (con esa segunda terminología lo recoge de hecho la Estrategia Nacional). Es decir, mide aquellos hogares que consumen menos energía de la que deberían para proveerse del nivel de confort térmico y del resto de servicios energéticos adecuados en el hogar. El umbral propuesto para identificar a aquellos hogares en pobreza energética en este caso es, de nuevo, relativo y se sitúa en la mitad de la mediana de gasto energético nacional. Dicho de otra manera, aquellos hogares que gastan menos de la mitad que el valor mediano del gasto energético en los hogares en el Estado bajo estudio, serán considerados pobres energéticos desde esta perspectiva del gasto insuficiente.

La fuente de datos es de nuevo las encuestas de presupuestos familiares descrita en el punto anterior. La última información aportada por el EPOV para este indicador corresponde a 2010, y se muestra en la Figura 4.4.

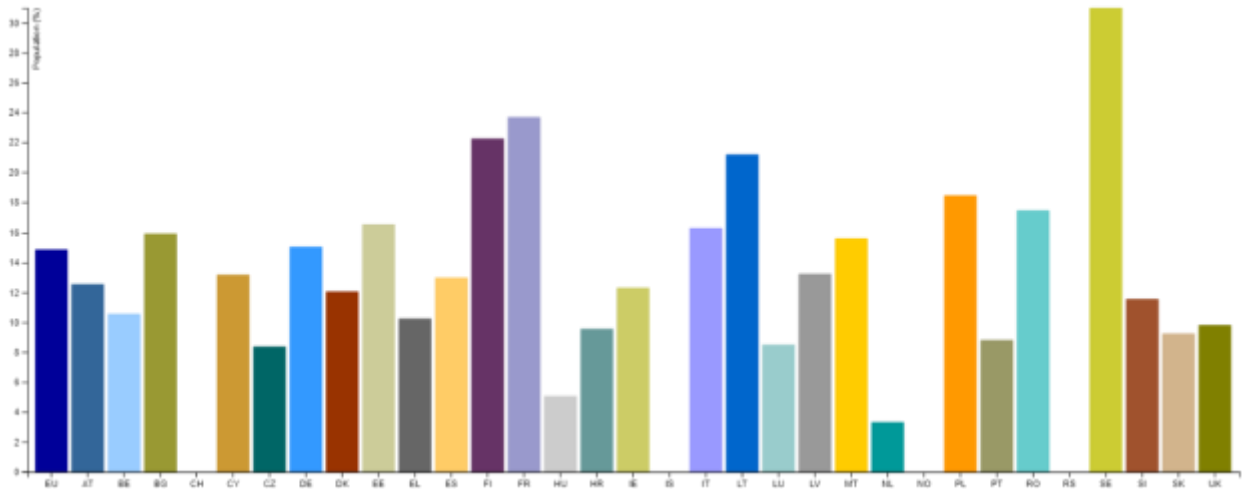


Figura 4.4: Indicador de gasto insuficiente EU 2010.[EPOV]

En esta ocasión es Suecia (SE), sorprendentemente, el país que presenta una mayor incidencia de pobreza energética analizada desde esta perspectiva (un 31% de los hogares), mientras que de nuevo Holanda (NL) es la que menos (un 3,4%). En cualquier caso, hay que ser cautos a la hora de analizar estos datos al menos por dos motivos: el primero es porque se trata de datos de 2010, y la situación ha podido cambiar mucho en esta última década; y en segundo porque este alto índice que presenta Suecia se deba seguramente no a un problema de pobreza energética sino a una cultura mejora de la eficiencia y el ahorro energético en los hogares muy extendida en el país escandinavo.

## 4.2 Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética

La Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024 publicada por el Ministerio de Transición Ecológica a principios de abril de 2019 ha supuesto un hito fundamental en la respuesta de la Administración a este reto social objeto del presente informe. La Estrategia da cumplimiento al mandato establecido en el artículo 1 del Real Decreto ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores, donde se encomendaba al Gobierno la elaboración de una estrategia en el plazo de seis meses. Se trata de un documento sin peso de ley que, sin embargo, orienta el camino para los futuros desarrollos legislativos y ejecutivos a implementar en esta materia en el próximo lustro.

- Las principales aportaciones de la Estrategia se pueden resumir en los siguientes aspectos:
- Se propone una definición oficial de pobreza energética.
- Profundiza en la medición y conocimiento del problema.
- Propone indicadores para medir el problema y una hoja de ruta con objetivos a 2025.
- Identifica medidas paliativas como evolución de los actuales bonos eléctrico y térmico, así como la prohibición de cortes de suministro.
- Propone también medidas estructurales y de concienciación.

En cuanto a las propuestas concretas, la Estrategia se articula en torno a los siguientes ejes de actuación:

- Mejorar el conocimiento de la pobreza energética.
- Mejorar la respuesta frente a la situación actual de pobreza energética.
- Crear un cambio estructural para la reducción de la pobreza energética.
- Medidas de protección a los consumidores y concienciación.

Los cuatro ejes anteriores se concretan en diecinueve medidas a las que se asigna organismos responsables de su seguimiento.

En relación a los indicadores, que es lo que principalmente atañe a esta sección, la Estrategia opta por adoptar para España los mismos cuatro indicadores principales del EPOV. De hecho, no sólo justifica su elección, sino que los calcula en una serie histórica que se presenta en la Tabla 4.1.

*Tabla 4.1: Indicadores de pobreza energética en España 2014-2017. [1]*

	2014	2015	2016	2017
<b>Retraso en el pago de las facturas</b>	9,2%	8,8%	7,8%	7,4%
<b>Temperatura inadecuada en invierno</b>	11,1%	10,6%	10,1%	8%
<b>Gasto desproporcionado (2M)</b>	16,6%	16,6%	16,7%	17,3%
<b>Pobreza energética escondida (HEP)</b>	13,2%	12,2%	12,6%	11,5%

Se observa que la evolución de los indicadores es dispar. Mientras que en tres de ellos la tendencia que se observa es una disminución de la incidencia de la pobreza energética en nuestro país, el tercero

presenta una evolución contraria. Este hecho, que podría parecer paradójico, en realidad no lo es tanto. Simplemente pone de manifiesto que las distintas métricas, a pesar de que todas ellas apuntan a lo mismo, a saber, la medición de la incidencia del fenómeno de la pobreza energética en nuestro país, en realidad lo hacen de forma muy diversa, lo que provoca que comparar unos resultados con otros resulte un ejercicio poco esclarecedor. En todo caso, lo que sí se puede hacer es establecer una horquilla que acote al menos la dimensión de la problemática. Así, atendiendo a los últimos datos disponibles (año 2017) y a las métricas escogidas, se puede afirmar que entre un 7,4% y un 17,3% de los hogares españoles sufren pobreza energética. Este dato se puede traducir en personas si utilizamos los datos del número de hogares en España en 2017 (18.472.800) y el tamaño medio del hogar (2,49) aportados por el INE. De esta forma nos encontramos que la horquilla de ciudadanos que sufren esta lacra social oscila entre los 3,40 y los 7,96 millones.

### **4.3 Aplicación a la muestra**

Se termina esta introducción a la sección de indicadores describiendo de manera somera qué estrategia se ha seguido para el cálculo de indicadores a la muestra de hogares del proyecto.

En principio, se optó por replicar el cálculo de los cuatro indicadores propuestos por la EPOV y, de ahí, por la Estrategia Nacional, como métricas principales para la pobreza energética. Seguidamente se comenta cada uno de ellos de forma pormenorizada:

- *Retraso en el pago de las facturas.* Este indicador queda recogido en la base de datos bajo el epígrafe “Al corriente de pago”, una de las preguntas incorporadas en el cuestionario a partir de 2017. Este hecho provoca que los resultados que se han podido obtener se restringen al periodo 2017-2019.
- *Incapacidad declarada de mantener el hogar con una temperatura adecuada.* Este segundo indicador queda recogido en las encuestas bajo el epígrafe “Temperatura ideal invierno”. En esta ocasión sí se ha dispuesto de datos para el conjunto de la muestra que va de 2015 a 2019.
- *Indicador ‘2M’ de gasto desproporcionado.* De los cuatro posibles umbrales para este indicador, se ha escogido el doble de la mediana del porcentaje de gasto sobre ingresos del total de la muestra, siguiendo la misma filosofía que la Estrategia Nacional. No obstante, como se detalla más adelante, por ser diferentes los orígenes de datos en las dos series temporales que componen la muestra, en lugar de obtener un solo indicador para todo el colectivo, se han obtenido dos valores, uno para el periodo 2015-17 y otro para el 2017-19.
- *Indicador ‘M/2’ de gasto insuficiente.* El análisis termina con el indicador de gasto insuficiente, calculado de nuevo siguiendo la misma metodología propuesta por el EPOV y empleada a su vez por la Estrategia Nacional. Al igual que ocurrió en el indicador ‘2M’, no se ha podido obtener un valor único para toda la muestra y se ha optado por calcular dos, uno para cada periodo bianual. Adicionalmente, se ha propuesto una metodología complementaria para el cálculo de este indicador cuyo umbral se basa no en el gasto mediano sino en el gasto requerido.

### **4.4 Resultados**

A continuación, se presentan los resultados de los indicadores obtenidos para la muestra. En cada caso (1) se comienza describiendo la metodología, (2) se detallan los filtros aplicados a la misma para



proporcionar coherencia a los resultados y, posteriormente, (3) se presentan y se discuten los valores obtenidos.

#### **4.4.1. Retraso en el pago de las facturas**

Tal y como se describió en la introducción, esta métrica objetiva identifica como pobres energéticos aquellos hogares que no están al corriente de pago en sus facturas energéticas. Hay que tener en cuenta que, mientras que en el caso de la EU-SILC (Encuesta de Condiciones de Vida (ECV) en España) la pregunta se circunscribe al último año natural, no es así en la pregunta que recoge la encuesta del presente proyecto, donde simplemente se inquiriere acerca de estar o no el hogar al corriente de pago, sin especificar un periodo determinado.

Así, la metodología de cálculo de este indicador es simple. Basta con contar el número de respuestas afirmativas a esta pregunta presente en el cuestionario.

En relación a los filtros aplicados a la muestra, se parte del propio filtro natural que impone el hecho de solo disponer de esos datos para uno de los sub-periodos de la muestra, el que va de 2017 a 2019. A partir de ahí, se eliminaron aquellos hogares donde no quedó registro de respuesta a esa pregunta, así como aquellos casos en los que se rellenó el cuestionario a través de la aplicación web. Se optó por esto último para eliminar posibles falsos positivos o valores extremos que no reflejaran situaciones reales.

Con todo ello, la Tabla 4.2. recoge el número de hogares de la muestra filtrados y el porcentaje de hogares en pobreza energética identificados según esta métrica.

*Tabla 4.2: Indicador de retraso en el pago de las facturas 2017-2019*

<b>Nº de Hogares</b>	1662
<b>Hogares con retrasos en pagos</b>	73,23%

Llama mucho la atención el alto índice de hogares que declaran no estar al corriente de pagos. Lo hace aún más si se compara con el valor obtenido para el conjunto del Estado en 2017 (ver Tabla 4.1.), donde ese indicador era solo del 7,4% y representa la métrica más benigna de todas. Esta enorme diferencia se explica por las particularidades de la muestra bajo estudio, que recoge principalmente hogares en situación de vulnerabilidad reconocida y que recibe en muchos casos algún tipo de tutela por servicios socialesy/u ONGs sociales, una tutela que en no pocas ocasiones incluye la asunción de las facturas energéticas por parte de dichos organismos públicos o privados.

#### **4.4.2. Incapacidad declarada de mantener el hogar con una temperatura adecuada**

Este segundo indicador, queda recogido en la muestra a través del campo “Temperatura ideal invierno”, de forma similar a como lo hace la encuesta EU-SILC y la ECV.

Al igual que en el caso anterior, la metodología para la obtención del indicador es muy simple. Basta con contar el número de síes en la muestra.

En relación a los filtros aplicados para aumentar la robustez del resultado, se han limitado en esta ocasión a los hogares donde no quedó recogida la respuesta a la pregunta correspondiente, así como aquellos hogares que registraron su información a través del cuestionario online. Los motivos para la elección de estos filtros son idénticos a los descritos para el indicador anterior. Afortunadamente, en este caso el

registro de la respuesta en cuestión estaba presente en ambos periodos de la encuesta, con lo que el número de hogares de la muestra sobre el que se ha calculado el indicador duplica al del caso anterior (y también al de los otros dos indicadores restantes, como se verá más adelante).

Así, en la siguiente tabla se recoge el número de muestras y el resultado final obtenido en % para el indicador de temperatura inadecuada en invierno.

Tabla 4.3: Indicador de temperatura inadecuada en invierno 2015-19

Nº de Hogares	3460
Hogares con temperatura inadecuada en invierno	40,46%

Se observa que el valor del indicador, siendo muy elevado, no alcanza los niveles del que recoge impagos. Aun así, sigue siendo muy superior a su equivalente para el total del país: 40,5% frente al 8%. Este hecho refuerza aún más la lectura que se hizo en el punto anterior: no cabe duda de que el colectivo bajo estudio presenta un nivel de vulnerabilidad muy elevado.

Este punto pone de manifiesto que esta comparación entre el colectivo de la encuesta y el del total de hogares españoles tiene únicamente pleno sentido realizarla partiendo de estos dos primeros indicadores no basados en ingreso-gasto. Dado que los otros dos indicadores restantes, que sí se basan en estas variables económicas de los hogares, se han calculado sobre umbrales relativos a la propia muestra, carece de sentido estadístico compararlos con los resultados agregados para todo el país.

#### 4.4.3. Indicador '2M' de gasto desproporcionado

Tal y como se anticipó en la introducción, debido a las particularidades de la encuesta realizada en cada periodo del proyecto, se ha optado por obtener dos indicadores por separado, uno para cada intervalo temporal. Estas particularidades son:

- La encuesta del periodo 2015-17 recoge horquilla de *gastos totales* en energía, así como horquilla de gastos en electricidad en los hogares.
- La encuesta del periodo 2017-19 recoge únicamente *consumos* de *electricidad* en los hogares, los cuales se han transformado en gastos siguiendo la metodología descrita en el capítulo3.

Así, se ha calculado un primer indicador para el periodo 2015-17 cuyo umbral para la identificación de los hogares en pobreza energética se ha definido como el doble del porcentaje de gasto en energía total sobre ingresos de la muestra filtrada.

- Los filtros aplicados son los siguientes:
- Hogares donde no ha quedado recogido el dato de ingreso
- Hogares donde no existe dato de gasto total en energía
- Hogares donde el gasto total en energía se ha detectado que es menor que el gasto en electricidad (algo carente de sentido que representa claramente un error en el registro de la información que invalida al hogar para la muestra)

De esta manera, los resultados obtenidos para este primer intervalo 2015-17 se muestran en la Tabla 4.4. En ella se recoge el umbral calculado, el número de hogares de la muestra filtrada y el valor del indicador.

*Tabla 4.4: Indicador '2M' en el periodo 2015-17*

<b>Umbral '2M'</b>	12%
<b>Nº de hogares</b>	1063
<b>Indicador '2M'</b>	9,6%

Se observa que la mediana del porcentaje de gasto en energía con respecto a los ingresos se sitúa en el 6% para el conjunto de la muestra, algo superior a la del conjunto del país, que se sitúa en torno al 5%. Es comprensible que así sea por el motivo antes mencionado: el colectivo analizado presenta, en general, bajos ingresos, por lo que el gasto anual en energía supone un peso mayor.

Se puede ver también que el número de hogares de la muestra después de filtrar se queda algo por encima del millar, más o menos la mitad del total de hogares entrevistados en ese periodo 2015-17.

Finalmente, se observa que el indicador en esta ocasión presenta valores mucho menores que en los dos previos y dentro del orden de magnitud de la incidencia en el conjunto del país. El motivo ya fue anticipado anteriormente: al utilizar un umbral relativo a la propia muestra para identificar a los hogares vulnerables se está poniendo el foco en la caracterización de la propia muestra y no en la comparación con el conjunto del país, una comparación que, por otra parte, ha quedado ya bien recogida con los indicadores anteriores.

Una vez presentado el indicador para el periodo 2015-17, se hace lo propio con el otro indicador para el intervalo 2017-2019.

Es importante tener en cuenta que estos resultados para el periodo 2017-2019 están condicionados por la ausencia del dato de gasto incurrido por las familias. Se ha partido del dato de consumo eléctrico en un mes, el único disponible, y a partir de ahí se ha calculado el gasto en electricidad correspondiente. De la misma forma, el umbral aplicado corresponde al porcentaje de gasto en electricidad sobre ingresos calculado sobre el total de la muestra. Finalmente, los filtros aplicados son los mismos que en el periodo anterior.

Así, la Tabla 4.5 recoge el umbral, el número de hogares y el valor en porcentaje obtenido para este indicador en el periodo 2017-2019.

*Tabla 4.5: Indicador '2M' en el periodo 2017-19*

<b>Umbral '2M'</b>	13,51%
<b>Nº de hogares</b>	1056
<b>Indicador '2M'</b>	13,64%

Lo primero que llama la atención es que el umbral '2M' de gasto energético total sobre ingresos de la encuesta 2015-17 es menor del umbral '2M' de gasto solo eléctrico sobre ingresos de la 2017-19, algo que resulta ciertamente extraño. Este resultado es debido a una característica interna de las dos muestras: en la encuesta 2015-17 la mediana de ingresos es 22.200 €/año, mucho mayor que la de la muestra 2017-19, que se queda en 7.566 €/año. Es decir, el colectivo analizado en los dos últimos años es

un colectivo más vulnerable en términos de ingresos. Una posible explicación para esta diferencia puede venir de la inclusión de datos provenientes de registros online de la encuesta. Como se ha explicado anteriormente, en el periodo 2017-19 se han podido filtrar dichos registros para dar más robustez a la encuesta algo que, lamentablemente, no se pudo hacer con los datos del primer periodo por no disponer de la variable binaria que discriminaba este particular.

Debido a lo anterior, cualquier comparación del resultado del indicador (13,64%) con el del periodo 2015-17, carece de sentido estadístico.

#### **4.4.4. Indicador 'M/2' de gasto insuficiente**

Se trata del último indicador, el que refleja gasto insuficiente, para cuyo cálculo se ha seguido la misma lógica presentada en el indicador '2M'. Al tratarse de un indicador basado en gasto, se ha encontrado la misma dificultad para obtener una métrica común para el periodo completo 2015-19, puesto que, mientras que en el primer sub-periodo se contaba con información del gasto total en energía en el hogar, en el segundo solo se disponía de consumo eléctrico.

De esta forma, se ha calculado un primer indicador de gasto insuficiente para la muestra de 2015-17 cuyo umbral para la identificación de los hogares en pobreza energética se ha obtenido como la mitad de la mediana de gasto en energía de los hogares filtrados. Es importante destacar que en este caso el umbral no es sobre porcentaje con respecto a ingresos, como en el caso del '2M', sino directamente como gasto energético mediano anual. Se ha planteado de esta manera en coherencia con la propuesta del EPOV y de la Estrategia Nacional.

Los filtros aplicados son los mismos que en el caso anterior, a saber, hogares sin datos en gasto energético total o eléctrico, y hogares en los que el gasto total ha resultado ser menor que el eléctrico.

Con esto, los valores obtenidos tanto para el umbral como para el indicador en sí, quedan recogidos en la Tabla 4.6.

*Tabla 4.6: Indicador 'M/2' en el periodo 2015-2017*

<b>Umbral M/2</b>	630 €
<b>Nº de hogares</b>	1063
<b>Indicador 'M/2'</b>	11,76%

El resultado obtenido pone de manifiesto que la incidencia de la pobreza energética en ese periodo 2015-17 entendida como gasto insuficiente es algo superior a la que representa una lectura basada en el gasto desproporcionado: 11,76% frente a 9,6%.

Una vez presentando el indicador de gasto insuficiente para el primer periodo, se procede a describir el proceso de obtención de dicho indicador para el segundo periodo de 2017 a 2019.

La metodología en este caso se adapta a las particularidades de la muestra, en la que solo se disponía de información de partida sobre el consumo eléctrico. El umbral por tanto calculado corresponde a la mediana de gasto eléctrico anual del conjunto de hogares en la muestra. Los filtros son idénticos a los descritos para el cálculo del indicador '2M' en este periodo.

Los resultados obtenidos para el umbral, el número de hogares en la muestra y el indicador, se muestran en la Tabla 4.7.

**Tabla 4.7: Indicador 'M/2' en el periodo 2017-19**

<b>Umbral M/2</b>	268,17 €
<b>Nº de hogares</b>	1056
<b>Indicador 'M/2'</b>	6,44%

Quizás llame la atención en una primera lectura de la tabla el valor tan bajo del umbral, sobre todo si se compara con el obtenido para el primer periodo. Conviene recordar que este umbral de gasto se refiere solo a gasto eléctrico, explica la diferencia con el valor anterior.

En relación al valor del indicador, el hecho de que resulte significativamente menor que el del periodo anterior refleja la importancia del gasto térmico, no disponible en este periodo, en la concepción de esta manera de definir la pobreza energética como gasto insuficiente.

#### **4.4.5. Indicador 'M/2' requerido**

En esta última sección dedicada a la exposición de los resultados obtenidos para los indicadores de pobreza energética de la muestra, incorporamos un cálculo adicional sobre el indicador de gasto insuficiente en el periodo 2015-17<sup>3</sup>, que se ha realizado siguiendo una metodología absoluta. El objetivo es complementar los resultados obtenidos para dicho indicador siguiendo la metodología relativa tradicional.

Esta nueva metodología consiste en calcular un umbral no basado exclusivamente en un valor relativo al conjunto de la muestra, sino que incorpore, al menos en la parte térmica, el gasto requerido por cada hogar para proveerse de una temperatura adecuada en el mismo, obtenido según la metodología propuesta en la Estrategia Nacional (GR). Esta ha consistido en asemejar cada hogar de la encuesta a un hogar tipo de 100 m<sup>2</sup>, 3 ocupantes, con aislamiento deficiente y ubicado en la localidad correspondiente (véase el capítulo 2.1).

Así, el umbral se ha calculado sumando al gasto requerido obtenido de esta manera para cada hogar, el gasto mediano eléctrico, valor que se asume como aproximación del gasto requerido eléctrico. Este valor obtenido para el umbral se ha dividido por 2 y por 4 para obtener dos indicadores. El primero estaría en línea con la propuesta de gasto insuficiente del EPOV ya calculada, y el segundo, menos restrictivo, sería coherente con los resultados del informe SPAHOUSEC II<sup>4</sup>[5].

Los resultados obtenidos en este ejercicio quedan recogidos en la Tabla 4.8.

**Tabla 4.8: Indicador 'M/2' requerido GR en el periodo 2015-17**

<b>Nº de hogares</b>	1303
<b>Indicador 'M/2'</b>	48,20%

<sup>3</sup> No se incluye el periodo 2017-2019 por no disponer de datos sobre el gasto térmico real.

<sup>4</sup> El consumo térmico medido en la muestra de 409 hogares del proyecto SPAHOUSEC II es aproximadamente la mitad del consumo térmico requerido calculado con la metodología propuesta en la Estrategia Nacional.

<b>Indicador 'M/4'</b>	<b>21,64%</b>
------------------------	---------------

Queda de manifiesto que, al considerar el gasto térmico requerido en la muestra, el indicador aumenta considerablemente con respecto a cuando se considera un gasto mediano relativo al conjunto de hogares. También se muestra cómo se relaja el resultado al elegir un umbral situado en  $\frac{1}{4}$  del gasto requerido total. Se reduce a menos de la mitad, pero aun así sigue muy por encima del porcentaje detectado por el indicador 'M/2' clásico.

Para profundizar en este resultado, se planteó una metodología alternativa para la obtención de ambos indicadores 'M/2' y 'M/4' requeridos. Consistió en obtener el gasto requerido térmico de la misma forma que la descrita anteriormente, pero en este caso utilizando el dato real del número de ocupantes y la superficie de la vivienda (GRPS). Los resultados se muestran en la Tabla 4.9.

*Tabla 4.9: Indicador 'M/2' requerido GRPS en el periodo 2015-2017*

<b>Nº de hogares</b>	<b>1303</b>
<b>Indicador 'M/2'</b>	<b>55,41%</b>
<b>Indicador 'M/4'</b>	<b>20,80%</b>

Se observa que el resultado del 'M/2' es algo superior al obtenido según la metodología de la Estrategia Nacional, lo que indica que la vulnerabilidad del colectivo aumenta a medida que se afina en la obtención de su gasto requerido. El 'M/4' prácticamente se mantiene igual.

## 4.5 Conclusiones

La Tabla 4.10 recoge un resumen de los resultados obtenidos para los distintos indicadores en cada periodo.

*Tabla 4.10. Resumen de los indicadores calculados en la muestra.*

<b>Periodo</b>	<b>Retraso en pagos</b>	<b>Temperatura inadecuada</b>	<b>2M</b>	<b>M/2</b>	<b>M/2 GR</b>	<b>M/2 GRPS</b>
<b>2015-17</b>	<b>***</b>	<b>40,46%</b>	<b>9,6%</b>	<b>11,76%</b>	<b>48,20%</b>	<b>55,41%</b>
<b>2017-19</b>	<b>73,23%</b>		<b>13,64%</b>	<b>6,44%</b>	<b>***</b>	<b>***</b>

Llama mucho la atención el salto tan significativo que existe entre los dos primeros indicadores y los indicadores basados en ingreso-gasto clásicos. Como se comentó anteriormente, esto se debe a que los primeros dos indicadores son absolutos, es decir, el hecho de estar o no en pobreza energética no está vinculado a que el hogar se sitúe por encima o por debajo de cierto umbral relativo al conjunto de la muestra.

Esta constatación pone de manifiesto que, en términos absolutos, el colectivo presenta un nivel de vulnerabilidad muy elevado. Lo hace además tanto si se pone el foco en la variable de retrasos en pagos como si se pone en la incapacidad para mantener una temperatura adecuada en el hogar. Este segundo

valor además es el único que se ha podido recoger para el conjunto de la muestra (unos 3500 hogares después de aplicar los filtros), y representa a nuestro juicio el valor que de forma más fidedigna representa la situación de pobreza energética absoluta del colectivo. Resulta además especialmente significativo comparar este valor con el equivalente que aporta la Estrategia Nacional en 2017. Solo un 8% de los hogares españoles declaraban problemas para mantener su hogar en una temperatura de confort, en contraste con más del 40% de los hogares en la presente encuesta. Solo este dato ya refleja con claridad la especial vulnerabilidad de la muestra.

***El 40% de los hogares objeto de la muestra declaran problemas para mantener su vivienda a una temperatura de confort, frente al 8% del total de los hogares españoles. Esto evidencia que el colectivo presenta un nivel de vulnerabilidad energético muy elevado.***

Especialmente interesante nos parece el comportamiento del indicador de gasto insuficiente cuando se calcula sobre un umbral basado en el gasto térmico requerido en lugar del gasto mediano. Se observa en este caso un incremento muy significativo del mismo (48,20% o 55,41% frente a 11,76%). Este hecho puede tener dos lecturas distintas: o bien que el colectivo adolece de un problema de pobreza energética oculta (entendido como gasto insuficiente) muy superior al detectado por el indicador clásico, o bien que se están sobreestimando las necesidades teóricas o requeridas del hogar. Un estudio adicional como el descrito en la sección del gasto térmico del informe ayudaría a aclarar la cuestión.

***La muestra de hogares de estudio presenta un indicador de gasto insuficiente muy superior a la media españolas, 55 % frente a 11,76 %, lo que puede indicar que el colectivo adolece de un problema de pobreza energética oculta, es decir que no dispone de recursos para satisfacer sus necesidades energéticas***

En cualquier caso, esta discrepancia entre metodologías de cálculo de indicadores pone de manifiesto la conveniencia de, al menos, plantear métricas basadas en ingreso-gasto obtenidas sobre umbrales absolutos que complementen y maten la información proporcionada por los indicadores relativos.

## 5. Conclusiones generales

Las conclusiones a cada parte del estudio se han aportado en cada capítulo. Se pueden resumir en las siguientes:

- *El gas natural centralizado permite con mayor frecuencia alcanzar el gasto térmico teórico mínimo en todas las zonas climáticas, siendo la siguiente opción el gas natural individual en zonas con inviernos medios (C) a severos (E) o el gasóleo individual en las zonas de inviernos más suaves (A y B).*
- *La dependencia del mínimo GTT con la superficie de la vivienda y el nivel de aislamiento es muy acusada en las zonas climáticas B a E, siendo menor en la zona A.*
- *Se han obtenido correlaciones que permiten estimar de forma satisfactoria el gasto eléctrico medio.*
- *Los indicadores de pobreza energética indican que el colectivo del cual proceden los datos presenta un nivel de vulnerabilidad muy elevado, tanto si se pone el foco en la variable de retrasos en pagos como si se pone en la incapacidad para mantener una temperatura adecuada en el hogar.*

### 5.1 Recomendaciones para mejorar la toma de datos

Del trabajo con las bases de datos se han extraído una serie de recomendaciones con objeto de que sean tenidas en cuenta en la elaboración de los cuestionarios que se cumplimentan en los hogares para un mejor tiramiento posterior de los datos que permita la caracterización más precisa y el desarrollo y contraste herramientas y modelos de predicción del gasto energético más ajustada.

En primer lugar, es fundamental retener el nombre de la localidad en que se sitúa la vivienda, no bastando el código postal. En los datos de 2017-19, en los que no se conocía la localidad sino el código postal fue preciso rechazar el 30% de los mismos, mientras que en los de 2015-17 que sí se conocía la localidad sólo se rechazó el 0,5%.

***Recopilar la localidad, instalación y tipo de suministro de energía en los cuestionarios a los hogares fundamental para mejorar la caracterización y los modelos de predicción del gasto energético de las familias.***

Por otra parte, ha sido preciso calcular 20 configuraciones de instalaciones y suministro porque no era posible determinar la instalación y suministro concreto de la vivienda. Se desaconseja el empleo de la multiselección empleado en 2017-19, siendo además preciso definir de forma inequívoca la instalación y el suministro adecuado. A este respecto se recomienda la elección en varias categorías, pero sólo de un atributo cada vez, tal como plantea la Tabla 5.1.



Tabla 5.1: Opciones propuestas para especificar la configuración térmica de la vivienda.

Calefacción		ACS	
Instalación	Suministro	Instalación	Suministro
Individual	Gas natural	Individual	Gas natural
Central	GLP	Central	GLP
	Gasóleo		Gasóleo
	Biomasa		Biomasa
	Electricidad mediante radiadores		Termo eléctrico
	Electricidad mediante acumuladores		Electricidad mediante bomba de calor
	Electricidad mediante bomba de calor		

Un aspecto no menor es que los datos empleados para el gasto térmico realmente no incluyen datos reales ni de consumo ni de facturación, sino que se han limitado a casos reales de ubicación, superficie, ocupantes y nivel de aislamiento, pero los resultados de los diferentes gastos se han obtenido por simulación. Lo que han permitido los casi 3500 datos tratados es evitar construir una matriz de casos. En este sentido, sería muy valioso poder contar con un estudio basado en repartidores de costes<sup>5</sup> tanto para sistemas centralizados como para individuales, que determinase los consumos reales, de modo que éstos pudiesen ser contrastados con los valores teóricos. Tal estudio (medida experimental, no contrastación con modelos) ha sido llevado a cabo en [SPAHOUSEC II](#), [5] pero la muestra es pequeña y falta información relevante, como superficie de la vivienda, ubicación exacta, ocupantes y nivel de aislamiento.

Para la parte de la comparación del gasto térmico teórico con las medidas reales sería preciso aplicar una [metodología para obtener la demanda horaria anual](#) [6] que permitiese establecer perfiles horarios de temperaturas de consigna, con objeto de captar la demanda en función del perfil del usuario, siendo posible explicar así las apreciables diferencias que se observan entre las medidas reales de SPAHOUSEC II y las teóricas.

***La elaboración de un modelo de predicción del gasto energético de las familias requiere conocer los consumos reales de energía de las familias de una muestra representativa, por ello sería necesario un proyecto piloto de recopilación de datos con repartidores de costes en las viviendas.***

## 5.2 Investigación futura

Como propuesta para continuar con la investigación conjunta entre ECODES y la Cátedra de Energía y Pobreza en la Universidad Pontificia de Comillas en años posteriores, sería deseable migrar la herramienta informática para el cálculo del gasto térmico teórico requerido desarrollada en la Cátedra de Energía y Pobreza y aplicada en este trabajo a la plataforma web de Ni Un hogar Sin Energía, que permitiese su uso por voluntarios en visitas *in situ*, así como su empleo *on line*, generando así en directo

<sup>5</sup> Tal como se ha visto, tratar sólo el gas natural como suministro resulta suficientemente representativo.

el registro de resultados de la vivienda que sería guardado de forma automática en una base de datos para ser explotada en posteriores estudios.

## 6. Difusión del Informe

La difusión del informe se ha realizado a través de dos vías de los medios de ECODES y las redes de multiplicadores.

El informe se ha publicado en la web de ECODES [www.ecodes.org](http://www.ecodes.org) con una media de 23.000 vistas al mes y en la [www.niunhogarsinenergía.org](http://www.niunhogarsinenergía.org), especializada en públicos interesados por la eficiencia energética de hogares y la pobreza energética. También se ha difundido a través de las redes sociales de ECODES: twitter, más de 29.500 seguidores y Facebook.

En cuanto a las redes de multiplicadores se ha difundido a través de:

- La Cátedra de Energía y Pobreza de la Universidad de Pontificia de Comillas de cuyo consejo asesor forman parte de 22 personas de 13 organizaciones: empresas, entidades sociales y universidad, que a su vez lo difundirán entres sus redes.,
- La Plataforma por un Nuevo Modelo Energético de la que forman parte más de 461 organizaciones
- Alianza por el Clima, la cual está formada por más de 400 organizaciones de nuestro país que representan al movimiento ecologista, sindical, de cooperación al desarrollo, ciencia e investigación y consumidores. Esta más de 400 organizaciones a su vez han podido compartir con sus socios el informe resultado de la investigación.
- El Observatorio Europeo de la Pobreza Energética impulsado por la Comisión Europea en la sección e informes y publicaciones de la que forman parte más de 300 especialistas de todos los estados miembros

## 7. Nomenclatura

A	Superficie de la vivienda
ACS	Agua caliente sanitaria
B	Coficiente para corregir la temperatura del agua de red
C	Consumo energético para satisfacer la demanda térmica
C <sub>1</sub> ó C <sub>2</sub>	Índice de calificación energética del edificio
CEEE	Calificación de la Eficiencia Energética de los Edificios
CTE	Código Técnica de la Edificación
D	Demanda térmica final del edificio
DR	Demanda de referencia
ECV	Encuesta de Condiciones de Vida
EN	Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024
EPF	Encuesta de Presupuestos Familiares
EPOV	Observatorio Europeo de Pobreza Energética
EU-SILC	Encuesta de Condiciones de Vida europea
f <sub>c</sub>	Factor corrector para obtener la demanda térmica
GLP	Gas licuado del petróleo
GR	Gasto térmico requerido (para una vivienda, suministro e instalaciones estándar). Definido en la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024.
GRPS	Gasto térmico requerido definido según la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024, pero calculado para la superficie real de la vivienda y sus ocupantes.
GTT	Gasto térmico teórico (adaptado a las características reales de la vivienda)
H	Altitud de la localidad
NBE	Norma Básica de la Edificación (NBE)
pax	Persona
Q	Consumo de ACS equivalente a 60°C
R ó R'	Dispersión de la demanda de referencia en el parque de edificios tomado como referencia para establecer la CEEE
SPF	Rendimiento medio estacional del generador térmico
ZCI	Zona climática de invierno
ZCV	Zona climática de verano

## 8. Bibliografía

- [1] Ministerio para la Transición Ecológica, Estrategia Nacional Contra la Pobreza Energética 2019-2014, 2019.
- [2] Ministerio de Fomento, Código Técnico de la Edificación, 2017.
- [3] IDAE, Calificación de la Eficiencia Energética de los Edificios, 2015.
- [4] EPOV, EU Energy Poverty Observatory. Página web
- [5] IDAE, SPAHOUSEC II: Análisis estadístico del consumo de gas natural en las viviendas principales con calefacción individual, 2019
- [6] M. Uris Mas, Viabilidad técnico-económica de la cogeneración para el sector residencial en España a partir de biomasa mediante ciclo de Rankine orgánico, Tesis Doctoral, Universidad Pontificia Comillas, 2017



Elaborado por:

**ecodes**  
tiempo de actuar

**CÁTEDRA  
DE ENERGÍA  
Y POBREZA**



Con el apoyo de: