

Proyecto VAREX-2022

Evaluación del impacto de la rehabilitación exprés en la pobreza energética: análisis de casos reales.



IIT
INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN
TECNOLÓGICA

Fundación
Naturgy 

Proyecto VAREX-2022

Evaluación del impacto de la rehabilitación exprés en la pobreza energética: análisis de casos reales.

Junio 2023



IIT
INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN
TECNOLÓGICA

Fundación
Naturgy

Autores: Roberto Barrella, José Carlos Romero Mora.

Con la colaboración de: Ester Sevilla García, Almudena Laguillo García-Pelayo, Efraim Centeno Hernández y Brandon Fernández Duché.

Preparado por el IIT-COMILLAS para Fundación Naturgy.

Titularidad y responsabilidad.

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

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

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

Índice

Resumen ejecutivo	7
1. Introducción	10
2. Climatización, eficiencia y pobreza energética en el caso de estudio analizado	16
2.1. Necesidades de climatización	16
2.2. Eficiencia energética de los edificios	19
2.3. Pobreza y pobreza energética	20
3. Caracterización de los hogares beneficiarios del Fondo Solidario de Rehabilitación Energética en el caso local analizado	24
4. Modelo de medición y resultados	28
4.1. Cálculo teórico de la reducción de consumo generado por las intervenciones	28
4.1.1. Reducción de la demanda energética por medidas pasivas	28
4.1.2. Reducción del consumo energético por medidas activas	33
4.1.3. Reducción del consumo energético por medidas de microeficiencia	39
4.1.4. Intervenciones realizadas en los hogares analizados	42
4.2. Gasto energético real y requerido de los hogares	44
4.3. Impacto en la pobreza energética oculta	50
5. Conclusiones y recomendaciones	54
6. Referencias	58
7. Anexo	60

Resumen ejecutivo

Una de las principales causas de la pobreza vinculada a la energía es la baja eficiencia energética de las viviendas. De hecho, esta es una de las características más comunes en las familias que padecen esta problemática social. En este contexto, desde 2018, administraciones públicas y entidades del Tercer Sector que colaboran con el Fondo Solidario de Rehabilitación Energética de Fundación Naturgy (Fondo) han ido implementando diferentes tipos de intervenciones en hogares vulnerables, que se pueden clasificar bajo el paraguas de “rehabilitación exprés”. En 2022, se publicó un primer análisis de los beneficios de la rehabilitación exprés en hogares vulnerables y las aportaciones de las entidades sociales que colaboran con el Fondo (Fundación Naturgy, 2022). Ese informe destacaba que el hecho de establecer objetivos claros y unos procedimientos simples y desburocratizados han permitido realizar 3.005 intervenciones en los primeros cuatro años del programa. A día de hoy, estas intervenciones exprés han alcanzado 3.660 hogares. No obstante, tal y como ha ocurrido en la mayoría de las intervenciones realizadas en otros programas españoles, en el citado informe no se realiza una cuantificación del impacto de la rehabilitación energética en la economía doméstica de los hogares beneficiados y, en particular, en su situación de pobreza energética.

El objetivo de este proyecto es realizar una valoración objetiva del impacto sobre la pobreza energética de las intervenciones exprés llevadas a cabo por Fundación Naturgy y las ONGs colaboradoras en el marco del Fondo Solidario de Rehabilitación Energética.

Para llenar esta laguna, en noviembre 2022, se puso en marcha el proyecto Valoración Rehabilitaciones Exprés (VAREX-2022), realizado por el Instituto de Investigación Tecnológica (IIT), en colaboración con la Cátedra de Energía y Pobreza (Universidad Pontificia Comillas), para Fundación Naturgy. El objetivo de este proyecto, finalizado en mayo 2023, era realizar una valoración objetiva del impacto sobre la pobreza energética de las intervenciones exprés realizadas por Fundación Naturgy y las ONGs colaboradoras en el marco del Fondo Solidario de Rehabilitación Energética. Para cumplir con ese objetivo, en este informe se presenta la metodología general de evaluación del impacto real de la rehabilitación exprés en viviendas. Posteriormente, se presenta el análisis de impacto en un caso estudio específico (54 hogares vulnerables en Cataluña) a partir de las características del hogar y las facturas de energía antes y después de la realización de las intervenciones, comparando el gasto real con el gasto energético requerido. Finalmente, se plantea el cálculo de un indicador de pobreza energética oculta para medir el impacto directo de la rehabilitación en la pobreza vinculada a la energía, siendo esta dimensión de infra gasto por falta de asequibilidad la faceta más acuciante de la vulnerabilidad energética a nivel nacional y en Cataluña.

Pasamos de tener un 89% de hogares en esta situación de vulnerabilidad energética a un 79%, es decir, se produce una reducción del 12% de la incidencia de la pobreza energética oculta.



La recopilación de datos de los 54 hogares beneficiarios del Fondo y su posterior elaboración para la estimación de sus gastos energéticos reales y requeridos han permitido tener una estimación de la extensión y profundidad de la pobreza energética oculta (indicador HEP) en la muestra analizada. Considerando el conjunto de hogares analizados, el indicador HEP baja significativamente tras la rehabilitación energética exprés. En particular, pasamos de tener un 89% de hogares en esta situación de vulnerabilidad energética a un 79%, es decir se produce una reducción del 12% de la incidencia de la pobreza energética oculta. Por otro lado, la brecha de pobreza energética (diferencia entre la mitad del gasto energético requerido de un hogar y su gasto energético real) pasa de unos 423€/año a unos 313€/año, marcando así un efecto positivo de las intervenciones analizadas en la situación de pobreza vinculada a la energía del conjunto de hogares analizados. La medida más efectiva en términos de porcentajes de hogares que salen de la pobreza energética oculta, entre las analizadas, es la sustitución de electrodomésticos (que produce una bajada del 25%), seguida por la sustitución del sistema de calefacción o ACS (20%). Por otro lado, si se compara la brecha de la pobreza energética antes y después de la intervención, la medida más efectiva para reducir dicha brecha es la sustitución de vidrios y carpintería (reducción del 45%), seguida por la sustitución del sistema de calefacción o ACS (35%) y el cambio de electrodomésticos (22%). Estos resultados destacan, una vez más, la relevancia de medir tanto la extensión como la profundidad de esta lacra

social. Por ejemplo, los hogares en los que sustituyeron las ventanas no consiguen salir de la pobreza energética por su situación severa de vulnerabilidad y la baja eficiencia energética inicial de sus viviendas. Sin embargo, gracias a esta medida consiguen reducir considerablemente su brecha, es decir, su situación de infra gasto se ve muy aliviada.

Extrapolando los resultados a la población vulnerable en España, el informe produce una serie de recomendaciones que podrían ser útiles para los responsables de tomar decisiones y las organizaciones a la hora de diseñar e implementar intervenciones exprés en las viviendas:

- La sustitución de sistemas de calefacción, ventanas y electrodomésticos son las medidas que se tendrían que priorizar (entre las incluidas en el estudio) cuando se decide acometer una rehabilitación exprés en hogares vulnerables.
- Otras medidas muy prometedoras a nivel teórico que no se implementaron en la muestra analizada, a saber, la mejora del aislamiento en muros y techos, tendrían que ejecutarse para obtener una rehabilitación más profunda de la envolvente térmica de la vivienda.
- Los beneficios generados por el Fondo Solidario de Rehabilitación Energética de Fundación Naturgy alientan a la sociedad a seguir potenciando la colaboración entre entidades para crear redes solidarias que eviten la cronificación de la pobreza energética en España.

Finalmente, este documento sugiere algunas posibles extensiones del estudio de medición de impacto de la rehabilitación exprés a partir de la metodología y los resultados de este proyecto.

Si se compara la brecha de la pobreza energética antes y después de la intervención, las medidas más efectivas para reducir dicha brecha son la sustitución de vidrios y carpintería, del sistema de calefacción o ACS y el cambio de electrodomésticos.

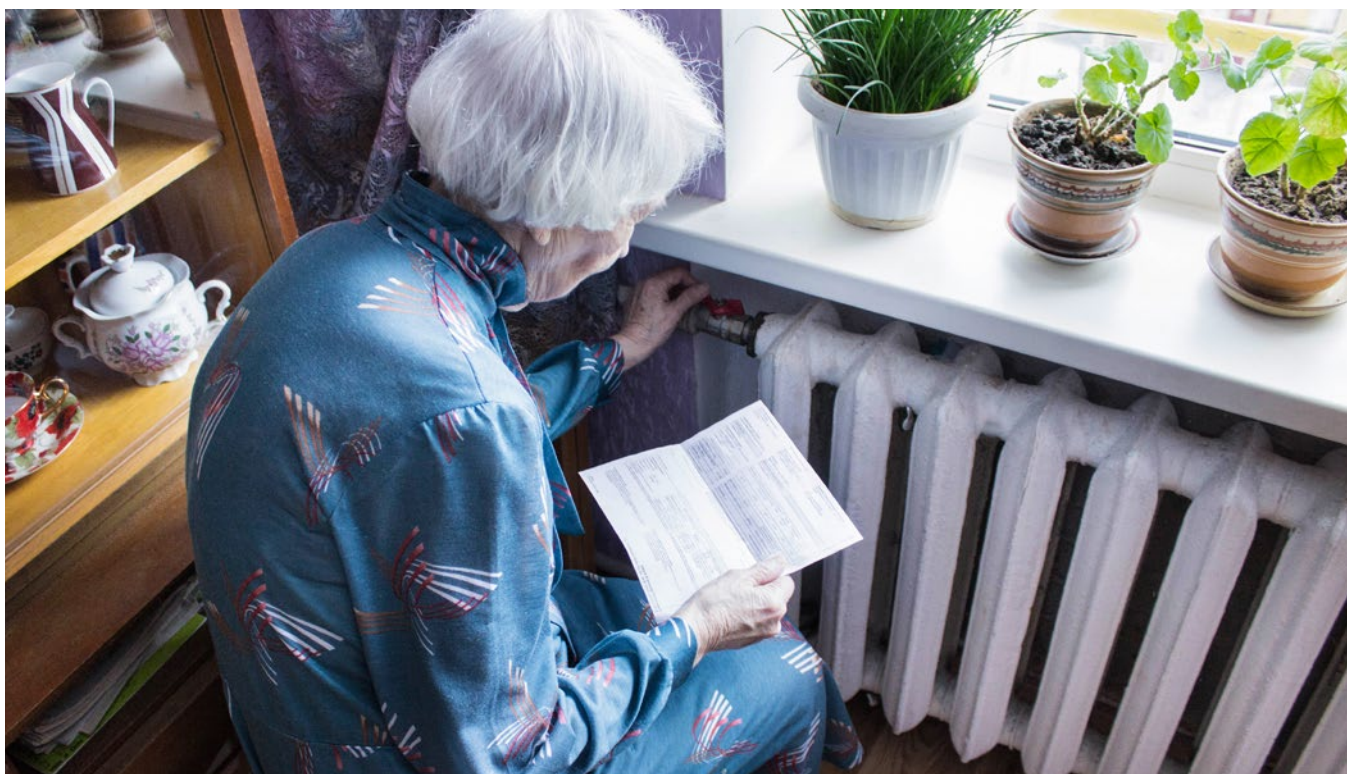
1. Introducción

Una de las principales causas de la pobreza energética es la baja eficiencia energética de las viviendas. Las familias en situación de vulnerabilidad suelen vivir en edificios antiguos y muy ineficientes desde el punto de vista energético (Santamouris et al., 2007). De hecho, según la Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF) del INE, en 2019, el 72% de los hogares españoles pertenecientes a los cinco deciles de renta más bajos vivían en edificios construidos hace más de 25 años. El bajo nivel de ingresos de estas familias debilita su capacidad de acometer reformas en sus viviendas, en particular, las que podrían mejorar su eficiencia energética, es decir, las que comúnmente se clasifican como actuaciones de “rehabilitación energética”. Además, según la encuesta antes mencionada, el 23% de los hogares con ingresos más bajos vive en viviendas alquiladas, frente al 13% de los de ingresos más altos (EPF, 2019). Este hecho suele ser una barrera adicional hacia la mejora de la calidad energética de sus viviendas. En efecto, si el régimen de tenencia es el alquiler, la paradoja surge de la financiación de las intervenciones por parte del propietario, que no vive en el inmueble y que podría incluso subir el alquiler al disponer de una vivienda más eficiente (cfr. dilema propietario/inquilino [Bouzarovski et al., 2020]).

Un estudio realizado en España (Aranda et al., 2017) clasificó las diferentes medidas de eficiencia energética aplicables en las intervenciones de rehabilitación de viviendas en función del componente/equipo del edificio afectado:

- Envoltente térmica: medidas pasivas para mejorar la envoltente térmica del edificio.
- Climatización: medidas activas para mejorar los equipos de calefacción y aire acondicionado (calefacción/refrigeración).
- Agua Caliente Sanitaria (ACS): renovación de equipos de agua caliente sanitaria.
- Iluminación: intervenciones en el sistema de iluminación.
- Electrodomésticos: ahorro energético y sustitución.
- Fuentes de energías renovables y otras: instalación de microplantas de autoconsumo eléctricas (fotovoltaicas), térmicas (termosolares) o ambas (cogeneración).

En definitiva, para reducir el consumo de energía y, en consecuencia, recortar el gasto energético de los hogares vulnerables, se pueden llevar a cabo dos grandes tipologías de intervenciones estructurales: medidas activas y pasivas. Las primeras se aplican a los sistemas activos de la vivienda/edificio, como los equipos de climatización. Las segundas pretenden mejorar el comportamiento térmico de la envoltente de vivienda.



Estos temas se han abordado en profundidad en la Estrategia Nacional contra la Pobreza Energética 2019-2024 (ENPE), que destaca la mejora de la eficiencia energética de las viviendas como la herramienta clave para luchar contra la pobreza energética de forma estructural en España.

Esta lucha, según los últimos datos disponibles, correspondientes a 2021, ha tenido resultados desiguales según el indicador que se considere. Según (Romero et al., 2022), mientras que los indicadores que miden gasto desproporcionado e impagos han mejorado ligeramente, el indicador de pobreza energética oculta y el de temperatura inadecuada en el hogar han empeorado muy notablemente. Este resultado refleja algo esperable. El año 2021 supuso la vuelta definitiva a la normalidad tras la pandemia, a lo que se unió el comienzo de la crisis de precio en el gas natural, que se contagió rápidamente a la electricidad. Esto tuvo un impacto muy significativo en los consumidores españoles, especialmente los vulnerables, y requirió de medidas regulatorias adicionales por parte del gobierno.

Volviendo a la ENPE, y centrándonos en lo que nos ocupa, a saber, las medidas de eficiencia, el documento propone la implementación de tres tipos de medidas:

1. Medidas a corto plazo: rehabilitación "expres" de bajo coste de las viviendas.
2. Medidas a medio plazo: sustitución de equipos domésticos y promoción de viviendas sociales asequibles.
3. Medidas a largo plazo: rehabilitación integral de edificios.

Por otro lado, la actualización de 2020 de la Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España (ERESEE) establecía un plan específico para combatir la pobreza energética a través de intervenciones de eficiencia energética. Sin embargo, ni la ENPE 2019-2024 ni la ERESEE 2020 presentan una evaluación del impacto real de estas medidas en los gastos de los hogares y en la pobreza energética.

En el sector privado, varias ONGs han llevado a cabo campañas de micro-intervenciones (ahorro energético en iluminación y micro-medidas pasivas) para mejorar la eficiencia energética de las viviendas (“microeficiencia”), a menudo financiadas por empresas energéticas. Sin embargo, dado su limitado alcance, no se suelen incluir en las medidas de rehabilitación exprés propiamente dichas (la excepción es la instalación de burletes en las ventanas que se suelen incluir en ambas tipologías de medidas)¹.

Los mayores obstáculos a los que se enfrentan los hogares vulnerables a la hora de optar por la rehabilitación energética son, por un lado, la falta de recursos para realizar la inversión y, por otro lado, el desconocimiento y la compleja burocracia relacionada con la solicitud de ayudas.

El informe que propuso el citado término y analizó por primera vez en profundidad la categoría de medidas de “rehabilitación exprés” y su aplicación a los hogares vulnerables (recogido posteriormente en la Estrategia) es el financiado por Fundación Naturgy en 2017 (de Luxán García De Diego et al., 2017), posteriormente actualizado en 2022 (de Luxán García De Diego et al., 2022). Este estudio propuso una rehabilitación exprés de viviendas que comprende una serie de medidas de bajo coste que pueden aplicarse a la envolvente térmica (medidas pasivas) de los hogares vulnerables. Las autoras calcularon el ahorro energético resultante de la aplicación de la rehabilitación de bajo coste en un edificio modelo de tres plantas. El cálculo, basado en el criterio de confort adaptativo (Sánchez-Guevara Sánchez et al., 2017), se llevó a cabo en cuatro ciudades españolas (Barcelona, La Coruña, Madrid y Sevilla). Estos estudios demostraron que, incluso una inversión modesta en la eficiencia energética de las viviendas (aprox. 4.500 euros en 2017, actualizado a entre 5.600 y los 8.000 euros en 2022 [de Luxán García De Diego et al., 2022]), puede suponer un ahorro energético considerable. Un informe anterior publicado en 2012 por la Asociación de Ciencias Ambientales (ACA) (Tirado Herrero and López Fernández, J. L., & Martín García, 2012) señalaba los beneficios adicionales de la rehabilitación energética de edificios en los hogares españoles: (1) permite reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; (2) genera empleo en el sector de la construcción; (3) mejora la calidad del ambiente interior, reduciendo la exposición de los miembros del hogar a enfermedades crónicas.

¹ En particular, las medidas de microeficiencia no se incluyen en la definición de ‘rehabilitación exprés’ propuesta en el primer informe de Fundación Naturgy (de Luxán García De Diego et al., 2017), entonces se consideraban como otra clase de medidas.

Por otro lado, ejemplos de medidas activas son la sustitución de los equipos de climatización (calefacción/refrigeración) o la instalación de microrredes de autoconsumo. La sustitución de las calderas antiguas por otras modernas de condensación es una de las medidas más fáciles de aplicar. Las guías técnicas realizadas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) permiten calcular el ahorro energético debido a la sustitución de un equipo de climatización y/o ACS. Sin embargo, para obtener todo el potencial de ahorro, además sería necesario optimizar el tipo y tamaño de los nuevos equipos.



Ambos tipos de medidas, activas y pasivas, se han aplicado al sector residencial español. Sin embargo, los mayores obstáculos a los que se enfrentan los hogares con bajos ingresos a la hora de optar por la rehabilitación energética son, por un lado, la falta de recursos para realizar la inversión y, por otro lado, el desconocimiento y la compleja burocracia relacionada con la solicitud de ayudas. En este sentido, desde el año posterior al que se publicó el primer informe financiado por Fundación Naturgy en 2017 (de Luxán García De Diego et al., 2017), Administraciones Públicas y entidades del Tercer Sector que colaboran con el Fondo Solidario de Rehabilitación Energética de la citada Fundación han ido implementando tanto las medidas pasivas propuestas en el estudio (clasificadas en: suelos, cubiertas, carpintería y vidrios y protecciones solares) como otros tipos de intervenciones, en particular medidas activas (por ejemplo, cambio de caldera o electrodomésticos) y medidas de microeficiencia energética (por ejemplo, cambio de bombillas).

El citado Fondo proporciona, desde 2018, ayudas económicas y apoyo técnico para llevar a cabo mejoras en las viviendas de las familias de España consideradas económicamente vulnerables y que estén siendo atendidas por las entidades con las que Fundación Naturgy tiene convenio de colaboración. En 2022, se publicó un primer análisis de los beneficios de la rehabilitación exprés en hogares vulnerables y las aportaciones de las entidades sociales que colaboran con el Fondo (Fundación Naturgy, 2022). Ese informe destacaba que el hecho de establecer objetivos claros, unos procedimientos simples y desburocratizados había permitido realizar 3.005² intervenciones en los primeros cuatro años del programa. No obstante, tal y como ha ocurrido en la mayoría de las intervenciones realizadas en otros programas españoles, hay muy poco trabajo realizado en la cuantificación del impacto de la rehabilitación energética en la economía doméstica de los hogares beneficiados y, en particular, en su situación de pobreza energética. Un estudio posterior (Luján Torres et al., 2022) analizó qué medidas prácticas y sencillas de rehabilitaciones exprés se pueden aplicar a hogares en el municipio de Valencia, generando un impacto en la pobreza energética. En particular, los autores de ese informe utilizaron los datos de las familias que participaron en el Mapa de Pobreza Energética de 2016 para modelar viviendas tipo en la Herramienta Unificada LIDER-CALENER. Finalmente, analizaron cómo afectan las distintas intervenciones y qué resultados se derivan de ellas, proporcionando recomendaciones para mejorar la calidad de vida de los hogares vulnerables a través de medidas de ahorro y eficiencia energética.

Fundación Naturgy y la Universidad Pontificia Comillas pusieron en marcha el proyecto VAREX-2022 para medir el impacto de las intervenciones de rehabilitación exprés realizadas en hogares vulnerables.

Sin embargo, en ese estudio no se analiza el impacto de la rehabilitación energética en casos reales, es decir, estudiando de manera sistemática la 'situación energética' ante y post intervención de una muestra de hogares vulnerables beneficiados por dichas medidas. Otro estudio teórico presentado recientemente es el de (Barrella et al., 2022a), que analiza el efecto de las estrategias alternativas de rehabilitación sobre la asequibilidad de los servicios térmicos en los hogares vulnerables españoles. Esa evaluación considera su impacto en la pobreza energética de invierno y verano e incluye un análisis integrado de "coste social" y coste-beneficio.

En todos los estudios citados anteriormente, se evalúa teóricamente el impacto de medidas de rehabilitación exprés. Sin embargo, también se destacan las limitaciones de un enfoque puramente teórico y se reclama la necesidad de medir los efectos reales de estos tipos de intervenciones, señalando la escasez de conocimiento sobre este tema, en particular, en relación con su impacto en la pobreza energética. Para llenar esa laguna, en noviembre de 2022, Fundación Naturgy y la Universidad Pontificia Comillas pusieron en marcha el proyecto Valoración Rehabilitaciones EXprés (VAREX-2022) para medir el impacto de las intervenciones de rehabilitación

² A 31 de mayo 2023, el número de viviendas rehabilitadas alcanzó las 3.660.



expres realizadas en hogares vulnerables en el marco del Fondo de Fundación Naturgy. En particular, se ha elegido Cataluña como primer caso de estudio por ser el territorio de actuación más frecuente de las entidades sociales que han colaborado con VAREX-2022. Además, los estudios locales constituyen el mayor reto de investigación propuesto por el Centro Europeo de Asesoramiento para la Pobreza Energética (EPAH) (EPAH, 2021), (Palma and Gouveia, 2022), que es el órgano encargado por la Comisión Europea para guiar la medición y la lucha contra la pobreza energética en la UE.

En este informe, primero se presenta la metodología general (aplicable a cualquier Comunidad Autónoma de España) y, posteriormente, se exponen los resultados de su aplicación a los hogares catalanes atendidos por las citadas ONGs. Finalmente, se recogen las principales conclusiones y recomendaciones extrapoladas desde esta novedosa evaluación de impacto con el objetivo de ampliarlas a todo el territorio español. En particular, el Apartado 2 introduce el caso de estudio catalán, analizando

las necesidades de climatización, la eficiencia energética del parque de viviendas y la incidencia de la pobreza energética en esta Comunidad Autónoma, con el objetivo de enmarcar los casos reales analizados a continuación en su contexto territorial. El Apartado 3 presenta la caracterización de los hogares beneficiarios del Fondo en Cataluña, realizada en este proyecto y basada en las respuestas a formularios específicos recopilados para una muestra de 54 hogares; en particular, se hace hincapié en algunas características socioeconómicas del hogar y propiedades de las viviendas que determinan sus necesidades energéticas, por ejemplo, el número de miembros del hogar, el tamaño y la antigüedad de la vivienda. Posteriormente, el Apartado 4 estima la reducción de consumo energético generada por las medidas incluidas en el Fondo y presenta la metodología y los resultados de la medición de impacto propuesta por los autores de este informe. Esta medición se realiza a partir de las características de los hogares descritos en el Apartado 3 y de sus facturas de luz y gas (las segundas analizadas solo en un caso particular) antes y después de las intervenciones de rehabilitación exprés, comparando el gasto real con el gasto energético requerido del hogar (Barrella, 2022) y el ahorro teórico con el ahorro real, tal y como propone la ENPE. Posteriormente, se presenta el cálculo de un indicador de pobreza energética oculta (HEP) (Barrella et al., 2022b) para medir el impacto directo de la rehabilitación en la vulnerabilidad energética, siendo el infra gasto por falta de asequibilidad la dimensión más acuciante de la pobreza energética a nivel nacional y en Cataluña. Finalmente, el Apartado 5 destaca las principales conclusiones del informe y propone algunas recomendaciones para futuras mediciones de impacto de la rehabilitación exprés en hogares vulnerables.

2.

Climatización, eficiencia y pobreza energética en el caso de estudio analizado

2.1. Necesidades de climatización

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación (CTE), en España, la zona climática invernal (ZCI) se identifica con una letra, de la A a la E, en orden creciente de severidad climática invernal (SCI), es decir, de la más cálida, letra A, a la más fría, letra E. La letra α se utiliza en las Islas Canarias para identificar las zonas sin necesidad de calefacción. La zona climática de verano (ZCV) se identifica con un número del 1 al 4, en orden creciente de severidad climática en verano (SCV), de la más fría -sin necesidad de refrigeración- a la más calurosa. Tras procesar esta información básica, es posible obtener la demanda térmica anual (calefacción y refrigeración) para mantener unas determinadas condiciones de confort en la vivienda: los valores recomendados por la normativa son 17°C (invierno) o 27°C (verano) por la noche y 20°C (invierno) o 25°C (verano) durante el día.

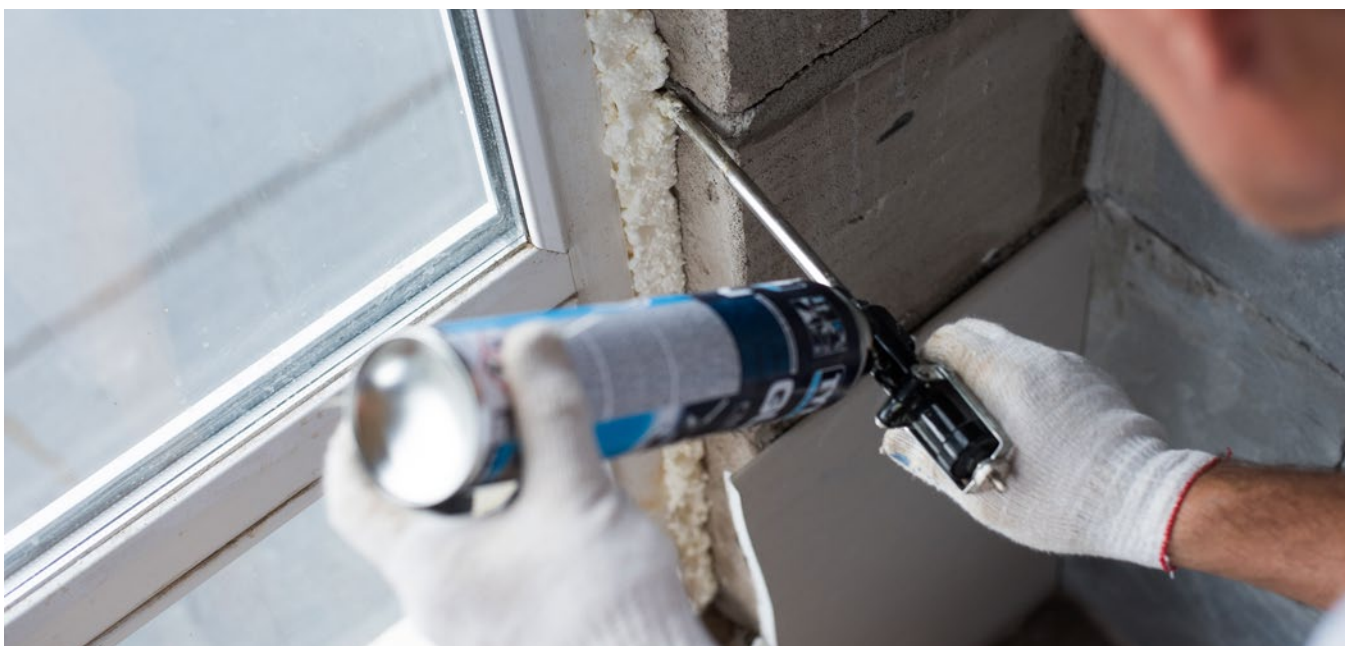
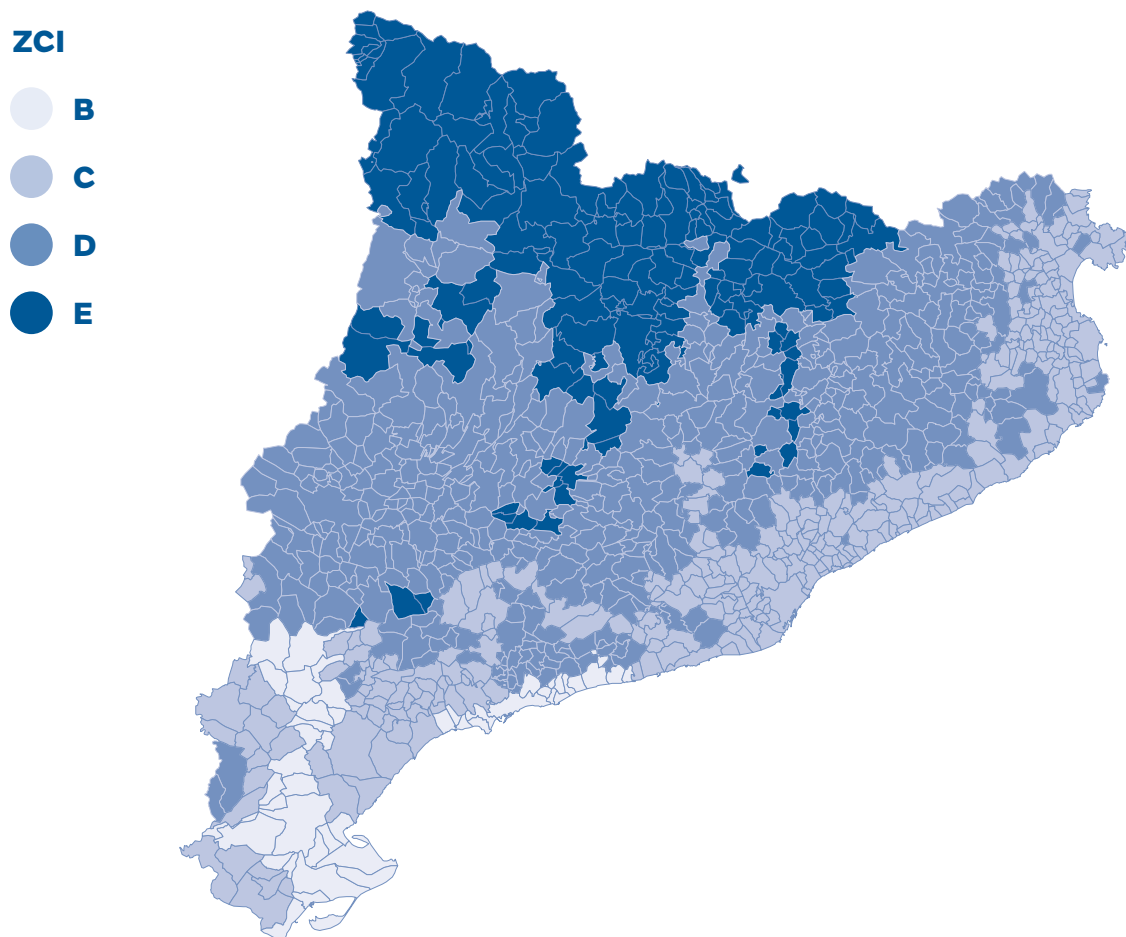


Figura 1 | Zona climática de invierno (ZCI) de los municipios en Cataluña.



Fuente: elaboración propia.

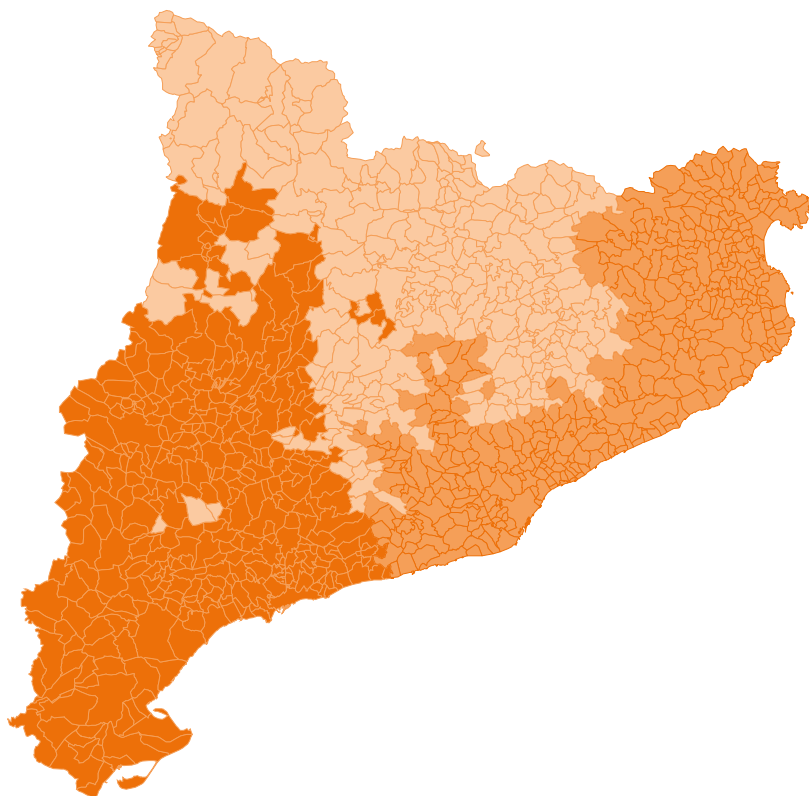
La Figura 1 muestra las ZCI de los municipios catalanes estimadas con la metodología del CTE. Se puede apreciar cómo los municipios más cercanos a la costa se encuentran principalmente en las zonas B y C, mientras que las localidades del interior se caracterizan por inviernos más fríos, teniendo asignadas las letras D o E. Ningún municipio se clasifica en la zona más templada de la península, es decir la zona A. Por otro lado, la mayoría de las ciudades más pobladas³ se encuentran en una zona intermedia (C), siendo Tarragona la única capital de provincia con letra B.

³ Con más de 125.000 habitantes (fuente: Idescat).

Figura 2 | Zona climática de verano (ZCV) de los municipios en Cataluña.

ZCV

- 1
- 2
- 3



Fuente: elaboración propia.

La Figura 2 muestra las ZCV de los municipios catalanes estimadas con la metodología del CTE. Se puede notar que los municipios más cercanos a la costa se reparten entre las zonas 2 y 3, mientras que las localidades del interior se caracterizan por veranos menos calurosos, teniendo asignada zonas 1 o 2. Ningún municipio se clasifica en la zona más calurosa de la península, es decir, la zona 4. Por otro lado, la mayoría de las ciudades más pobladas se encuentran en una zona de verano intermedia (2), siendo Tarragona y Lleida las únicas grandes ciudades con ZCV diferente, es decir, la 3.

La mayoría de los hogares incluidos en este estudio se ubican en Barcelona capital, cuyas necesidades de climatización (según el CTE) se clasifican, respectivamente, con la letra C por su SCI (necesidad de calefacción intermedia) y el número 2 por su SCV (necesidad de refrigeración intermedia). De hecho, Barcelona cuenta con un clima mediterráneo costero o litoral. Tiene un clima cálido y templado durante todo el año debido a la influencia del mar. Su temperatura media anual es de 15,5°C, con una precipitación media de 600 mm y una humedad media relativa anual del 75%. Las precipitaciones en forma de nieve son poco frecuentes en invierno. El otoño es la estación más lluviosa del año, siendo enero el mes más frío. Sus inviernos son húmedos y suaves, con una media de temperatura de aproximadamente 10°C. Los veranos son medianamente calurosos, siendo los meses más cálidos julio, agosto y septiembre. Sus temperaturas medias se encuentran entre los 21°C y 23°C.

2.2. Eficiencia energética de los edificios

Según los últimos datos disponibles del Censo de Población y Viviendas (2011⁴), alrededor del 60% de los edificios del sector residencial en Cataluña se construyeron antes de la aplicación de la primera normativa de eficiencia energética en España (norma básica de edificación NBE-CT-79), es decir, antes de 1981. Sin embargo, los datos difieren significativamente según el grado de urbanización de la localidad de residencia. Si nos centramos en las viviendas principales con calefacción (Cuchí, Albert; Arcas-Abella, Joaquim; Pagès-Ramon, 2017), en áreas urbanas, la gran mayoría de ellas (67%) se construyeron sin ningún criterio de eficiencia energética, mientras que en zonas rurales los porcentajes de viviendas construidas antes o después de 1981 es prácticamente el mismo. La Tabla 1 muestra la desagregación provincial de las viviendas principales⁵ en Cataluña, respectivamente, en zonas rurales y urbanas, clasificadas en tres horquillas de antigüedad: previas al NBE-CT-79 (antes de 1981); posteriores al NBE-CT-79 (1981-2007); y posteriores al CTE (después de 2007). El caso de estudio más recurrente en los hogares analizados en este informe (véase Apartado 3), es decir, la ciudad de Barcelona, se encuentra en el cluster con las peores prestaciones (entre los que se muestran en la Tabla 1), es decir, el que presenta el porcentaje más alto de viviendas principales antiguas (un 71% del total se construyó antes de 1981).

Tabla 1 / Desagregación provincial de las viviendas principales con calefacción en Cataluña en localidades rurales y urbanas según la antigüedad.

	Localidades rurales			Localidades urbanas		
	Antes de 1981	1981-2007	Después de 2007	Antes de 1981	1981-2007	Después de 2007
Barcelona	47,37%	48,63%	4,01%	71,04%	26,73%	2,23%
Girona	52,76%	42,34%	4,90%	51,00%	43,40%	5,59%
Lleida	53,59%	41,78%	4,63%	53,92%	42,07%	4,01%
Tarragona	51,80%	45,38%	2,83%	48,11%	48,64%	3,26%

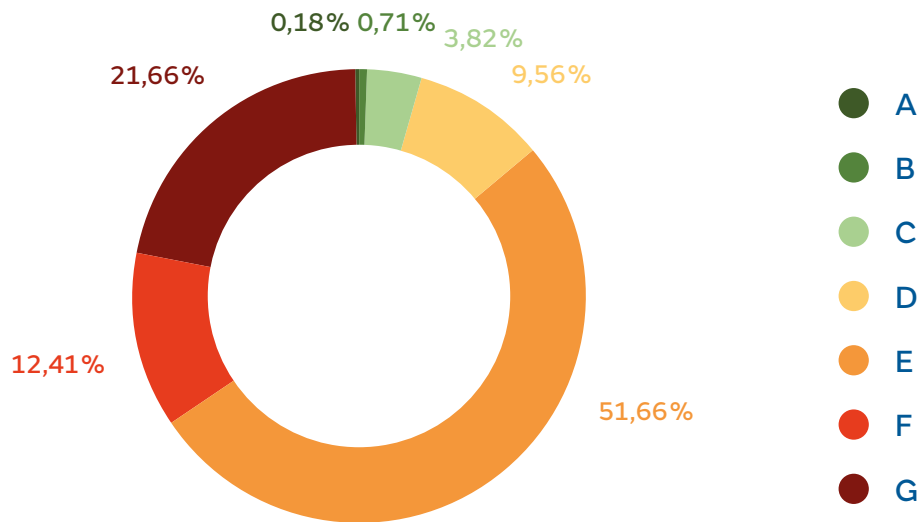
Fuente: elaboración propia a partir de Cuchí, Albert; Arcas-Abella, Joaquim; Pagès-Ramon, 2017.

⁴ Los resultados agregados de viviendas y los microdatos del Censo 2021 están pendientes de publicación por parte del INE.

⁵ Se definen como principales las viviendas que se utilizan toda o la mayor parte del año como residencia habitual de una o más personas.

Para investigar más a fondo el tema de eficiencia energética, la Figura 3⁶ muestra el porcentaje de edificios existentes certificados energéticamente en Cataluña en función de su calificación energética (A – G, de mejor a peor nivel de eficiencia energética). Casi el 86% de los edificios catalanes obtuvo una calificación en las últimas tres letras, es decir se clasificaron como “ineficientes”. En particular, un 21,6% de ellos recibieron la calificación más baja (G).

Figura 3 / **Porcentaje de edificios existentes certificados energéticamente en Cataluña en función de su calificación energética (A - G) por consumo de energía.**



Fuente: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico et al., 2022.

2.3. Pobreza y pobreza energética

La Figura 4 muestra el mapa de renta neta media per cápita según el municipio obtenido con la herramienta “Atlas de distribución de renta de los hogares” del INE. El nivel de renta es mayor en las grandes ciudades respecto a sus alrededores rurales, pero el coste de la vida (no reflejado en el mapa) suele ser más alto en zonas urbanas, como por ejemplo, en la ciudad de Barcelona⁷. De hecho, si se analiza la desagregación territorial del índice GINI en 2020 (Figura 5), que refleja el nivel de desigualdad salarial⁸, se advierte cómo en las cuatro capitales de provincia este coeficiente se encuentra en la horquilla de valores más altos, es decir, estas ciudades se caracterizan por tener una distribución de renta más desigual (entre 32,2% y 44,4%⁹) respecto a la media catalana (32,3%) y el valor medio nacional (32,1%).

⁶ Se entiende edificios existentes como los construidos antes de 2007 que son la mayoría de los edificios construidos en España. Esta tendencia se mantiene también entre los edificios certificados de los cuales solo el 2,4% son edificios nuevos. Tal como se menciona en el Apartado 1, los hogares de bajos ingresos, protagonistas de este estudio, suelen vivir en viviendas antiguas.

⁷ La definición de una cesta de la compra básica es un tema complejo que no se trata de manera extensa en este informe, pero se ha investigado en España tanto a nivel académico (para Barcelona y Madrid [Barrella et al., 2022d]) como en el Tercer Sector (Fundación FOESSA, 2022).

⁸ Índice GINI (INE): proporción acumulada de la población ordenada por los ingresos equivalentes con la proporción acumulada de los ingresos recibidos por los mismos. Es una medida de desigualdad que toma el valor 0 en caso de equidad perfecta y el valor 100 en caso de desigualdad perfecta. Véase Expansión para una representación gráfica del índice: <https://datosmacro.expansion.com/diccionario/indice-de-gini>

⁹ Barcelona: 35,67%; Tarragona: 34,23%; Girona: 34,07%; Lleida: 33,37%.

Figura 4 | Renta neta media por persona en Cataluña (2020).

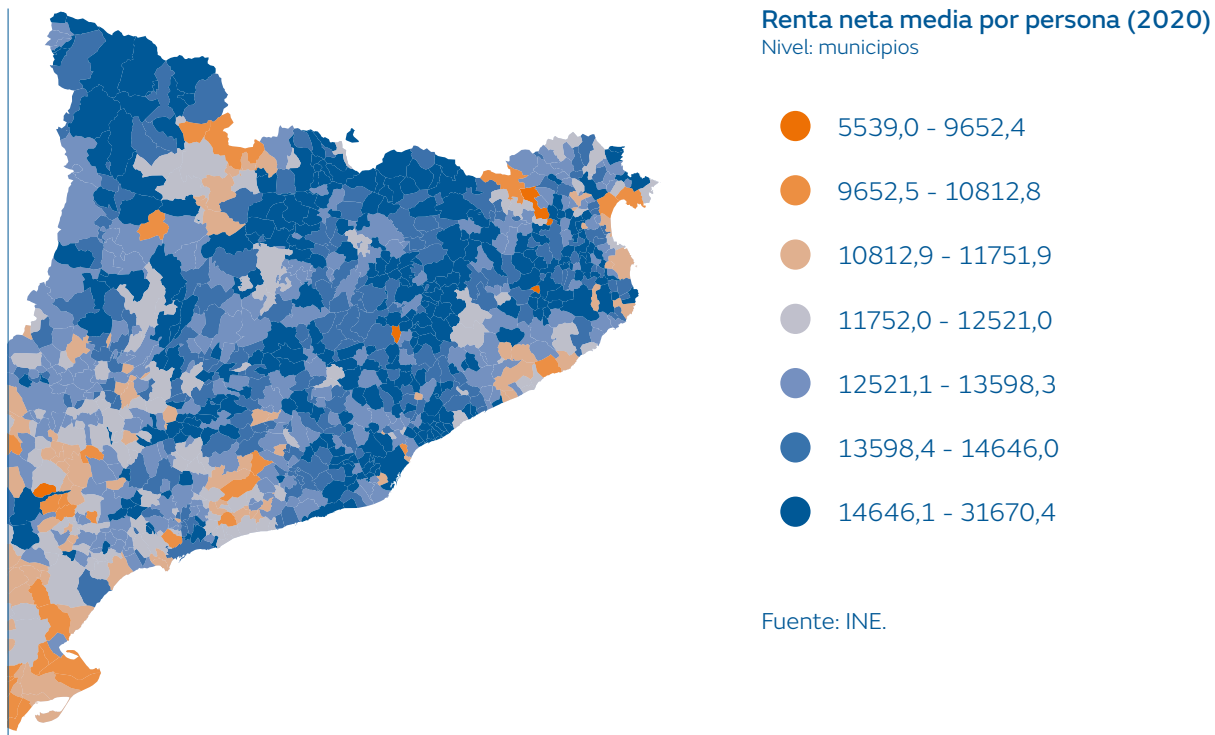
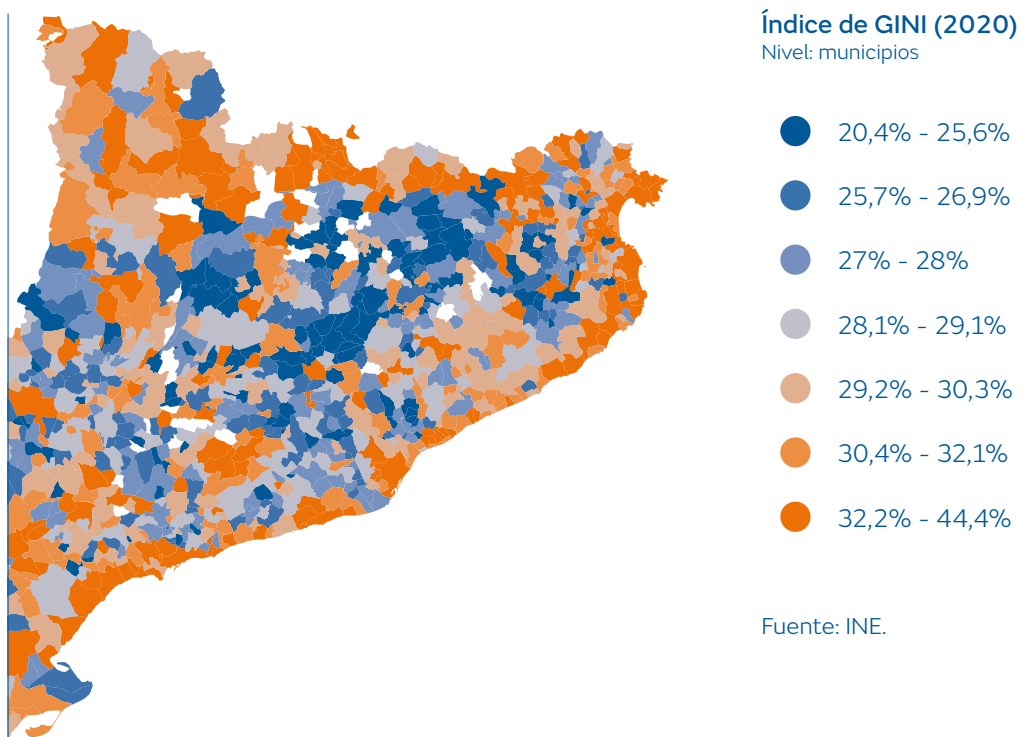


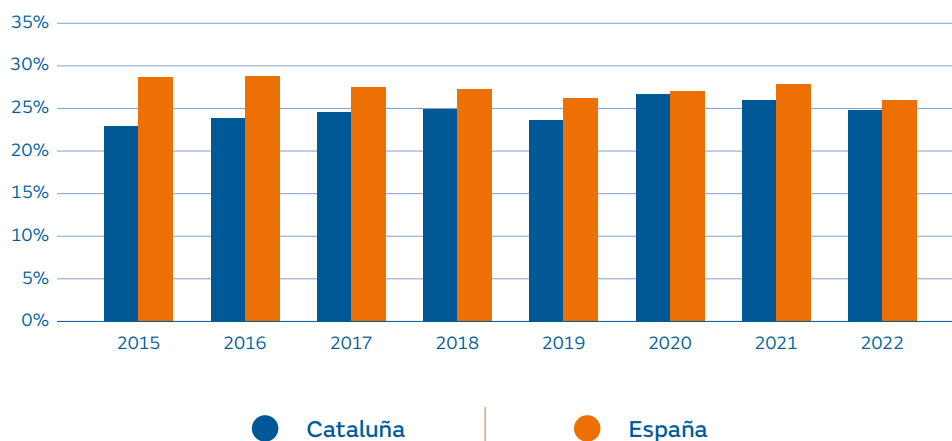
Figura 5 | Índice GINI en Cataluña (2020).



La pobreza energética oculta es la dimensión más acuciante de la vulnerabilidad energética en Cataluña.

Para indagar más en el espectro de privaciones materiales y pobreza monetaria, la Figura 6 muestra la evolución de la Tasa de riesgo de pobreza o exclusión social (tasa AROPE - Objetivo UE 2030) en Cataluña en comparación con el conjunto del país para los últimos 8 años. El desglose de los tres componentes del AROPE (Tasa de riesgo de pobreza, población que vive en hogares con baja intensidad de trabajo, y población con privación material y social severa) se muestran en las tablas A.1 y A.2 del Anexo. En todos los años mostrados en la Figura 6, Cataluña tiene una tasa AROPE menor que el conjunto de España, pero esta diferencia se ha ido reduciendo hasta alcanzar casi el mismo valor en 2020 (26.7% frente al 27%). De hecho, en ese año, caracterizado por el estallido de la pandemia COVID-19 y el consecuente confinamiento de la población, la AROPE adquirió el máximo valor de la serie en la Comunidad Autónoma analizada. Por otro lado, en los dos últimos años, 2021 y 2022, la tasa catalana ha tenido una tendencia a la baja hasta alcanzar los 24,7 puntos porcentuales. Este dato sigue siendo preocupante porque refleja el hecho que casi dos millones de catalanes o bien se encontraban debajo del umbral de pobreza o vivían en hogares con baja intensidad de trabajo o se enfrentaban a privación material y social severa.

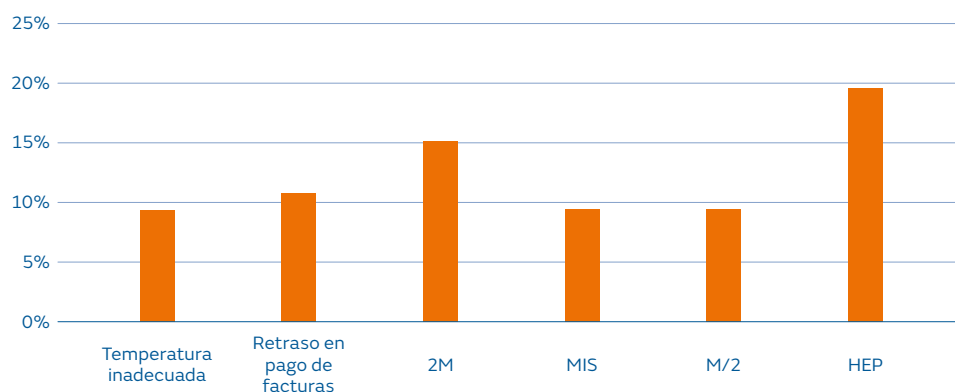
Figura 6 | Tasa de riesgo de pobreza o exclusión social.



Fuente: tasa AROPE - Objetivo UE 2030 en Cataluña y España (elaboración propia a partir de Idescat).

Finalmente, la Figura 7 presenta la incidencia de la pobreza energética en Cataluña en 2021 según los seis indicadores de pobreza energética estimados en el informe anual de la Cátedra de Energía y Pobreza (Romero et al., 2022).

Figura 7 | Incidencia de la pobreza energética en Cataluña en 2021.



La Figura 7 destaca la pobreza energética oculta (indicador HEP [Barrella et al., 2022b]) como la dimensión más acuciante de esta problemática social en Cataluña. En otras palabras, hay un porcentaje muy significativo de hogares catalanes que está gastando menos de la mitad de su gasto energético teórico (infra gasto) y se encuentra en los cinco deciles de renta más bajos (falta de recursos económicos). Por lo tanto, este indicador es el que más necesita mejorar. Por otro lado, si se comparan los valores de este indicador y el de gasto desproporcionado “absoluto” (MIS) con los resultados nacionales en 2021, en ambos casos, Cataluña tiene valores menores que el conjunto el país, es decir, una menor incidencia de la pobreza energética (según estos índices).

3.

Caracterización de los hogares beneficiarios del Fondo Solidario de Rehabilitación Energética en el caso local analizado

En este proyecto se ha trabajado a partir de los datos disponibles para 54 hogares beneficiarios del Fondo. En particular, se ha podido contar con la red de ONGs y administraciones locales con las que colabora Fundación Naturgy a la hora de implementar medidas de rehabilitación exprés. Se requería la siguiente información para cada hogar en estudio.

- Registro histórico de facturas mensuales de consumo eléctrico antes y después de la rehabilitación.
- Fecha de la rehabilitación.
- Alcance de la rehabilitación.
- Localidad o código postal de la vivienda (zona climática).
- Antigüedad de la vivienda.
- Tamaño de la vivienda.
- Tamaño y composición del hogar.
- Horquilla de ingresos del hogar.
- Equipos térmicos (calefacción y ACS).
- Consumo y gasto real de calefacción. Histórico de facturas del consumo de combustibles para calefacción.

El cuestionario diseñado por los autores de este informe y distribuido a las ONGs que han colaborado con el estudio se componía de tres apartados:

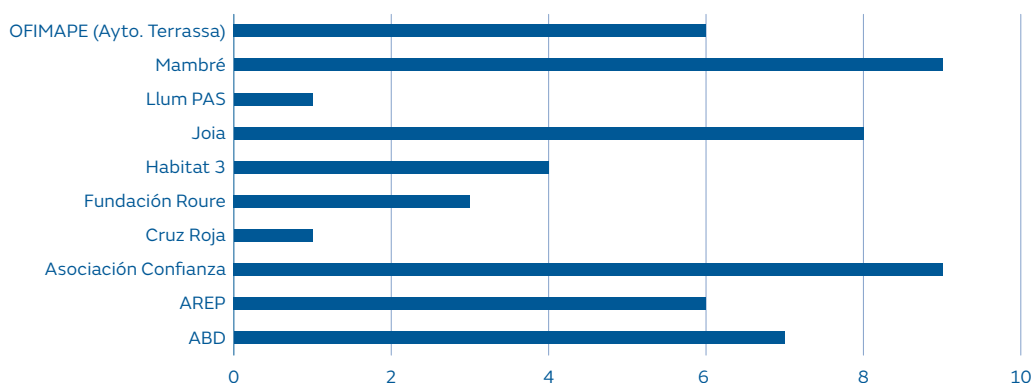
- A.** Facturas energéticas: recopila unos datos básicos sobre los consumos y gastos antes y después de las intervenciones.
- B.** Intervenciones de eficiencia energética/rehabilitación exprés: recopila información sobre la naturaleza y las fechas en las que se llevaron a cabo las intervenciones.
- C.** Características del hogar: recopila información sobre las características socio-económicas del hogar y los parámetros técnicos de la vivienda y de su equipamiento térmico y eléctrico.

El detalle de las preguntas que se plantearon en este cuestionario se muestra en el Anexo (véase Figura A. 1). Para la estimación del gasto y consumo eléctrico requerido se han utilizado los datos recopilados en esta encuesta que contiene las preguntas necesarias para el análisis del impacto de la rehabilitación exprés en los hogares de la muestra. Conviene indicar, no obstante, que un número significativo de hogares de la muestra había rellenado una encuesta previa de Fundación Naturgy, que contenía gran parte de la información necesaria para el cálculo. En estos casos, no ha sido necesario rellenar la encuesta propia del estudio.

En cuanto a los datos que no se pudieron recopilar, se hizo una estimación estadística de su valor a partir de datos públicos como la información de las encuestas del INE y del Catastro.

La Figura 8 muestra la desagregación de los hogares por entidad colaboradora que los atiende, siendo la Asociación Confianza, Fundació Mambré y Joia las organizaciones que aportaron el mayor número de datos. Otro dato a destacar es que un 60% de los hogares del estudio vive en el mismo centro residencial en Barcelona¹⁰.

Figura 8 | Desagregación de los hogares del estudio por entidad colaboradora que los atiende.

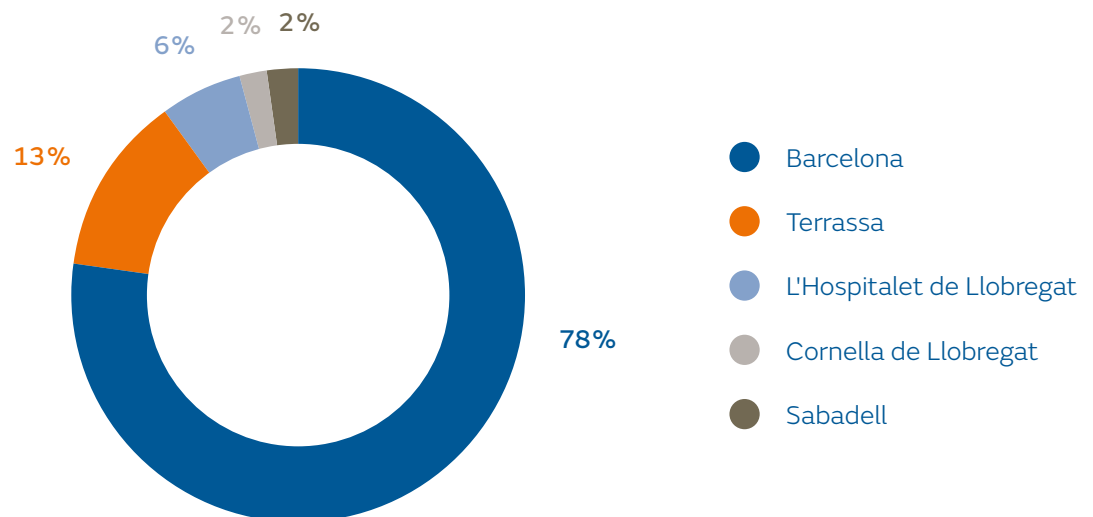


¹⁰ Se trata de un centro residencial para personas en situación de vulnerabilidad en el barrio de la Marina del Port (Prats-Montjuïc).



La Figura 9 muestra la distribución de los hogares encuestados según su localidad de residencia. Tal y como se mencionaba en el Apartado 2, la gran mayoría de los hogares del estudio (42 de 54) se encuentra en Barcelona, mientras que los restantes hogares se reparten entre Terrassa (7), L'Hospitalet de Llobregat (3), Cornellá de Llobregat y Sabadell (ambas con un solo hogar). Solo una de estas localidades se clasifica entre las más frías de Cataluña, a saber, Terrassa, cuya zona climática invernal es la D. Por otro lado, el resto de las ciudades incluidas en el estudio tienen un clima más templado (Zona C).

Figura 9 | Distribución de los hogares del estudio según su localidad de residencia.



Todas las viviendas analizadas son de bloque, un 35% de ellas se encuentra en edificios construidos antes de 1981 (los más ineficientes) y el restante 65%, en edificios construidos entre 1981 y 2007. En particular, estas últimas se encuentran casi todas en un mismo edificio, a saber, el centro residencial barcelonés citado en el Apartado 3.

El tamaño medio de las viviendas es de 67 m², muy por debajo de los metros cuadrados de las viviendas incluidas en estudios sobre población general, como el SECH-SPAHOUSEC (103 m²). La información sobre el tamaño del hogar se ha podido recopilar solo para un 65% de los hogares de la muestra. De ellos, el 74% son hogares unipersonales (43%) o con dos personas (31%). El tercer colectivo más frecuente es el de hogares de 4 personas (14%). Los hogares de 3 y más de 4 personas representan ambos solo un 5% del total.

En cuanto a los sistemas de calefacción, la gran mayoría (72%) de los hogares tiene un sistema individual que climatiza toda la vivienda, mientras que un 13% no tiene ningún tipo de equipo, a pesar de necesitarlo. De estos, la mayoría de ellos vive en Terrassa que está clasificada con la penúltima letra (D) en orden de severidad climática invernal creciente.

El listado completo de los 54 hogares analizados con sus características principales antes mencionadas se muestra en la Tabla A.3 (Anexo, página 68).

4.

Modelo de medición y resultados

4.1. Cálculo teórico de la reducción de consumo generado por las intervenciones

En este apartado se realiza la simulación teórica de la reducción del consumo energético tras la aplicación de cada solución de rehabilitación estudiada. Este es un paso previo necesario para el cálculo del ahorro teórico en cada hogar, cuya metodología de estimación se describe en el Apartado 4.2. El análisis parte del cálculo de la demanda inicial en cada vivienda sin aplicación de ninguna medida de rehabilitación. Esta demanda inicial se va a comparar con la demanda después de cada intervención para así estudiar qué medidas son más eficaces en el ahorro de energía. Primero, se estudian las medidas pasivas que producen una disminución de la demanda de calefacción (Apartado 4.1.1). En segundo lugar (Apartado 4.1.2) se analizan las medidas activas que generan una reducción del consumo de calefacción y ACS (por ejemplo, cambio de sistema de calefacción) y del consumo eléctrico teórico (véase Apartado 4.2), como, por ejemplo, la sustitución de los electrodomésticos por dispositivos más eficientes. En tercer lugar, se analiza la reducción de consumo generada por medidas de microeficiencia energética comúnmente implementada por las ONGs que colaboran con el fondo (Apartado 4.1.3). Finalmente, se describen las intervenciones realizadas en los hogares analizados en el estudio (Apartado 4.1.4).

4.1.1. Reducción de la demanda energética por medidas pasivas

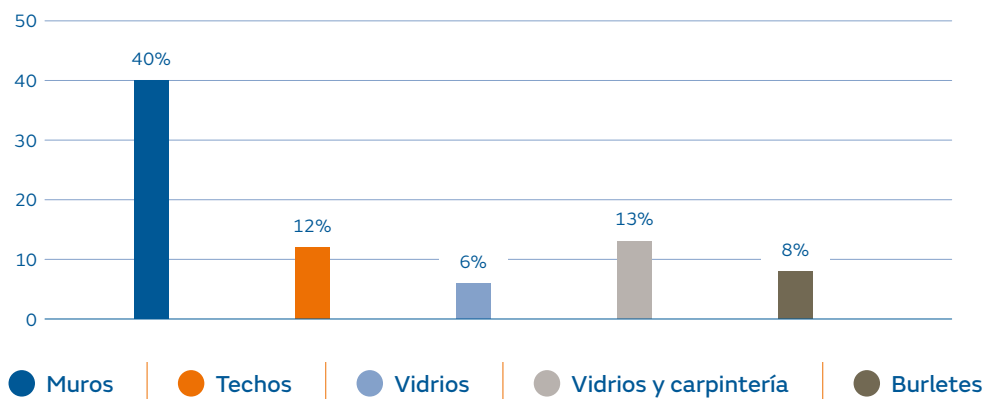
Se parte de la simulación teórica de la demanda inicial sin medidas de rehabilitación en la vivienda para, a continuación, analizar la reducción de demanda con cada medida aplicada. En este caso, se ha realizado una elaboración propia de los resultados presentados en la última actualización del informe técnico de rehabilitación exprés (de Luxán García De Diego et al., 2022). El citado estudio se realizó para un modelo de un bloque de nueve viviendas (distribuidas en tres plantas) en las cuatro ciudades con distinto clima mencionadas previamente: Barcelona, A Coruña, Madrid y Sevilla. En el presente estudio, habiendo utilizado datos anonimizados, no se disponía de la información sobre la planta y la puerta en la que vivía cada hogar. Por ello, para cada medida, se ha calculado el promedio de la reducción de demanda generada en las nuevas tipologías de piso analizadas en (de Luxán García De Diego et al., 2022) para así simular una “vivienda de bloque estándar”. Por otro lado, el estudio se ha centrado en medidas pensadas para reducir la demanda de calefacción (es decir, se han excluido los toldos y la pintura en cubierta), siendo esta la demanda de climatización con mayor peso tanto en los hogares de

Cataluña como del resto de España. Este hecho se ha demostrado tanto a nivel teórico (de Luxán García De Diego et al., 2022, Barrella et al., 2022c) como analizando el consumo real de los hogares españoles (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2020). Además, esta elección de incluir solo medidas para los meses fríos se ha visto reforzada por el hecho de que ninguno de los hogares analizados había implementado las medidas de reducción de la demanda de refrigeración. Sin embargo, en estudios futuros se podría ampliar el abanico de medidas a las de adaptación de las viviendas al calor, dada la perspectiva de un aumento significativo de la demanda de refrigeración por el cambio climático (Castaño-Rosa et al., 2021).

Barcelona

Se analiza a continuación el resultado de la aplicación de las medidas pasivas de rehabilitación analizadas a una vivienda de bloque estándar en la ciudad de Barcelona. Se puede observar en la Figura 10 cómo la reducción de la demanda de calefacción varía mucho según el tipo de medida implementada. La medida más eficaz para meses fríos en Barcelona es el aislamiento de muros; la sustitución de vidrios y carpinterías y el aislamiento de techos tienen un impacto intermedio; mientras que los burletes y la sustitución de vidrios tienen un impacto más limitado. En particular el ahorro oscila entre el 6% de la sustitución de vidrios y el 40% del aislamiento de muro.

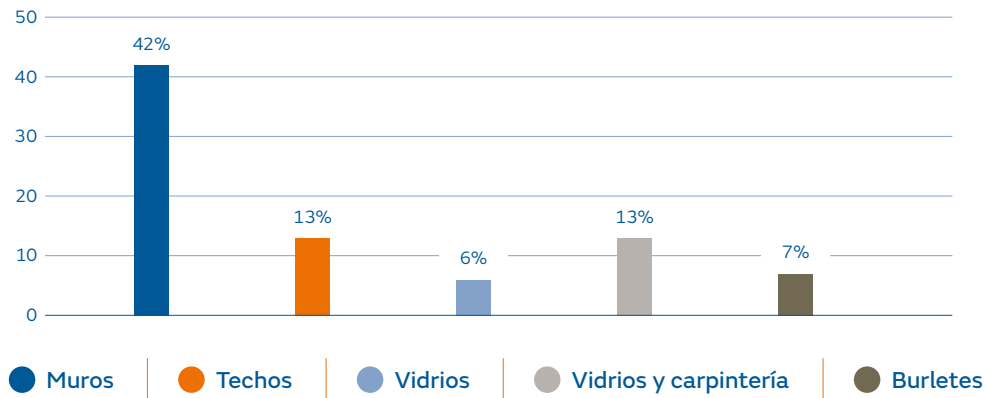
Figura 10 | Reducción de la demanda requerida de calefacción en Barcelona según la medida pasiva implementada.



La Coruña

Se analiza a continuación el resultado de la aplicación de las medidas pasivas de rehabilitación analizadas a una vivienda de bloque estándar en la ciudad de La Coruña. Se puede observar en la Figura 11 que la reducción de la demanda de calefacción varía mucho según el tipo de medida implementada. Se repite la casuística anterior, es decir, la medida más eficaz para meses fríos en La Coruña es el aislamiento de muros; por otro lado, la sustitución de vidrios y carpinterías y el aislamiento de techos tienen el mismo impacto; mientras que los burletes, y la sustitución de vidrios tienen un impacto más limitado. En particular, el ahorro oscila entre el 6% de la sustitución de vidrios y el 42% del aislamiento de muros.

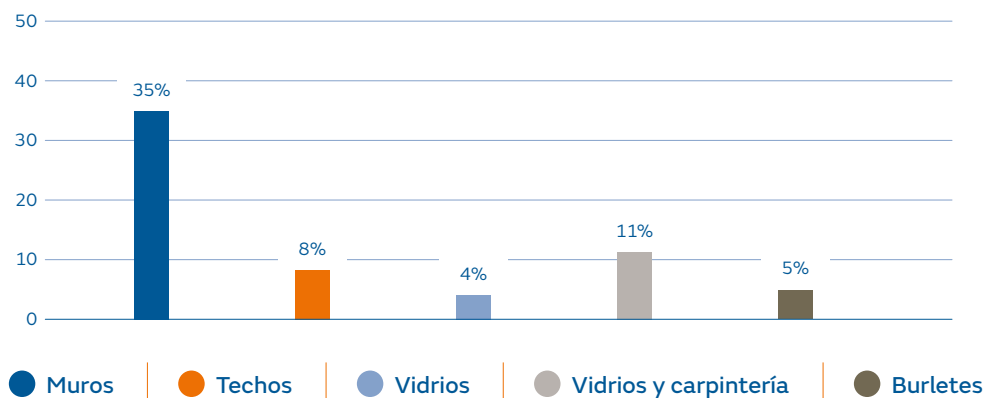
Figura 11 / Reducción de la demanda requerida de calefacción en La Coruña según la medida pasiva implementada.



Madrid

Se analiza a continuación el resultado de la aplicación de las medidas pasivas de rehabilitación analizadas a una vivienda de bloque estándar en la ciudad de Madrid. Se puede observar en la Figura 12 cómo la reducción de la demanda de calefacción varía mucho según el tipo de medida implementado. De nuevo, la medida más eficaz para meses fríos en Madrid es el aislamiento de muros; la sustitución de vidrios y carpinterías y el aislamiento de techos tienen un impacto intermedio; mientras que los burletes, y la sustitución de vidrios tienen un impacto más limitado. En particular, el ahorro oscila entre el 4% de la sustitución de vidrios al 35% del aislamiento de muros.

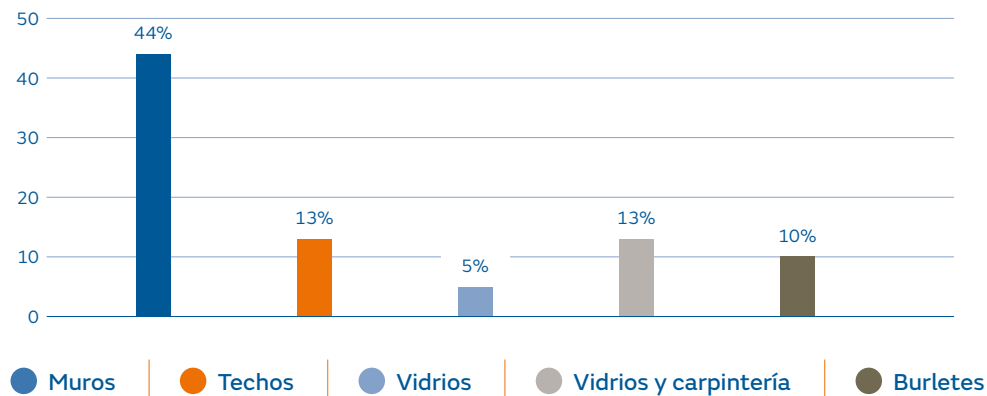
Figura 12 / Reducción de la demanda requerida de calefacción en Madrid según la medida pasiva implementada.



Sevilla

Se analiza a continuación el resultado de la aplicación de las medidas pasivas de rehabilitación analizadas a una vivienda de bloque estándar en la ciudad de Sevilla. Se puede observar en la Figura 13 cómo la reducción de la demanda de calefacción varía mucho según el tipo de medida implementado. Una vez más, la medida más eficaz para meses fríos en Sevilla es el aislamiento de muros; La sustitución de vidrios y carpinterías y el aislamiento de techos tienen un impacto intermedio; mientras que los burletes y la sustitución de vidrios tienen un impacto más limitado. En particular, el ahorro oscila entre el 5% de la sustitución de vidrios al 44% del aislamiento de muros.

Figura 13 | Reducción de la demanda requerida de calefacción en Sevilla según la medida pasiva implementada.



Extrapolación a todas las zonas climáticas de España

Una elaboración de los resultados del primer informe de Fundación Naturgy presentada en un capítulo del Informe España 2019 (Arenas et al., 2019) mostró que la reducción de la demanda de calefacción después de la intervención exprés ‘completa’ (que incluye las medidas más eficaces, a saber, aislamiento muros, aislamiento techos y sustitución de vidrios y carpinterías) es inversamente proporcional a la severidad climática invernal, oscilando entre el 57% de Madrid (zona D) y el 68% de Sevilla (zona B). Utilizando la misma metodología, se han extrapolado los resultados obtenidos para las cuatro ciudades analizadas en (de Luxán García De Diego et al., 2022) a todas las zonas climáticas de invierno de España. A continuación, se muestran las gráficas con las líneas de interpolación cuyas ecuaciones permiten calcular el ahorro relativo [%] generado por las dos medidas más eficaces, a saber, el aislamiento de muros y la sustitución de vidrios y carpinterías, según la zona climática y su SCI en la que se encuentra el hogar analizado.

Figura 14 / Línea de interpolación y ecuación para el cálculo de la reducción relativa de la demanda de calefacción [%] generada por el aislamiento de muros según la severidad climática de invierno.

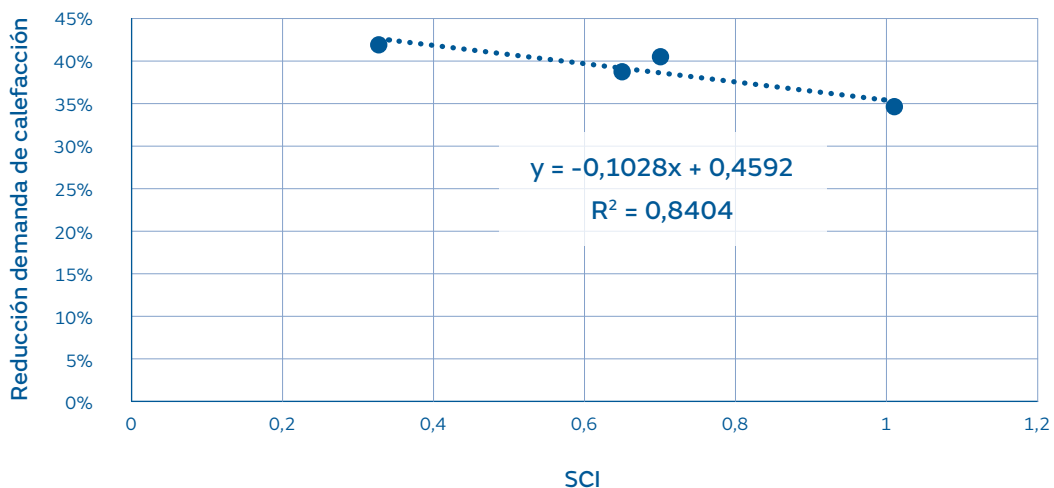
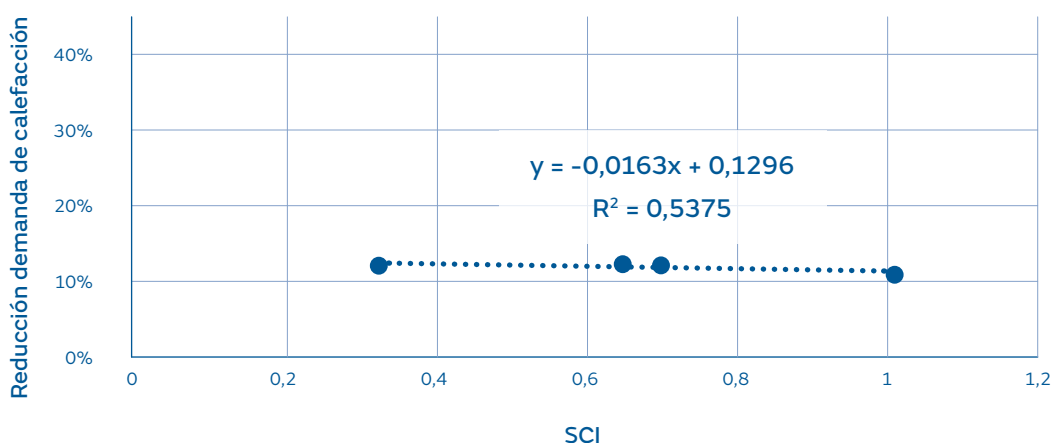


Figura 15 / Línea de interpolación y ecuación para el cálculo de la reducción relativa de la demanda de calefacción [%] generada por sustitución de vidrios y carpinterías según la severidad climática de invierno



A pesar de tener la línea de interpolación de sustitución de ventanas un R-cuadrado¹¹ relativamente bajo, en las dos graficas se aprecia una tendencia general a la baja de la reducción relativa de la demanda de calefacción de ambas medidas según aumente la severidad climática invernal. Cabe destacar que, si se considera el ahorro en términos absolutos (kWh/m²), serán las zonas climáticas más frías las que obtengan un valor mayor, siendo su demanda de calefacción inicial significativamente más alta que las de las zonas más templadas.

¹¹ El R-cuadrado o R^2 es un coeficiente que evalúa la fuerza de la relación lineal entre dos variables. Oscila entre 0 y 1, y cuanto más cerca de 1 se sitúe su valor, mayor será el ajuste entre ambas variables.

4.1.2 Reducción del consumo energético por medidas activas

Sustitución de sistemas de calefacción y/o producción de agua caliente

Para calcular la reducción teórica del consumo generada por la sustitución de una caldera o aparato para calefacción y/o producción de agua caliente sanitaria (ACS), se han utilizado los rendimientos estacionales de los equipos según su antigüedad estimados en (Barrella, 2022). Las Tablas 2 y 3 muestran rendimientos medios estacionales de calefacción¹², respectivamente, para sistemas antiguos y nuevos. En cuanto al tipo de sistema, se distingue entre tres tipologías: individuales que climatizan toda la vivienda (por ejemplo, un sistema con caldera y radiadores de pared), calderas centralizadas para todo el edificio, y aparatos portátiles que solo están en algunas habitaciones (calefactores o estufas).

Tabla 2 | Rendimientos estacionales de calefacción para sistemas antiguos (comúnmente instalados en edificios construidos antes de 2007).

Sistema	Individual	Central	Aparatos
glp	0,75	0,7	0,65
gasóleo	0,7	0,65	0,65
biomasa	0,35	0,4	0,3
carbón	0,4	0,45	0,45
gas natural	0,75	0,7	0,7
electricidad (radiadores)	0,99	0,99	0,95
electricidad (acumuladores)	0,99	0,99	0,96
bomba de calor	3,2	3,2	3,2

¹² Conocer el rendimiento medio estacional de las instalaciones permite calcular los consumos a partir de la demanda energética de un edificio o una vivienda (IDAE, 2017). En particular, el cociente entre la demanda de calefacción de una vivienda y el rendimiento estacional de la caldera determina su consumo de calefacción.

Tabla 3 | Rendimientos estacionales de calefacción para sistemas nuevos (comúnmente instalados en edificios construidos a partir de 2007).

Sistema	Individual	Central	Aparatos
glp	0,89	0,83	0,77
gasóleo	0,83	0,77	0,77
biomasa	0,70	0,68	0,51
gas natural	0,91	0,85	0,85
electricidad (radiadores)	1,00	1,00	0,96
electricidad (acumuladores)	1,00	1,00	0,96
bomba de calor	3,9	3,9	3,9

Por otro lado, las Tablas 4 y 5 muestran rendimientos estacionales para producción de agua caliente sanitaria, respectivamente, para sistemas antiguos y nuevos.

Tabla 4 | Rendimientos estacionales para producción de agua caliente sanitaria para sistemas antiguos (comúnmente instalados en edificios construidos antes de 2007).

Sistema	Individual	Central
glp	0,7679	0,8092
gasóleo	0,7679	0,8092
biomasa	0,35	0,4
carbón	0,4	0,45
gas natural	0,7679	0,8092
electricidad	0,99	0,99

Tabla 5 / Rendimientos estacionales para producción de agua caliente sanitaria para sistemas nuevos (comúnmente instalados en edificios construidos a partir de 2007).

Sistema	Individual	Central
glp	0,8453	0,8907
gasóleo	0,7679	0,8092
biomasa	0,714	0,714
gas natural	0,8453	0,8907
electricidad	0,99	0,99

A partir de los valores de las Tablas 2 a 5, se han calculado las reducciones de los consumos energéticos requeridos de calefacción y ACS generados reemplazando una caldera o aparato antiguo por uno nuevo, tal como muestran las Tablas 6 y 7. Cabe destacar que se ha supuesto la sustitución de los sistemas antiguos por su versión nueva, es decir, un sistema más eficiente que utilice el mismo suministro, menos en el caso del carbón que se reemplazaría con biomasa, siendo el primero el combustible más contaminante.

Tabla 6 / Reducción del consumo requerido de calefacción resultante de la sustitución del sistema antiguo por uno nuevo.

Sistema	Individual	Central	Aparatos
glp	16%	16%	16%
gasóleo	16%	16%	16%
biomasa	50%	41%	41%
gas natural	18%	18%	18%
electricidad (radiadores)	1%	1%	1%
electricidad (acumuladores)	1%	1%	1%
bomba de calor	18%	18%	18%

Tabla 7 | Reducción del consumo requerido para la producción de agua caliente sanitaria resultante de la sustitución del sistema antiguo por uno nuevo.

Sistema	Individual	Central
glp	9%	9%
gasóleo	0%	0%
biomasa	51%	44%
gas natural	9%	9%
electricidad	0%	0%

En ambos casos, al ahorro mayor se obtiene reemplazando los sistemas que utilizan biomasa como combustible, pero se obtienen ahorros significativos también en la sustitución de calderas de gas natural o GLP y en la bomba de calor que, por otro lado, es a priori el sistema más eficiente.

Sustitución de electrodomésticos

Primero, se ha analizado el consumo de los principales electrodomésticos según su etiqueta de eficiencia energética¹³, siguiendo la metodología expuesta en un estudio previo (Borque Angulo, 2022). Posteriormente se ha calculado la reducción unitaria y la reducción total por sustitución del electrodoméstico existente por uno nuevo (Etiqueta A+++). Por reducción unitaria se entiende la rebaja del consumo requerido para el funcionamiento del electrodoméstico en cuestión. Por otro lado, la reducción total es la disminución relativa al conjunto del consumo eléctrico requerido (cocina, electrodomésticos e iluminación), según la estimación descrita en el Apartado 4.2.

En los casos reales del estudio, los valores de consumo antes y después de la intervención se estimaron según el tamaño del hogar (1, 2, 3, 4 o más de 4 miembros) y la presencia o no de estos dispositivos (véase Apartado 4.2). Además, el caso base se estima fijando una eficiencia energética media de los dispositivos existentes en España (véase Barrella, 2022).

A continuación, se muestran los resultados de ahorro por sustitución de un equipo “antiguo” por uno “nuevo” para un hogar medio de tres miembros con todos los electrodomésticos incluidos en el modelo descrito en el Apartado 4.2 (Figura 21) - suponiendo que sean todos antiguos en el caso base. Para ello, se han clasificado los electrodomésticos de mayor consumo en tres categorías de eficiencia: antiguos (Etiqueta G), intermedios (Etiqueta C) y nuevos (Etiqueta A+++)- véase (Borque Angulo, 2022).

¹³ Se ha utilizado el sistema de etiquetado antiguo por ser el más frecuente en hogares vulnerables.

Tabla 8 / Consumos y ahorros de equipo antiguo a nuevo - Frigorífico de 350 litros para 1, 2 y 3 personas.

Consumo antiguo [kWh/año]	Consumo nuevo [kWh/año]	Ahorro absoluto [kWh/año]	Reducción unitaria [%]	Reducción total [%]
1055	116	851	88%	15%

Fuente: elaboración propia a partir de (Borque Angulo, 2022).

Tabla 9 / Consumos y ahorros de equipo antiguo a nuevo - Frigorífico de 450 litros para 4 o más personas.

Consumo antiguo [kWh/año]	Consumo nuevo [kWh/año]	Ahorro absoluto [kWh/año]	Reducción unitaria [%]	Reducción total [%]
1.205	133	1.072	89%	18%

Fuente: elaboración propia a partir de (Borque Angulo, 2022).

Tabla 10 / Consumos y ahorros de equipo antiguo a nuevo - Congelador con arcón medio.

Consumo antiguo [kWh/año]	Consumo nuevo [kWh/año]	Ahorro absoluto [kWh/año]	Reducción unitaria [%]	Reducción total [%]
1.113	122	990	89%	16%

Fuente: elaboración propia a partir de (Borque Angulo, 2022).

Tabla 11 / Consumos y ahorros de equipo antiguo a nuevo - Lavadora para 3 personas y una capacidad de 8kg.

Consumo antiguo [kWh/año]	Consumo nuevo [kWh/año]	Ahorro absoluto [kWh/año]	Reducción unitaria [%]	Reducción total [%]
583	206	377	65%	6%

Fuente: elaboración propia a partir de (Borque Angulo, 2022).

Tabla 12 | Consumos y ahorros de equipo antiguo a nuevo - Lavavajillas para 3 personas.

Consumo antiguo [kWh/año]	Consumo nuevo [kWh/año]	Ahorro absoluto [kWh/año]	Reducción unitaria [%]	Reducción total [%]
619	233	386	62%	6%

Fuente: elaboración propia a partir de (Borque Angulo, 2022).

Tabla 13 | Consumos y ahorros de equipo antiguo a nuevo - Secadora para 3 personas.

Consumo antiguo [kWh/año]	Consumo nuevo [kWh/año]	Ahorro absoluto [kWh/año]	Reducción unitaria [%]	Reducción total [%]
993	157	836	84%	14%

Fuente: elaboración propia a partir de (Borque Angulo, 2022).

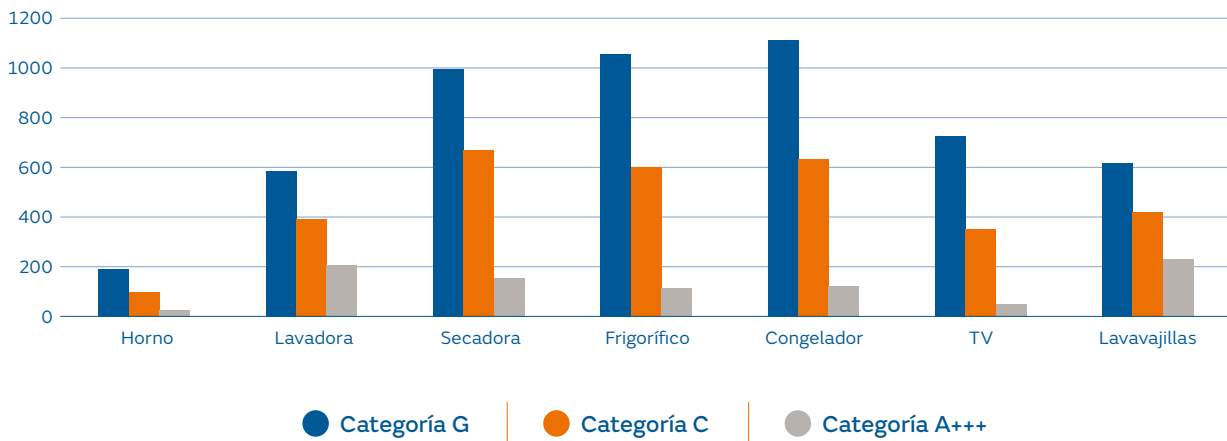
Tabla 14 | Consumos y ahorros de equipo antiguo a nuevo - Horno doméstico para 3 personas.

Consumo antiguo [kWh/año]	Consumo nuevo [kWh/año]	Ahorro absoluto [kWh/año]	Reducción unitaria [%]	Reducción total [%]
193	26	167	87%	3%

Fuente: elaboración propia a partir de (Borque Angulo, 2022).

Finalmente, la Figura 16 muestra un resumen del consumo de cada electrodoméstico según su categoría de eficiencia energética para un hogar de tres miembros.

Figura 16 | Consumo energético de electrodomésticos según categoría de eficiencia energética para un hogar de 3 miembros.



Fuente: elaboración propia a partir de (Borque Angulo, 2022).

Se observa en la Figura 16 que los electrodomésticos de categorías G y C de mayor consumo energético son el congelador, frigorífico y secadora. Por otro lado, de la categoría A+++ son el lavavajillas, la lavadora y la secadora. Además, son el frigorífico y congelador los dos electrodomésticos con mayor diferencia de consumo eléctrico entre categorías A+++ y G, por ello, teóricamente deberían tener prioridad a la hora de decidir qué electrodomésticos cambiar primero.

4.1.3 Reducción del consumo energético por medidas de microeficiencia

Bombillas LED

Existen diferentes tipos de tecnología de luminarias en el mercado, entre ellas, las más comunes son: bombilla convencional, bombilla halógena, bombilla fluorescente, bombilla de bajo consumo y bombilla LED. La bombilla LED es la que se está entregando actualmente para ayudar a las familias a ahorrar energía.

- Las bombillas incandescentes se caracterizan por ser las menos eficientes. Pierden mucha energía en forma de calor. Tienen un coste elevado y una vida útil reducida. Emiten una luz tenue.
- Las bombillas halógenas tienen un rendimiento similar a las bombillas incandescentes, pero emiten más luz, ya que tienen más potencia. La luz que emiten es clara.

- Las bombillas fluorescentes son muy eficientes, consumiendo menos de la mitad que una bombilla incandescente. Tienen también mayor duración.
- Por último, las bombillas LED son la tecnología más avanzada. Están formadas por un diodo, que obliga a la corriente a circular en una única dirección pasando por un semiconductor que emite luz. Son la opción que menos consume y más luz emite, con una vida útil hasta 50 veces superior a las demás tecnologías luminarias. El único inconveniente es que suelen tener un precio más elevado, pero el ahorro generado compensa la inversión, tal y cómo se demuestra más adelante.

A continuación, se muestran los resultados de un extenso trabajo sobre consumo de iluminación realizado bajo la supervisión de la Cátedra de Energía y Pobreza (Fernández Pedraz, 2022). Primero, la Tabla 15 muestra las características técnicas de los diferentes tipos de bombillas y su potencia equivalente en bombilla tradicional incandescente.

Tabla 15 | **Características técnicas de los diferentes tipos de bombilla y su potencia equivalente en bombilla tradicional.**

Tecnología	Potencia de la luminaria (W)	Eficiencia luminosa (lm/W)	Potencia equivalente en bombilla tradicional (W)
LED	20	130	110
Bajo consumo	20	60	85
Fluorescente	20	55	60
Halógena	20	15	25

Posteriormente, se calcula la equivalencia en potencia de las bombillas de 20W de tipo Bajo consumo, Fluorescente y Halógena respecto a una bombilla LED. A partir de estos datos, se crea una “bombilla estándar”, que será la media de las equivalencias en potencia LED de las bombillas anteriores. Esto permite calcular el ahorro medio generado por cambio a bombillas LED si se desconoce el tipo de bombillas de partida. Los resultados se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16 / Equivalencia en potencia de los diferentes tipos de bombillas de 20W respecto al LED (W).

Tipo bombilla	Equivalencia en potencia LED (W)
Fluorescente	10,90
Halógena	4,54
Bajo consumo	15,45
“Bombilla estándar”	10,3

Finalmente, a partir de la potencia equivalente en LED de las otras bombillas, mostrada en la Tabla 16, se procede al cálculo de la reducción unitaria del consumo empleando la bombilla LED en lugar de los otros tipos de luminaria de 20 W (Tabla 17).

Tabla 17 / Reducción del consumo en iluminación generado con el cambio a bombilla LED.

Tipo bombilla	Potencia (W)	Diferencia de Potencia (W)	Reducción unitaria del consumo [%]
Fluorescente	10,90	9,1	45,5
Halógena	4,54	15,46	77,3
Bajo consumo	15,45	4,55	22,75
“Bombilla estándar”	10,3	9,7	48,5

Se observa cómo, con la bombilla LED, se ahorra una media del 48,5% de potencia respecto a las demás bombillas.

Thermocover

Thermocover es un producto novedoso, basado en la nanotecnología, de fácil aplicación y económico. Consiste en una película de aislamiento no adhesiva que se aplica sobre las ventanas para proteger y aislar de la pérdida de calor en los meses fríos. También reduce la entrada de radiación solar, protegiendo así la vivienda del sol. Es un gran aislante térmico que ayuda al ahorro energético, y por tanto económico, de la vivienda. También se emplea en placas solares para mejorar su rendimiento. Se puede emplear también para facilitar la limpieza de cristales.

Su aplicación se realiza manualmente: se limpia el cristal, se pule si fuese necesario, se aplica el producto con un rodillo y se seca con un secador convencional.

Según las referencias consultadas (la ficha del fabricante HIGITECH y los thermocover comerciales), se puede estimar que la aplicación de un thermocover reduce en un 28% la dispersión del calor en ventanas de un vidrio y 13% en ventanas de doble vidrio. A partir de estos valores, se ha calculado el ahorro en términos de reducción de demanda de calefacción bajo la suposición de que la medida ideal para reducir las dispersiones a través de los cerramientos sería sustituir todas las ventanas (vidrios y carpintería) por unas más aislantes. Posteriormente, se ha multiplicado la reducción en dispersión de calor a través de la ventana generada por el Thermocover por la reducción de la demanda estimada anteriormente para la medida ideal mencionada (Figura 10 y Figura 12). Los resultados para las ZCI C y D se muestran en la Tabla 18. En hogares vulnerables, las condiciones de partida de las ventanas suelen ser de vidrio simple sin thermocover, por ello se utilizará el primero de los dos datos de la tabla como referencia teórica del ahorro.

Tabla 18 | Reducción de la demanda requerida de calefacción tras la aplicación de un Thermocover.

	Reducción demanda calefacción en vidrios simples [%]	Reducción demanda calefacción en vidrios dobles [%]
Zona C	3,7 %	1,7%
Zona D	3,0%	1,4%

4.1.4 Intervenciones realizadas en los hogares analizados

Finalmente, todas las medidas incluidas en el estudio se han clasificado en 12 tipologías para facilitar la recogida de datos a través del cuestionario descrito en el Apartado 3.

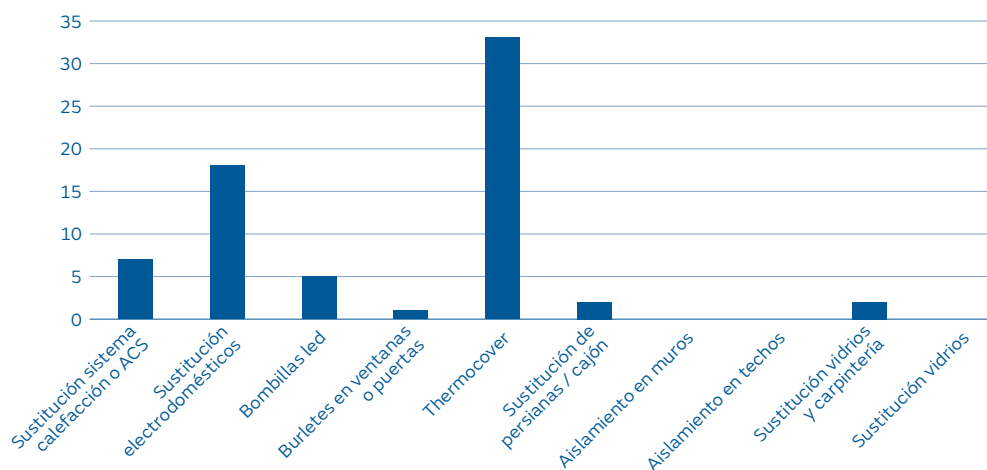
- Reparación de caldera/aparato de calefacción (por ejemplo, calefactores)
- Sustitución de caldera/aparato de calefacción (por ejemplo, calefactores)
- Instalación/sustitución reparación termos
- Sustitución electrodomésticos
- Bombillas LED

- Sellado de ventanas o puertas (burletes)
- Aplicación de una película aislante a las ventanas (Thermocover)
- Sustitución de persianas/aislamiento de cajón
- Aislamiento en muros
- Aislamiento en techos
- Sustitución ventanas (vidrios y carpintería)
- Sustitución vidrios

Para cada hogar del estudio, se ha recopilado información sobre las tipologías de intervenciones realizadas y su fecha de finalización. Cabe destacar que en 16 de los 54 hogares analizados se realizaron múltiples intervenciones (véase Tabla A.3). También se dispone del dato sobre el importe de la inversión para la rehabilitación.

La Figura 17 muestra el número de intervenciones que se realizaron en las viviendas analizadas bajo la clasificación antes mencionada. La gráfica destaca la aplicación del Thermocover a ventanas como la medida más implementada (33 viviendas) en la muestra en análisis. Este dato se justifica por el hecho que es la única intervención realizada en el centro residencial mencionado anteriormente que ya está beneficiando los hogares que viven en él¹⁴. Por otro lado, se sustituyeron 18 electrodomésticos, sobre todo, de los que más consumen (frigorífico, nevera, etc. véase apartado 4.2). Finalmente, entre otras medidas frecuentes, se han sustituido 7 sistemas de calefacción/ACS y 5 dispositivos de iluminación (bombillas).

Figura 17 | Número de intervenciones que se realizaron en las viviendas analizadas según la clasificación del estudio.



¹⁴ En este edificio se han instalado también paneles fotovoltaicos, pero su aprovechamiento por parte de los residentes aún no se ha logrado.

De todos los hogares analizados se pudo acceder a la información sobre el importe de la inversión para acometer las reformas. La inversión media por hogar ha sido de unos 810€ (IVA del 21% incluido), muy por debajo de los 6.800€ de promedio para acometer una “intervención exprés completa” (de Luxán García De Diego et al., 2022). Esto se debe a que en la mayoría de los casos reales analizados (36 de 54) solo se ha implementado una actuación y en casi todos (52 de 54) no había ninguna de las tres medidas estrella que componen la citada intervención exprés.



4.2 Gasto energético real y requerido de los hogares

El gasto energético real de los hogares de la muestra se ha estimado a partir de sus facturas de luz, aplicando la metodología descrita a continuación. Han formado parte de este análisis 47 viviendas, ya que se han tenido que excluir siete hogares (AC4, AC5, AC6, AC7, AC8, AC9 y AY6 – véase Tabla A.3) porque no contaban con factura y, por tanto, carecían de datos de consumo, gasto real y precio. En algunos casos reportados por el Ayuntamiento de Terrassa se disponía también de la factura de gas, una información extra que se ha aprovechado para completar el gasto energético real del hogar AY4 que utiliza gas natural para agua caliente y cuya caldera ha sido sustituida por una más eficiente como actuación con el Fondo.

Para estimar el gasto real en electricidad de los hogares de la muestra, primero se ha extrapolado la siguiente información de las facturas proporcionadas por las ONGs y administraciones colaboradoras (desde 2020 a 2023¹⁵):

- El tipo de mercado al que pertenece el contrato (regulado-PVPC o libre).
- El tipo de contrato.

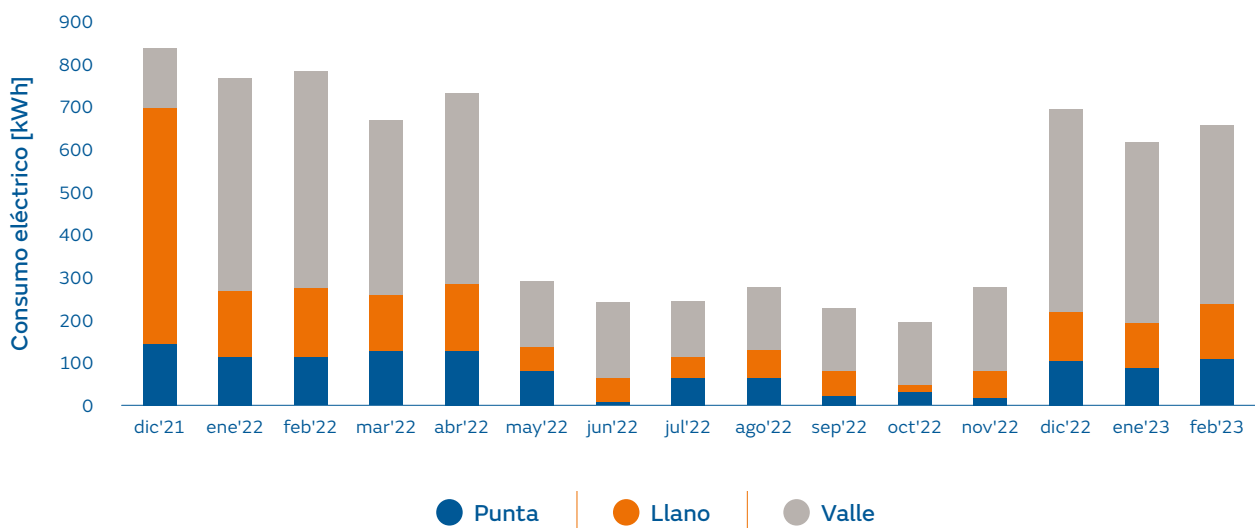
¹⁵ Sólo hubo un caso con facturas anteriores (2018 y 2019).

- El porcentaje del descuento debido al bono social (en caso de tenerlo)
- La comercializadora

Según los datos recopilados por las encuestas, el 36% de los hogares tiene contratado el PVPC, mientras que aproximadamente el 60% está en el mercado libre y el 4% restante ha cambiado de mercado en los meses tras la rehabilitación.

Segundo, para estimar el consumo y gasto eléctrico real de cada hogar se ha hecho uso de la información detallada de las facturas. Sin embargo, en la mayoría de los casos, se disponía de una sola factura mensual o bimestral por lo que la obtención directa tanto del consumo como del gasto eléctrico se dan en dichas fechas concretas. Para estimar el consumo eléctrico del resto de meses (hasta un máximo de 12 meses para cada periodo – antes y después de la rehabilitación-) se ha hecho uso de la gráfica del historial de consumo eléctrico en los meses anteriores a la factura. La Figura 18 muestra un ejemplo de extrapolación de dicha grafica para una factura con PVPC.

Figura 18 | Ejemplo de historial de consumo eléctrico en los meses anteriores a la factura.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de factura.

Cabe destacar que hay facturas en las que la información del consumo eléctrico que se muestra en el histograma agrupa dos meses. En dichos casos, se ha optado por repartir a medias dicho consumo eléctrico. Tras obtener el consumo eléctrico para cada mes mostrado en las facturas, se procedió a calcular el gasto eléctrico real mensual.

Para estimar el gasto real en electricidad, se han de diferenciar los dos tipos de mercados. Para el mercado libre, la estimación del gasto eléctrico se ha realizado utilizando, para todos los meses, los precios estipulados en la factura, es decir se ha asumido un contrato de un año donde los precios de la electricidad se mantienen constantes. Para el mercado regulado, la estimación del gasto eléctrico se ha realizado de manera distinta ya que,

a diferencia del mercado libre, los precios de la electricidad varían de forma horaria. Por tanto, se ha utilizado la herramienta online FACTURALUZ de la CNMC la cual, tras rellenar una serie de datos básicos¹⁶, estima el gasto eléctrico de un hogar con PVPC en el periodo seleccionado. Además, esta herramienta web muestra los precios de la electricidad implicados en dicho cálculo para cada período de facturación.

Cabe destacar que estos mismos precios identificados para las facturas en mercado libre y regulado se han aplicado también al cálculo del gasto energético requerido de los hogares, con el procedimiento que se describe más adelante.

En cuanto al gasto real en combustibles, que se ha estimado solo para el hogar AY4 (véase Tabla A. 3) a partir de sus facturas de gas, la cronología del consumo medido o estimado de 24 meses y los precios e impuestos aplicados en los diferentes meses se han utilizado para estimar, respectivamente, el promedio mensual de consumo y gasto real de gas natural antes de la rehabilitación. El mismo método se ha aplicado a 5 meses después para estimar el consumo y gasto reales de gas tras la rehabilitación. En este caso concreto, el cálculo tras la rehabilitación es menos fiable que el de antes por el hecho de estar basado solo en 5 meses de consumo estimado. Sin embargo, constituye una referencia suficiente para el cálculo del gasto real de gas natural.

El gasto energético requerido (GER) de cada uno de los hogares de la muestra antes de las intervenciones de rehabilitación exprés se ha estimado utilizando el modelo presentado en la tesis antes mencionada (Barrella, 2022). A partir de las características del hogar en cuestión (descritas en el Apartado 3), se ha estimado el gasto energético teórico que tendría que abonar para satisfacer sus necesidades energéticas requeridas, incluyendo tanto los usos térmicos (calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria) como los eléctricos (iluminación, electrodomésticos y cocina).

En cuanto a los primeros usos, se ha aplicado el submodelo de gasto térmico requerido (tomado como ejemplo en la ENPE) que se basa en los requerimientos fijados por el Código Técnico de la Edificación (CTE), en particular para la temperatura de confort (20°C) y la ocupación de la vivienda. Entonces, con esta metodología se han estimado los consumos y gastos requeridos para la calefacción/refrigeración y la preparación de agua caliente sanitaria teniendo en cuenta las características básicas del hogar y de la vivienda, como la zona climática de la localidad de residencia, la antigüedad de la vivienda, su superficie (tamaño de la vivienda) y el tamaño del hogar.

Por otro lado, el submodelo de gasto eléctrico requerido se ha utilizado para estimar consumos y gastos teóricos para iluminar la casa, utilizar los electrodomésticos y cocinar, en función del tamaño y la composición¹⁷ del hogar, y la superficie de la vivienda (Barrella et al., 2021). En el cálculo del gasto teórico del segundo de los usos mencionados, se ha tenido en cuenta también qué electrodomésticos disponía el hogar al momento de la encuesta. En este caso, el modelo se basa en estadísticas de consumos eléctricos del IDAE y en datos y encuestas del INE, en particular en la Encuesta de Empleo del Tiempo (EET). Las Figuras 19 y 20 muestran un resumen esquemático de la metodología de aplicación de los dos submodelos.

¹⁶ Los datos necesarios son la fecha de facturación (se ha asumido un período de facturación de 30 días en todos los casos), el código postal de la vivienda, el consumo eléctrico del hogar en dicho período de facturación (estimado anteriormente), la potencia contratada e introducir el descuento debido al bono social (en caso de que el hogar lo tenga).

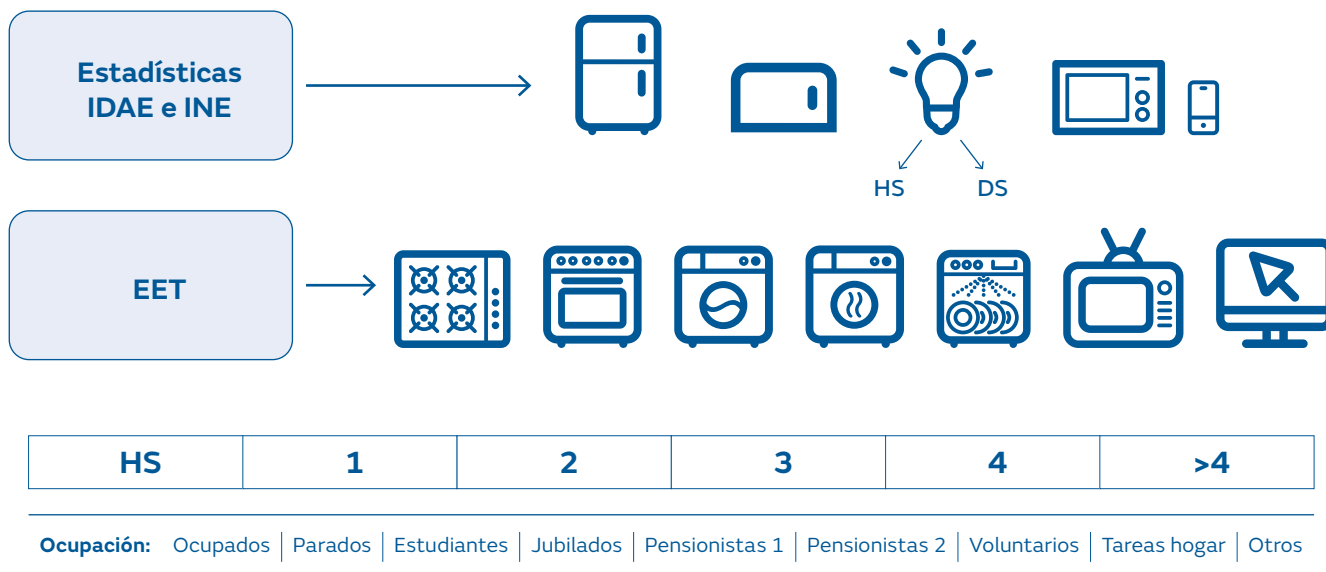
¹⁷ Por composición del hogar se entiende la ocupación de cada uno de sus miembros

Figura 19 | Metodología empleada y variables de ingreso del cálculo del Gasto Térmico Requerido.



Fuente: elaboración propia a partir de (Barrella, 2022).

Figura 20 | Estadísticas y variables empleada para el modelo de Gasto Eléctrico Requerido.



Fuente: elaboración propia a partir de (Barrella, 2022) – HS: tamaño del hogar; DS – tamaño de la vivienda.

En la práctica, el cálculo de la demanda, consumo y gasto energético requerido se ha realizado a través de la herramienta local DIAGNOSTICO, desarrollada por la Cátedra de Energía y Pobreza¹⁸. Teniendo que comparar este gasto teórico con el gasto real en electricidad (facturas de la luz), se ha extraído de la herramienta el resultado teórico del “gasto anual en electricidad total” (es decir, la factura teórica de la luz, que incluye también el gasto en calefacción, ACS -si tienen como suministro la electricidad- y refrigeración). En el caso especial del AY4 este resultado se ha sumado al del gasto anual en combustible por los motivos expuestos anteriormente. Por simplicidad, en adelante nos referiremos a ello utilizado el término general “gasto energético requerido” (GER). En cuanto al consumo energético requerido (CER), se han considerado todos los servicios energéticos que tienen la electricidad como suministro.

Por otro lado, el GER y el CER de cada uno de los hogares de la muestra después de las intervenciones de rehabilitación exprés se han calculado aplicando a los modelos antes mencionados y las reducciones teóricas del consumo generadas por las medidas implementadas en la vivienda (véase el apartado 4.1).

A continuación, se comparan los resultados del consumo energético requerido y del consumo real antes y después de la rehabilitación¹⁹. En el primer caso, se ha tomado como referencia la mitad del consumo energético requerido (CER/2), en línea con la literatura que ha demostrado una posible sobreestimación del modelo de consumo requerido respecto al real (véase [Barrella et al., 2022b]). Los resultados del GER se utilizarán más adelante para el cálculo del indicador HEP (Apartado 4.3).

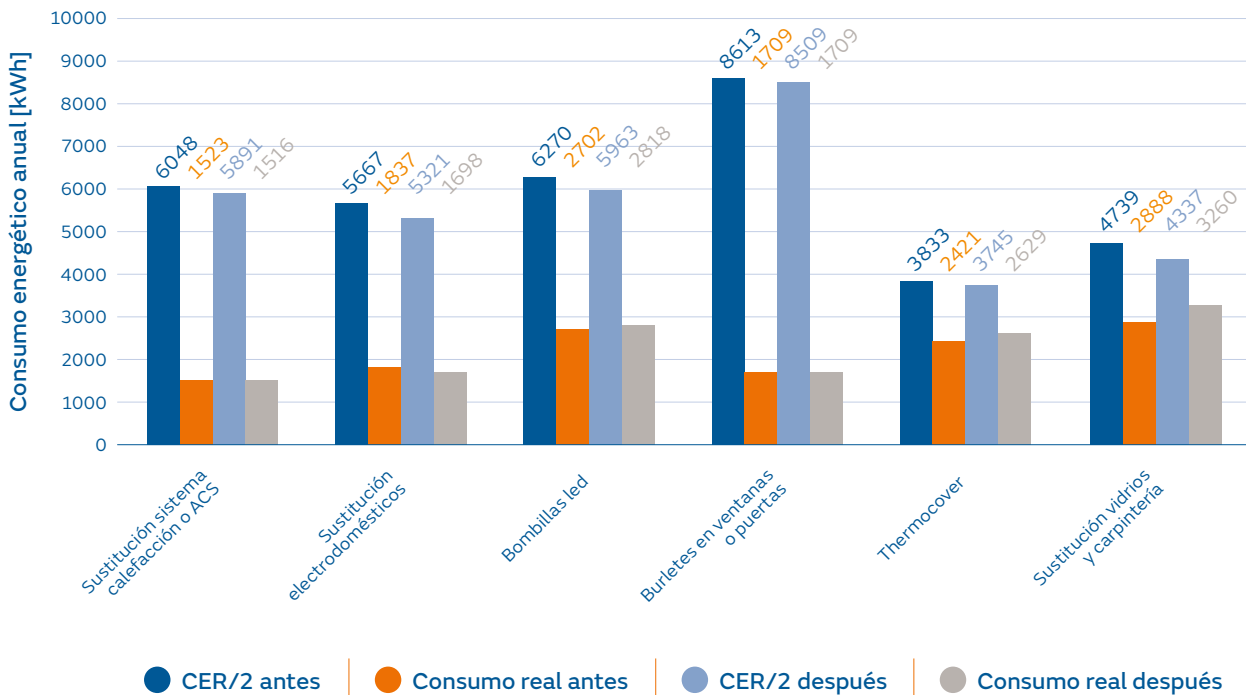
La Figura 21 muestra la comparación mencionada para cada tipo de medida incluida en el estudio. El ahorro teórico relativo (diferencia relativa entre CER/2 antes y después) mayor se obtiene en los hogares en los que se han sustituido las ventanas (8,5%), seguidos por los que han reemplazado los electrodomésticos (6,1%). Por otro lado, el ahorro real relativo (diferencia relativa entre consumo real antes y después) mayor se obtiene con la sustitución de electrodomésticos (7,6%), mientras que la sustitución de ventanas y la aplicación del thermocover aumentan el consumo real de los hogares analizados, resultado que podría apuntar a un efecto rebote²⁰ de algunas medidas que mejoran la sensación de confort en el hogar. Cabe aclarar que, en este caso estudio, los porcentajes de ahorro teórico y real no son comparables entre ellos, siendo el consumo energético requerido siempre mayor que el real. Por ejemplo, para el caso de los hogares con sustitución de electrodomésticos (donde el ahorro teórico relativo resulta menor que su ahorro real relativo), el ahorro teórico absoluto (346 kWh/año) es bastante mayor que el ahorro real absoluto (139 kWh/año), es decir el consumo teórico disminuye más que el real en términos absolutos. Finalmente, hay que destacar que en el 30% de los hogares analizados se han realizado múltiples medidas y los resultados reflejan el impacto del conjunto de ellas. Este porcentaje de casos con múltiples medidas aumenta hasta el 80% si se consideran solo los hogares en el que se sustituyeron las bombillas antiguas por LED.

¹⁸ El algoritmo de cálculo de esta herramienta se ha integrado también en la aplicación web pública de ECODES y es su versión para entidades sociales ENERSOC (Cátedra de Energía y Pobreza, 2021), (Arenas et al., 2021).

¹⁹ El análisis del consumo en lugar del gasto permite aislar los efectos de la subida de precios en los últimos dos años debido a la crisis energética, poniendo así el foco en el impacto de la intervención realizada.

²⁰ Situación que se da cuando un hogar aumenta su gasto en energía tras una intervención de eficiencia energética. El motivo de este aumento se encuentra fundamentalmente en el cambio de actitud de los habitantes del hogar, que, por ejemplo, después de aislar su casa, ajustan el termostato para que la temperatura media de la casa sea más alta que antes de la renovación (EE-Rebound Project). En el caso de los hogares vulnerables, estos podrían perder el “miedo a la factura energética” (potencialmente más contenida ahora gracias a las actuaciones en eficiencia) y volver a niveles de consumo más cercanos al nivel requerido para su salud y su confort.

Figura 21 | Promedio de la mitad del consumo energético requerido (CER/2) y del consumo real antes y después de la rehabilitación según la tipología de medida implementada.



Por otro lado, las Figuras 22 y 23 muestran la misma comparación según dos variables cruciales para este tipo de estudio (véase Apartados 2 y 3): la zona climática de invierno (ZCI) y la antigüedad de la vivienda. En el primer caso, la figura muestra cómo el promedio de ahorro teórico relativo es mayor en los hogares que viven en la zona climática más fría (4,2% en la D frente al 3,1% en la C). En el segundo caso, en los hogares que viven en edificios más antiguos se ha calculado un ahorro teórico mayor que el de hogares que viven en pisos construidos entre 1981 y 2007 (4,9% en los primeros, frente al 2,4% en los segundos). Por otro lado, en todos los casos mostrados en las Figuras 22 y 23, el consumo real tras la reforma es mayor que el anterior a ella, apuntando una vez más el posible efecto rebote. Cabe destacar que no es posible relacionar directamente los resultados de ahorro con las dos variables analizadas, sobre todo en una muestra reducida de hogares, pero esta comparación puede servir como referencia para estudios de impacto futuros.

²¹ Para confirmar que este rebote está efectivamente operando, sería necesario complementar este análisis con un trabajo de campo cualitativo que identificara el comportamiento de los hogares tras la rehabilitación. Este ejercicio queda fuera del alcance del presente estudio.

Figura 22 / Promedio de la mitad del consumo energético requerido (CER/2) y del consumo real antes y después de la rehabilitación según la zona climática de invierno (ZCI).

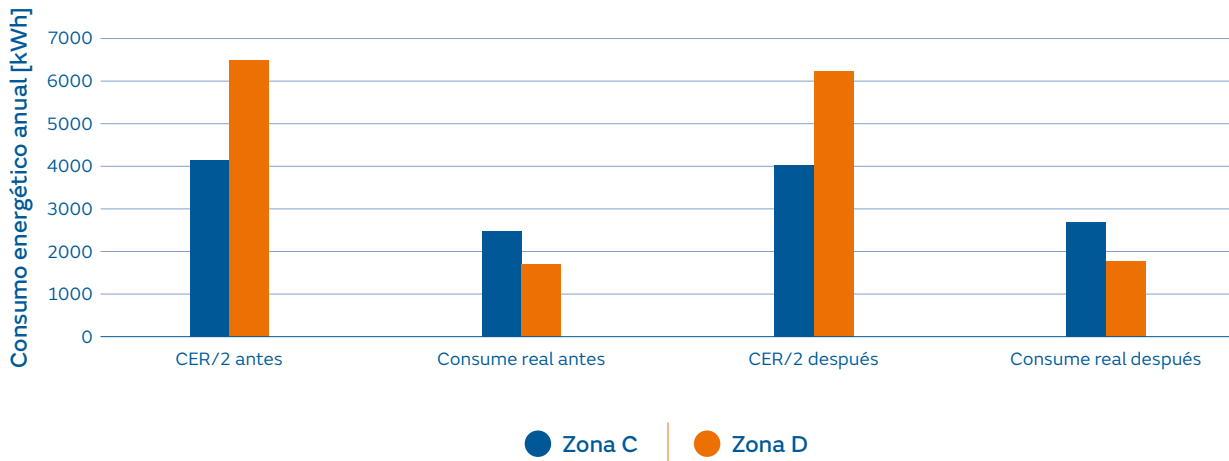
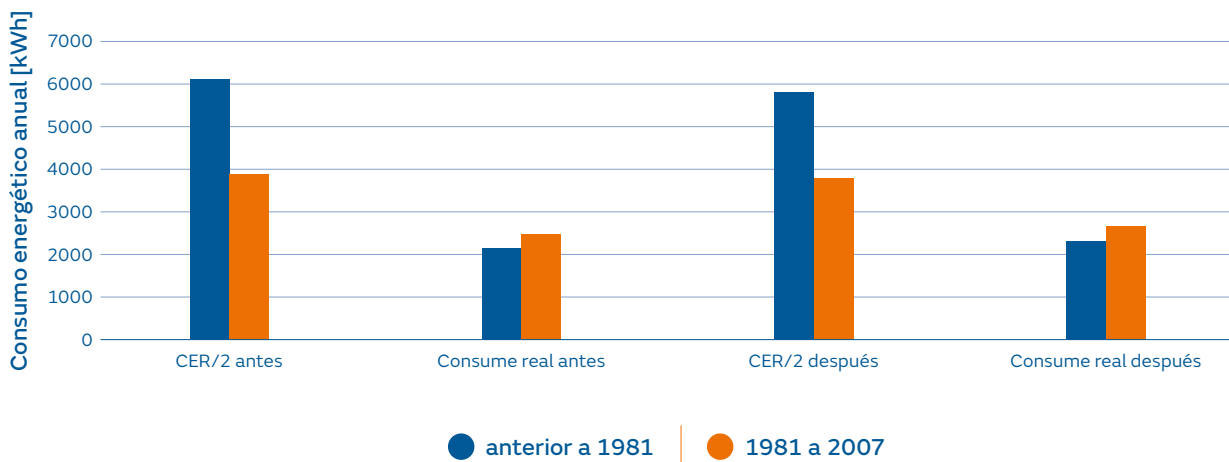


Figura 23 / Promedio de la mitad del consumo energético requerido (CER/2) y del consumo real antes y después de la rehabilitación según la antigüedad de la vivienda.



4.3 Impacto en la pobreza energética oculta

Según los datos presentados en el Apartado 2.3, la dimensión más acuciante de la vulnerabilidad energética es la que se conoce como ‘pobreza energética oculta’. Además, los últimos informes de la Cátedra de Energía y Pobreza destacan este indicador como el único que ha podido captar la tendencia a la reducción del consumo por falta de asequibilidad de la energía en 2021 frente a los años anteriores, en particular, en los hogares de renta baja. Además, resulta que el indicador de pobreza energética oculta es el único que, para su cálculo, parte del gasto energético teórico o requerido de los hogares. Esto lo hace especialmente útil para poder medir de forma fidedigna el resultado de acciones de eficiencia energética sobre las viviendas, unas medidas que impactan de forma directa sobre la demanda energética requerida de las mismas, reduciéndolas. De esta forma evitamos que fenómenos

como el efecto rebote enmascaren el impacto positivo que estas medidas están de hecho teniendo en los hogares en términos de salud y de confort para sus habitantes.

Por estos motivos, se ha decidido tomar como referencia el indicador HEP en el análisis de impacto de la rehabilitación exprés presentada en este estudio. En particular, para evitar los efectos de una posible sobreestimación del gasto térmico requerido (señalados en (Barrella et al., 2022b)) se ha decidido aplicar el indicador HEP o de pobreza energética oculta propuesto en (Barrella et al., 2022b) e incluido en informes anuales de la Cátedra de Energía y Pobreza. Según esta métrica, un hogar se encuentra en pobreza energética si:

- Está infragastando: gasto energético real inferior a la mitad de su gasto energético requerido – $GER/2$ –, y
- Tiene bajos ingresos: perteneciente a los 5 deciles de renta equivalente más bajos



Este indicador se ha aplicado a cada hogar de la muestra para estimar la ‘extensión’ (HEP extent) de la pobreza energética oculta en la población beneficiaria del Fondo, es decir el porcentaje de hogares que padecen esta problemática. En particular, se ha utilizado como referencia el promedio de sus gastos energéticos reales y requeridos antes y después de las intervenciones exprés (véase Apartado 4.2). Este enfoque permite tener una referencia más fidedigna del gasto energético medio anual en el hogar respecto al tomar el gasto de una sola factura como criterio. Por otro lado, el umbral de renta equivalente utilizado (máxima renta equivalente del quinto decil: 16.004€ anuales, estimado con los datos de la EPF 2021. Romero et al., 2022) se verifica en una muestra de hogares representativa del conjunto²², resultado esperable dado que se trata de hogares atendidos por las ONGs colaboradoras por su grado de vulnerabilidad. Además, también se ha estimado la ‘profundidad’ de esta dimensión oculta de la pobreza energética (la brecha de pobreza energética o HEP depth) como la diferencia entre la mitad del gasto energético requerido del hogar y su gasto energético real.

²² Se ha accedido a la información de renta de 11 familias de la muestra que se han considerado representativas del conjunto de hogares vulnerables analizado, tanto por su número como para las características sociodemográficas.

Cabe destacar que, en algunos casos, el impacto positivo de todas las medidas analizadas ha sido contrarrestado parcialmente por el aumento de precios de la energía.

De esta manera, se han obtenido los siguientes resultados de extensión y profundidad de la pobreza energética oculta en la muestra de hogares del estudio. En particular, se ha repetido la estimación con los datos de gasto energético (real y requerido) antes y después de la rehabilitación exprés, es decir se ha evaluado el impacto de ésta en la pobreza energética. Considerando el conjunto de hogares de la muestra analizada, el indicador HEP baja tras la rehabilitación exprés, en particular pasamos de tener un 89% de hogares en esta situación de vulnerabilidad energética, a un 79%, es decir se produce una reducción del 12% de la incidencia de la pobreza energética oculta. Por otro lado, la brecha de pobreza energética pasa de unos 423€/año a unos 313€/año, marcando así un efecto positivo de las intervenciones analizadas en la situación de pobreza vinculada a la energía de conjunto de hogares analizados.

La Figura 24 compara los resultados de la extensión de pobreza energética oculta (HEP) antes y después de la rehabilitación según la medida implementada. La medida más efectiva en términos de porcentajes de hogares que salen de la pobreza energética es la sustitución de electrodomésticos (que produce una bajada del 25%), seguida por la sustitución del sistema de calefacción o ACS (20%).

Por otro lado, si se compara la brecha de la pobreza energética antes y después de la intervención (Figura 25), la medida más efectiva en reducir dicha brecha es la sustitución vidrios y carpintería (reducción del 45%), seguida por la sustitución del sistema de calefacción o ACS (35%) y el cambio de electrodomésticos (22%). Estos resultados destacan, una vez más, la relevancia de medir tanto la extensión como la profundidad de esta lacra social. Por ejemplo, los dos hogares en los que sustituyeron las ventanas (AC2 y H34) no consiguen salir de la pobreza energética por su situación severa de vulnerabilidad y la baja eficiencia energética (ambos hogares viven en edificios construidos antes de la primera normativa técnica). Sin embargo, consiguen reducir considerablemente su brecha, es decir, su situación de infra gasto se ve muy aliviada. Como conclusión cabe destacar que las tres medidas más costosas (mayor inversión) son las que más reducen la brecha de pobreza energética en los hogares analizados.

Finalmente, cabe destacar que, en algunos casos, el impacto positivo de todas las medidas analizadas ha sido contrarrestado parcialmente por el aumento de precios de la energía que han sufrido los hogares de la muestra. Este fenómeno afectó de forma más aguda a los hogares en los que se aplicó el thermocover, que vieron como el precio de la energía se incrementó un 18% tras la intervención, lo que hizo que su gasto energético requerido aumentara también de forma proporcional. Un aumento tan acusado suele provocar en los hogares vulnerables una respuesta de reducción del consumo energético, por lo que se conoce coloquialmente como el "miedo a la factura" (Romero et al., 2022). Así, aunque el thermocover efectivamente supuso una mejora en términos de ahorro energético para estas familias, el impacto no alcanzó a compensar un aumento de los precios de la energía tan marcado (Figura 25).

Figura 24 | Resultados de la extensión de pobreza energética oculta (HEP) antes y después de la rehabilitación según la medida implementada (número de hogares en pobreza energética).

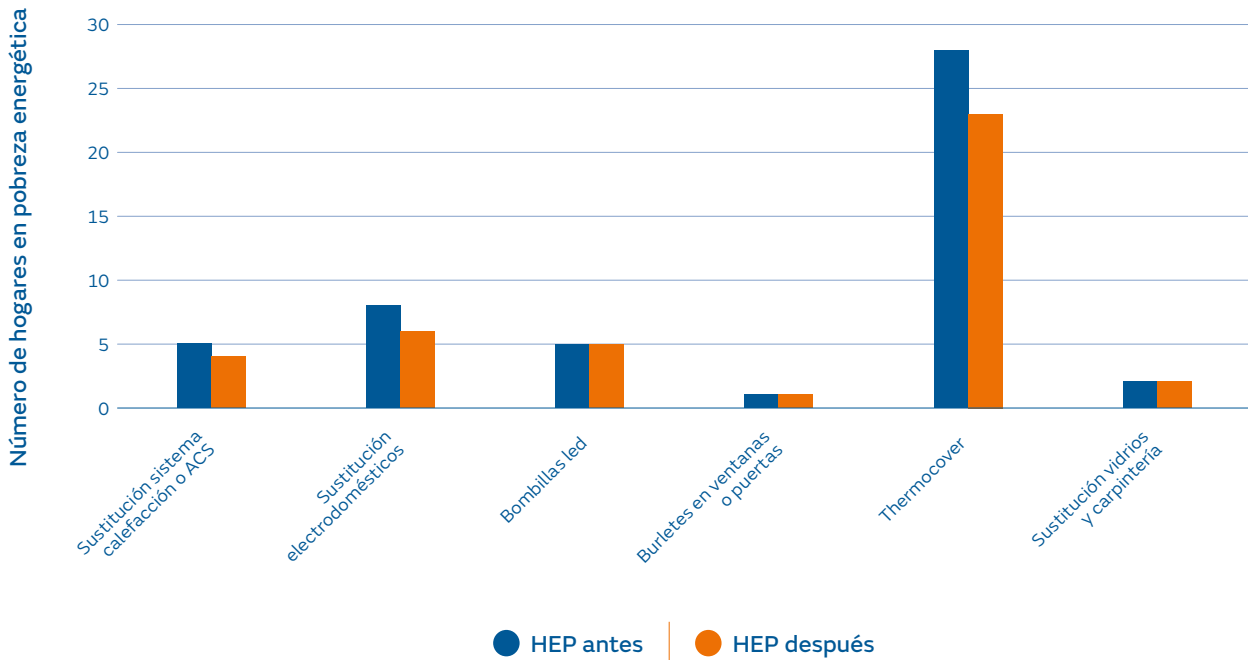
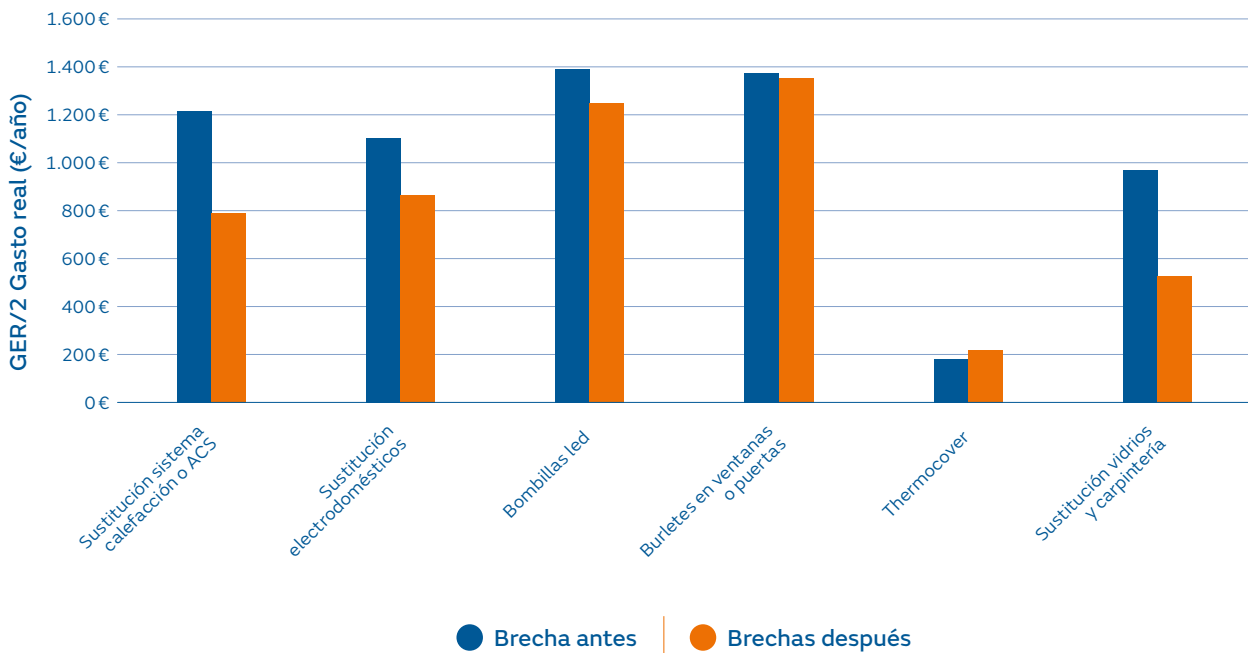
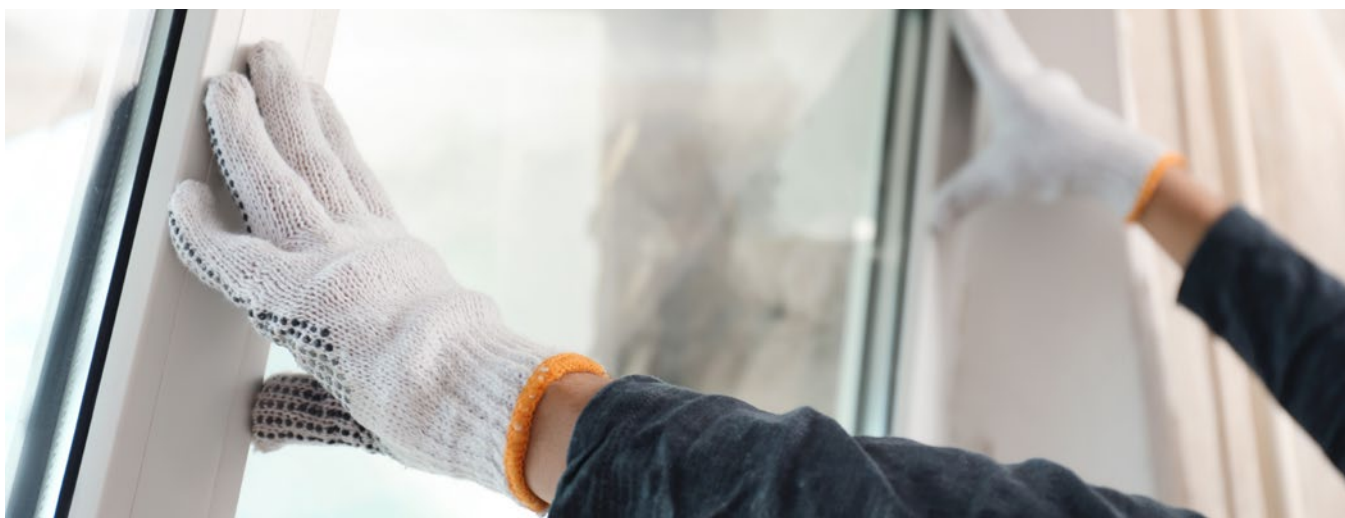


Figura 25 | Brecha de la pobreza energética oculta antes y después de la rehabilitación según la medida implementada.



5. Conclusiones y recomendaciones



En este informe se presenta la metodología general de evaluación del impacto real de la rehabilitación exprés en viviendas. Posteriormente, se exponen los resultados de su aplicación a los hogares vulnerables atendidos por las ONGs que colaboran con el Fondo Solidario de Rehabilitación Energética en Cataluña. Sin embargo, el valor intrínseco de esta metodología es su aplicabilidad a cualquier Comunidad Autónoma, lo que la convierte en una posible referencia para estudios en todo el territorio español.

La recopilación de datos de 54 hogares beneficiarios del fondo y su posterior procesado para la estimación de sus gastos energéticos reales y requeridos han permitido tener una estimación de la extensión y profundidad de la pobreza energética oculta (indicador HEP) en dicha muestra de hogares. La primera mide el porcentaje de hogares que padecen esta situación de infra gasto energético, mientras que la segunda (llamada también brecha de pobreza energética) estima la diferencia entre la mitad del gasto energético requerido de un hogar y su gasto energético real. En particular, se ha repetido el cálculo con los datos de gasto energético (real y requerido) antes y después de la rehabilitación energética exprés, es decir, se ha evaluado el impacto de ésta en la situación de pobreza energética de la población analizada. Considerando el conjunto de hogares de la muestra, el indicador HEP baja significativamente tras la rehabilitación energética exprés, en particular pasamos de tener un 89% de hogares en esta situación de vulnerabilidad energética a un 79%, es decir, se produce una reducción del 12% de la incidencia de la pobreza energética oculta. Por otro lado, la brecha de pobreza energética pasa de unos 423€/año a unos 313€/año, marcando así un efecto positivo de las intervenciones analizadas en la situación de pobreza vinculada a la energía del conjunto de hogares analizados.

Este informe también desglosa los resultados de la incidencia de la pobreza energética oculta (HEP) antes y después de la rehabilitación según la medida implementada. De entre las medidas analizadas, la más efectiva en términos de porcentajes de hogares que salen de la pobreza energética oculta es la sustitución de electrodomésticos (que produce una bajada del 25%), seguida por la sustitución del sistema de calefacción o ACS (20%). Por otro lado, si se compara la brecha de la pobreza energética antes y después de la intervención, la medida más efectiva en reducir dicha brecha es la sustitución vidrios y carpintería (reducción del 45%), seguida por la sustitución del sistema de calefacción o ACS (35%) y el cambio de electrodomésticos (22%). Estos resultados destacan una vez más la relevancia de medir tanto la extensión como la profundidad de esta lacra social. Por ejemplo, los hogares en los que sustituyeron las ventanas no consiguen salir de la pobreza energética por su situación de vulnerabilidad severa y la baja eficiencia energética de sus viviendas. Sin embargo, consiguen reducir considerablemente su brecha, es decir su situación de infra gasto se ve muy aliviada. Más en general, cabe destacar que la reducción mayor de brecha de pobreza energética se verifica en los hogares donde se implementaron las tres medidas más costosas (mayor inversión).

La sustitución de sistemas de calefacción, ventanas y electrodomésticos son las medidas que se tendrían que priorizar cuando se decide acometer una rehabilitación exprés en hogares vulnerables.

Para comprender bien estos resultados, es necesario tener en cuenta también que el impacto positivo de todas las medidas ha sido parcialmente contrarrestado por el aumento de precios de la energía que han sufrido los hogares analizados, mayoritariamente en el periodo después de la rehabilitación. Por otro lado, los datos de incidencia de la pobreza energética oculta antes mencionados reflejan la mayor resiliencia de los hogares vulnerables rehabilitados energéticamente frente a situaciones extremas como la crisis energética del 2021-2022.

Por último, los resultados de este informe sugieren una serie de recomendaciones que podrían ser útiles para tomar decisiones y para las organizaciones a la hora de diseñar e implementar intervenciones exprés en las viviendas. Extrapolando con cautela los datos presentados para el caso estudio a la población vulnerable en España, se puede concluir que, entre las medidas implementadas en la muestra, la sustitución de sistemas de calefacción, ventanas y electrodomésticos son las medidas que se tendrían que priorizar cuando se decide acometer una rehabilitación exprés en hogares vulnerables. Sin embargo, otras medidas muy prometedoras (a nivel teórico) que no se implementaron en la muestra analizada, a saber, la mejora del aislamiento en muros y techo, tendrían que ejecutarse para obtener una rehabilitación más profunda de la envolvente térmica de la vivienda. Finalmente, los beneficios generados por el Fondo Solidario de Rehabilitación energética de Fundación Naturgy alientan a la sociedad a seguir potenciando la colaboración entre entidades para crear redes solidarias que eviten la cronificación de la pobreza energética en España.

Este estudio no incluye el posible impacto psicológico positivo de estas medidas, como la posible mejora del bienestar emocional de las personas que se benefician de ellas y su empoderamiento y concienciación sobre temas de gestión de la energía.



Por otro lado, este estudio no incluye el posible impacto psicológico positivo de estas medidas, como la posible mejora del bienestar emocional de las personas que se benefician de ellas y el empoderamiento y concienciación de estas sobre temas de gestión de la energía. El único comportamiento que se menciona en este informe como posible justificación de los resultados de aumento del consumo real tras las medidas de mejora del aislamiento térmico analizadas (por ejemplo, la sustitución de ventanas) es el conocido como efecto rebote. Sin embargo, para confirmar este efecto se necesitaría un análisis cualitativo que analice el comportamiento de los hogares tras la rehabilitación.

A partir de los resultados de este proyecto se pueden plantear extensiones del estudio en las siguientes direcciones:

- Este informe se centra en una de las dimensiones de la pobreza vinculada a la energía: la pobreza energética oculta. Esta elección se justifica, sobre todo por la mayor incidencia de esta faceta de la pobreza energética en España y porque el indicador de pobreza energética oculta (HEP) es la única métrica propuesta para el caso estudio español que parte para su cálculo del gasto energético teórico o requerido de los hogares. Esto lo hace especialmente útil para poder medir de forma fidedigna el resultado de acciones de eficiencia energética sobre las viviendas, unas medidas que impactan de forma directa sobre la demanda energética requerida de los mismos, reduciéndolas. Sin embargo, en estudios futuros basados sobre encuestas más profundas se podría

ampliar el análisis de pobreza energética a otros indicadores, como por ejemplo, el indicador de temperatura inadecuada (como proxy del confort en el hogar) o el indicador de gasto desproporcionado basado en el Minimum Income Standard (MIS).

- En estudios futuros se podría ampliar el abanico de medidas a las de adaptación de las viviendas al calor, dada la perspectiva de un aumento significativo de la demanda de refrigeración por el cambio climático (Castaño-Rosa et al., 2021).
- Valoración a partir de certificación energética antes y después de la rehabilitación. Este análisis permitiría afinar el análisis del impacto de las medidas incluidas en la rehabilitación exprés en el consumo energético requerido y convertirlo en gasto energético requerido para evaluar la viabilidad económica de cada una de estas medidas.
- Valoración a través de encuestas más profundas. Una encuesta específica a los hogares beneficiarios permitiría evaluar más a fondo el impacto de la rehabilitación exprés en distintos aspectos de la vida de estos (sociodemográficos, económicos, habitabilidad de la vivienda, salud, etc.).
- Valoración a partir de toma de datos. Se trataría de realizar la medición de, al menos, la temperatura en los hogares rehabilitados. Lo ideal sería poder realizar medidas antes y después de la rehabilitación durante un número significativo de meses. La duración de la medición dependería del tipo de intervención implementada. El post-análisis de estos datos podría producir nuevos indicadores de confort y pobreza energética.

Sin embargo, habría que tener en cuenta que tanto el estudio actual como los posibles trabajos futuros tienen un coste que habría que comparar, por un lado, con el importe de la inversión para acometer las intervenciones exprés en los hogares analizados y, por otro lado, con los posibles beneficios en el conjunto de la población vulnerable en España.

El coste por hogar del análisis realizado en el presente informe es un 46% de la inversión media por hogar para implementar las medidas analizadas. Sin embargo, este porcentaje sería mucho menor si se hubiese acometido una ‘intervención exprés’ completa en todos los hogares (5%), es decir, se hubiera reducido significativamente el peso de la medición de impacto en el presupuesto total. Por otro lado, el coste de la medición podría ser significativamente mayor si se llevaran a cabo todos los análisis propuestos para trabajos futuros. Un ejemplo de presupuesto de referencia para realizar un tipo de estudio integrado similar es el de la licitación del IDAE para el “Servicio de reclutamiento, configuración y monitorización de un panel de hogares vulnerables”, cuyo coste por hogar es de 3.061,30€²³. Este coste supondría un 378% de la inversión media por hogar para las medidas incluidas en el presente estudio y un 45% si se implementa una ‘intervención exprés’ completa.

No obstante, esta aparentemente elevada inversión permitiría medir el impacto de estas intervenciones en la pobreza energética y podría mejorar el diseño e implementación de las futuras políticas de eficiencia energética, en particular las que beneficien a los hogares vulnerables, es decir permitiría escalar de manera eficiente los beneficios de la rehabilitación exprés al conjunto de la población vulnerable en España.

²³ https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/13048c7a-f921-400b-aeaa-dbd8530eea6a/DOC_CN2021-279859.html?MOD=AJPERES

6. Referencias

1. Aranda, J., Zabalza, I., Conserva, A., Millán, G., 2017. *Analysis of Energy Efficiency Measures and Retrofitting Solutions for Social Housing Buildings in Spain as a Way to Mitigate Energy Poverty. Sustainability.* <https://doi.org/10.3390/su9101869>
2. Arenas, E., Barrella, R., Cosín López-Medel, Á., Linares, J.I., Romero, J.C., Foronda Díez, C., Díez Alzueta, L., 2021. Investigación aplicada para el desarrollo de una herramienta web de cálculo del gasto eléctrico teórico para hogares españoles.
3. Arenas, E.M., Barrella, R., Burzaco, M., Cabrera, P.J., Centeno, E., Escribano, M.E., Ibáñez, J.W., Linares, J.I., Linares, P., Romero, J.C., Sanz, P., 2019. La pobreza energética en España, in: Blanco, A., Chueca, A., López-Ruiz, J.A., Mora, S. (Eds.), Informe España 2019. Servicio de Biblioteca. Universidad Pontificia Comillas de Madrid, pp. 174–222.
4. Barrella, R., 2022. *Addressing energy poverty in an integrated way. An interdisciplinary characterisation of Spanish vulnerable households and proposal for implementing feasible technical and policy solutions.* Universidad Pontificia Comillas, Madrid.
5. Barrella, R., Cosin, A., Arenas, E., Linares, J.I., Romero, J.C., Centeno, E., 2021. *Modeling and analysis of electricity consumption in Spanish vulnerable households. 2021 IEEE Madrid PowerTech, PowerTech 2021 - Conf. Proc.* <https://doi.org/10.1109/PowerTech46648.2021.9494785>
6. Barrella, Roberto, Linares, J.I., Arenas, E., Romero, J.C., 2022a. Estudio del gasto térmico teórico en refrigeración para hogares españoles. <https://doi.org/10.3390/su13052987>
7. Barrella, R., Linares, J.I., Romero, J.C., Arenas, E., 2022a. *Evaluating the impact of energy efficiency strategies on households' energy affordability: A Spanish case study (No. IIT-22-229WP).*
8. Barrella, R., Romero, J.C., Linares, J.I., Arenas, E., Asín, M., Centeno, E., 2022b. *The dark side of energy poverty: Who is underconsuming in Spain and why? Energy Res. Soc. Sci.* 86, 102428. <https://doi.org/10.1016/J.ERSS.2021.102428>
9. Barrella, Roberto, Romero, J.C., Mariño, L., 2022b. *Proposing a Novel Minimum Income Standard Approach to Energy Poverty Assessment: A European Case Study. Sustain.* 2022, Vol. 14, Page 15526 14, 15526. <https://doi.org/10.3390/SU142315526>
10. Borque Angulo, G., 2022. Estudio de la influencia de la eficiencia energética de los diferentes electrodomésticos de un hogar español en su gasto eléctrico. Universidad Pontificia Comillas.
11. Bouzarovski, S., Burbidge, M., Stojilovska, A., 2020. *Deliverable 2.1a Report on Energy Poverty in the PRS-Overview & Framework. Version 2020/3. University of Manchester, United Kingdom.*
12. Castaño-Rosa, R., Barrella, R., Sánchez-Guevara, C., Barbosa, R., Kyprianou, I., Paschalidou, E., Thomaidis, N.S., Dokupilova, D., Gouveia, J.P., Kádár, J., Hamed, T.A., Palma, P., 2021. *Cooling Degree Models and Future Energy Demand in the Residential Sector. A Seven-Country Case Study. Sustainability* 13, 2987. <https://doi.org/10.3390/su13052987>

13. Cátedra de Energía y Pobreza, 2021. o, Migración de DIAGNÓSTICO (modelo de cálculo del Gasto Térmico Teórico) a un entorno web.
14. Cuchí, Albert; Arcas-Abella, Joaquim; Pagès-Ramon, A., 2017. Estudio de la distribución del consumo energético residencial para calefacción en España 7.
15. de Luxán García De Diego, M., Sánchez-Guevara Sánchez, C., Román López, E., del Mar Barbero Barrera, M., Gómez Muñoz, G., 2022. Re-habilitación exprés para hogares vulnerables. Soluciones de bajo coste (Actualización mayo 2022).
16. de Luxán García De Diego, M., Sánchez-Guevara Sánchez, C., Román López, E., del Mar Barbero Barrera, M., Gómez Muñoz, G., 2017. Re-habilitación exprés para hogares vulnerables. Soluciones de bajo coste.
17. EPAH, 2021. Abordar la pobreza energética a través de acciones locales. Casos ejemplares de toda Europa.
18. Fernández Pedraz, M., 2022. Desarrollo de un modelo de cálculo del consumo eléctrico por iluminación en un hogar español. Universidad Pontificia Comillas.
19. Fundación FOESSA, 2022. El coste de la vida y estrategias familiares para abordarlo.
20. Fundación Naturgy, 2022. Re-habilitación energética exprés. Análisis y aportaciones de las entidades sociales.
21. IDAE, 2017. Rendimiento medio estacional de calefacción.
22. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), 2020. Informe anual de consumos energéticos. Evolución 2010-2018.
23. Luján Torres, C., Moliner Galbis, J., Rodríguez Hernández, J.C.; Vilariño Feltrer, G., 2022. Impacto de las rehabilitaciones expres sobre la pobreza energética en Valencia. <https://doi.org/10.4995/SCING.2022.619701>
24. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, 2022. Estado de la certificación energética de los edificios (10º Informe), Certificación Energética de Edificios.
25. Palma, P., Gouveia, J.P., 2022. *Bringing Energy Poverty Research into Local Practice: Exploring Subnational Scale Analyses*.
26. Romero, J.C., Barrella, R., Centeno, E., 2022. Informe de Indicadores de Pobreza Energética en España 2021, Informes Cátedra de Energía y Pobreza.
27. Sánchez-Guevara Sánchez, C., Mavrogianni, A., Neila González, F.J., 2017. *On the minimal thermal habitability conditions in low income dwellings in Spain for a new definition of fuel poverty*. *Build. Environ.* 114, 344–356. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.029>
28. Santamouris, M., Kapsis, K., Korres, D., Livada, I., Pavlou, C., Assimakopoulos, M.N., 2007. *On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector*.
29. Tirado Herrero, S., López Fernández, J. L., & Martín García, P., 2012. Pobreza energética en España. Potencial de generación de empleo derivado de la rehabilitación energética de viviendas. Madrid.
30. UNHCR, 2017. Tipos de bombillas que podemos encontrar | eAcnur [WWW Document]. URL https://eacnur.org/es/blog/tipos-bombillas-nos-podemos-encontrar?psafe_param=1&utm_cp=&matchtype=b&keyword=&tc_alt=47342&n_o_pst=n_o_pst&n_okw=__c_52693938160&-B_eTWSBYIdf9OwXteSYyoa1HG2NC0O_k8RTVe_jvnUqMNSjwOUaAhpFEALw_wcB (accessed 5.22.23).

7. Anexo

Tabla A.1 | Tasa de riesgo de pobreza o exclusión social (tasa AROPE - Objetivo UE 2030) y sus componentes en Cataluña (fuente: Idescat).

Año	Tasa AROPE	Tasa de riesgo de pobreza	Población que vive en hogares con baja intensidad de trabajo	Población con privación material y social severa
2015	23,0	19,0	9,1	6,5
2016	23,8	19,2	7,6	7,8
2017	24,5	20,0	8,7	6,1
2018	24,9	21,3	5,8	6,7
2019	23,6	19,5	8,3	6,5
2020	26,7	21,7	10,2	8,0
2021	25,9	19,9	9,6	9,0
2022	24,7	19,9	6,8	8,0

Tabla A.2 | Tasa de riesgo de pobreza o exclusión social (tasa AROPE - Objetivo UE 2030) y sus componentes en España (fuente: Idescat).

Año	Tasa AROPE	Tasa de riesgo de pobreza	Población que vive en hogares con baja intensidad de trabajo	Población con privación material y social severa
2015	28,7	22,1	15,4	7,4
2016	28,8	22,3	14,9	8,5
2017	27,5	21,6	12,8	8,3
2018	27,3	21,5	10,8	8,7
2019	26,2	20,7	10,9	7,7
2020	27,0	21,0	10,0	8,5
2021	27,8	21,7	11,6	8,3
2022	26,0	20,4	7,7	8,6

Cuestionario para la evaluación del ahorro energético generado por la rehabilitación exprés.

1. ID del hogar *

Añade el código/numero de referencia de la intervención exprés en el programa del fondo solidario u otra referencia para identificar el hogar:

.....

A. Facturas energéticas

Ignora esta sección si has pasado las facturas de tus suministros.

2. Consumo eléctrico antes de la rehabilitación (kWh/mes).

Promedio mensual a partir de las facturas disponibles:

.....

3. Gasto eléctrico antes de la rehabilitación (€/mes).

Promedio mensual a partir de las facturas disponibles:

.....

4. Consumo eléctrico después de la rehabilitación (kWh/mes).

Promedio mensual a partir de las facturas disponibles:

.....

5. Gasto eléctrico después de la rehabilitación (€/mes).

Promedio mensual a partir de las facturas disponibles:

.....

6. Consumo en combustibles antes de la rehabilitación (kWh/mes o bombonas/mes).

Promedio mensual a partir de la información disponible:

.....

7. Gasto en combustibles antes de la rehabilitación (€/mes).

Promedio mensual a partir de la información disponible:

.....

8. Consumo en combustibles después de la rehabilitación (kWh/mes o bombonas/mes).

Promedio mensual a partir de la información disponible:

.....

9. Gasto en combustibles después de la rehabilitación (€/mes).

Promedio mensual a partir de la información disponible:

.....

10. ¿A partir de cuántos meses de facturación está hecha la estimación de los consumos y gastos?. Especifica los meses de facturación/pago de cada suministro:

.....

B. Intervenciones de eficiencia energética / rehabilitación exprés

11. Alcance de la rehabilitación:

- Reparación de caldera / aparato de calefacción (p.e. calefactores)
- Sustitución de caldera / aparato de calefacción (p.e. calefactores)
- Instalación / sustitución / reparación termos
- Sustitución electrodomésticos
- Bombillas led
- Sellado de puertas y ventanas (burletes)

- Sustitución de persianas / aislamiento de cajón
- Toldos
- Aislamiento en muros Aislamiento en techos
- Sustitución ventanas (vidrios y carpintería)
- Sustitución vidrios
- Otro:

12. ¿Cuáles electrodomésticos se sustituyeron?

Contestar solo si hubo sustitución de electrodomésticos por unos más eficientes:

- Cocina electrica (Fogones)
- Horno eléctrico
- Lavadora
- Secadora
- Frigorífico
- Congelador
- Lavavajillas
- Microondas

13. Fechas de las intervenciones: *

.....

.....

.....

.....

C. Características del hogar

14. Localidad: *

.....

.....

15. Tipo de vivienda: *

- Bloque
- Unifamiliar

16. Antigüedad de la vivienda: *

- Anterior a 1981
- 1981 a 2007
- Posterior a 2007
- No sé

17. Calificación energética de la vivienda antes de la rehabilitación:

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- No sé

18. Calificación energética de la vivienda después de la rehabilitación:

- A
- B
- C
- D
- E
- F
- G
- No sé

19. Tamaño aproximado de la vivienda (m²): *

.....

20. Numero de miembros del hogar: *

- 1
- 2
- 3
- 4
- Más de 4

21. Ocupación de los miembros del hogar:

- Ocupado/a
- Parado/a
- Estudiante
- Jubilado/a, prejubilado/a
- Cobrando una pensión de incapacidad permanente o invalidez
- Cobrando una pensión de viudedad u orfandad
- Realizando tareas del hogar
- Otra situación de inactividad

22. Horquilla de ingresos mensuales del hogar (€/mes):

- Menos de 600€
- 600€ - 1000€
- 1000€ - 1500€
- 1500€ - 2200€
- Más de 2200€

23. Tipo de sistema principal de calefacción: *

- Individual: individual para toda la vivienda.
- Central: Centralizado para todo el edificio.
- Aparatos: Portátiles o que solo están en alguna habitación.
- Ninguno

24. Suministro energético del sistema principal de calefacción: *

- Gas natural
- GLP: Butano o propano
- Gasóleo
- Biomasa
- Carbón
- Electricidad (acumuladores)
- Electricidad (radiadores o estufas)
- Electricidad (bomba de calor)
- N/A

25. Tipo de sistema de agua caliente: *

- Individual: Solo para mi vivienda.
- Central: Sistema centralizado para todo el edificio.
- Ninguno

26. Suministro energético del sistema de agua caliente: *

- Gas natural
- GLP: Butano o propano
- Biomasa
- Carbón
- Electricidad
- N/A

27. ¿Tiene aire acondicionado?: *

- Si
- No

28. Electrodomésticos disponibles en la vivienda: *

- Cocina eléctrica (Fogones)
- Horno eléctrico
- Lavadora
- Secadora
- Frigorífico con congelador
- Congelador (adicional al del frigorífico)
- TV
- Ordenador
- Lavavajillas
- Móvil
- Tablet
- Microondas

Tabla A.3 | Principales características de los hogares del estudio.

ID	Entidad colaboradora	Localidad	Mercado	Bono social	Antigüedad de la vivienda	Tamaño aproximado de la vivienda (m ²)	Número de miembros del hogar	Tipo de sistema principal de calefacción	►
FR1	Fundación Roure	Barcelona	Libre	0%	Anterior a 1981	60	2	Aparatos: Portátiles o que solo están en alguna habitación.	
FR2	Fundación Roure	Barcelona	Regulado	0%	Anterior a 1981	70	1	Aparatos: Portátiles o que solo están en alguna habitación.	
FR3	Fundación Roure	Barcelona	Regulado	70%	Anterior a 1981	60	2	Aparatos: Portátiles o que solo están en alguna habitación.	
CR5	Cruz Roja	Terrassa	Libre	0%	Anterior a 1981	78	No se dispone	Aparatos: Portátiles o que solo están en alguna habitación.	
AC1	Asociación Confianza	Barcelona	Regulado	0%	Anterior a 1981	80	Más de 4	Aparatos: Portátiles o que solo están en alguna habitación.	
AC2	Asociación Confianza	L'Hospitalet de Llobregat	Regulado	80%	Anterior a 1981	70	2	Individual: individual para toda la vivienda.	
AC3	Asociación Confianza	Cornella de Llobregat	Libre	0%	Anterior a 1981	70	4	Individual: individual para toda la vivienda.	
AC4	Asociación Confianza	Barcelona	0	0%	Anterior a 1981	120	3	Aparatos: Portátiles o que solo están en alguna habitación.	
AC5	Asociación Confianza	L'Hospitalet de Llobregat	0	0%	Anterior a 1981	90	4	Ninguno	
AC6	Asociación Confianza	L'Hospitalet de Llobregat	0	0%	Anterior a 1981	70	Más de 4	Ninguno	
AC7	Asociación Confianza	Barcelona	0	0%	Anterior a 1981	42	4	Ninguno	
AC8	Asociación Confianza	Barcelona	0	0%	Anterior a 1981	55	4	Aparatos: Portátiles o que solo están en alguna habitación.	
AC9	Asociación Confianza	Barcelona	0	0%	Anterior a 1981	40	3	Aparatos: Portátiles o que solo están en alguna habitación.	
AB1	ABD	Barcelona	Regulado	0%	1981 a 2007	70	2	Individual: individual para toda la vivienda.	
AB2	ABD	Barcelona	Regulado	0%	1981 a 2007	70	2	Individual: individual para toda la vivienda.	

Suministro energético del sistema principal de calefacción	Tipo de sistema de agua caliente	Suministro energético del sistema de agua caliente	Alcance de la rehabilitación
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Cambio 11 bombillas. Suministrar radiador convección. Modificar interruptor. Cambio lavadora.
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	GLP: Butano o propano	Suministro nevera. Cambio 8 bombillas a LED
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Gas natural	Cambio persiana habitación, Cambiar 1 bombilla a LED, Burlete de estanquidad en puerta de entrada. Cambio nevera
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Bombillas
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Cambio de computados e interruptores, colocación de enchufes de superficie, colocación de canal en salón, colocación de luces LED cocina y baño, colocación de aplique en pasillo, colocación de aplique LED en terraza. Cambiar y colocación de aire acondicionado de pared
Electricidad (acumuladores)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Suministro e instalación ventana
Electricidad (acumuladores)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Colocación 4 radiadores, purgar circuito de calefacción, puesta en marcha caldera
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Revisión de instalación, cambiar base de enchufes, interruptores, cambiar nevera y lavadora
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Revisión de instalación, cambiar base de enchufes, interruptores, colocar deshumidificador de aire portatil
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Sustitución de persianas / aislamiento de cajón cambio de Extractor de grasa, arreglar cocina, arreglar suelo de cocina, cambiar enchufes e interruptores, cambiar lavadora.
N/A	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Revisión de instalacion, cambiar base de enchufes, interruptores, cambiar nevera y lavadora
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Revisión de instalación y cambiar lavadora
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Revisión de instalación y cambiar lavadora
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Gas natural	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover

ID	Entidad colaboradora	Localidad	Mercado	Bono social	Antigüedad de la vivienda	Tamaño aproximado de la vivienda (m ²)	Número de miembros del hogar	Tipo de sistema principal de calefacción	►
AB3	ABD	Barcelona	Regulado	0%	1981 a 2007	47	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
AB4	ABD	Barcelona	Regulado	0%	1981 a 2007	43	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
AB5	ABD	Barcelona	Regulado	0%	1981 a 2007	43	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
AB6	ABD	Barcelona	Regulado	0%	1981 a 2007	43	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
AB7	ABD	Barcelona	Regulado	0%	1981 a 2007	87	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
H31	Fundació Hàbitat 3	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
H32	Fundació Hàbitat 3	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	30	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
H34	Fundació Hàbitat 3	Sabadell	Regulado	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
H35	Fundació Hàbitat 3	Barcelona	Regulado	40%	1981 a 2007	89	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
JO1	Joia	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
JO2	Joia	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
JO3	Joia	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
JO4	Joia	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
JO5	Joia	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
JO6	Joia	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
JO7	Joia	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
JO8	Joia	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
MA1	Fundació Mambré	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
MA2	Fundació Mambré	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	87	4	Individual: individual para toda la vivienda.	
MA3	Fundació Mambré	Barcelona	Libre-Regulado	0%	1981 a 2007	70	1	Individual: individual para toda la vivienda.	

ID	Entidad colaboradora	Localidad	Mercado	Bono social	Antigüedad de la vivienda	Tamaño aproximado de la vivienda (m ²)	Número de miembros del hogar	Tipo de sistema principal de calefacción	►
MA4	Fundació Mambré	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
MA5	Fundació Mambré	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
MA6	Fundació Mambré	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
MA7	Fundació Mambré	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
MA8	Fundació Mambré	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
MA9	Fundació Mambré	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
PA1	Llum PAS	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	2	Individual: individual para toda la vivienda.	
AR1	AREP	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
AR2	AREP	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	50	2	Individual: individual para toda la vivienda.	
AR3	AREP	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	87	2	Individual: individual para toda la vivienda.	
AR4	AREP	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	66.2	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
AR5	AREP	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	54	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
AR6	AREP	Barcelona	Libre	0%	1981 a 2007	70	2	Individual: individual para toda la vivienda.	
AY1	OFIMAPE (Ayto.Terrassa)	Terrassa	Regulado	0%	Anterior a 1981	55	2	Ninguno	
AY2	OFIMAPE (Ayto.Terrassa)	Terrassa	Regulado	60%	Anterior a 1981	97	No se dispone	Individual: individual para toda la vivienda.	
AY3	OFIMAPE (Ayto.Terrassa)	Terrassa	Regulado	0%	Anterior a 1981	50	1	Individual: individual para toda la vivienda.	
AY4	OFIMAPE (Ayto.Terrassa)	Terrassa	Libre-Regulado	0%	Anterior a 1981	60	1	Ninguno	
AY5	OFIMAPE (Ayto.Terrassa)	Terrassa	Regulado	70%	Anterior a 1981	50	2	Ninguno	
AY6	OFIMAPE (Ayto.Terrassa)	Terrassa	0	0%	Anterior a 1981	50	1	Ninguno	

Suministro energético del sistema principal de calefacción	Tipo de sistema de agua caliente	Suministro energético del sistema de agua caliente	Alcance de la rehabilitación
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
Electricidad	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	Thermocover
N/A	Individual: Solo para mi vivienda.	N/A	Frigorífico, lavadora, cocina, horno
Electricidad (radiadores o estufas)	Individual: Solo para mi vivienda.	Electricidad	calentador de gas, nevera
N/A	Individual: Solo para mi vivienda.	Gas natural	Cocina, campana extractora, nevera
N/A	Individual: Solo para mi vivienda.	Gas natural	Caldera y lavadora
N/A	Individual: Solo para mi vivienda.	N/A	Nevera
N/A	Individual: Solo para mi vivienda.	Gas natural	Caldera



IIT
INSTITUTO DE
INVESTIGACIÓN
TECNOLÓGICA

Fundación
Naturgy