

# **IDENTIFICACIÓN DE HOGARES VULNERABLES A PARTIR DEL CONCEPTO POBREZA ENERGÉTICA. INDICADOR Y MODELO DE EVALUACIÓN**

Departamento de Construcciones Arquitectónicas II. Universidad de Sevilla

Tesis doctoral presentada por  
**Raúl Castaño De La Rosa**

Dirigida por  
**Dra. Madelyn Marrero Meléndez**  
**Dr. Jaime Solís Guzmán**

Sevilla, Septiembre 2018



**IHV**





## **IDENTIFICACIÓN DE HOGARES VULNERABLES A PARTIR DEL CONCEPTO POBREZA ENERGÉTICA. INDICADOR Y MODELO DE EVALUACIÓN.**

Tesis doctoral a través del cual se opta al Título de Doctor Internacional en el programa de Doctorado de Arquitectura, presentado por Raúl Castaño de la Rosa, tutora del mismo la Doctora Madelyn Marrero Meléndez y director el Doctor Jaime Solís Guzmán.

Vº. Bº. del tutor:

Vº. Bº. del director:

Dra. Madelyn Marrero Meléndez

Dr. Jaime Solís Guzmán

Sevilla, septiembre de 2018.

## Resumen

Poder identificar aquellos hogares en una situación de vulnerabilidad, entendida como aquella situación determinada por factores físicos, sociales, económicos, ambientales, y de confort que podría aumentar el riesgo de padecer problemas de salud y bienestar social, es la principal barrera para abordar la problemática social definida como pobreza energética.

La gran variedad de factores que influyen en el funcionamiento de un hogar muestra la dificultad encontrada actualmente para determinar de forma clara una situación de vulnerabilidad. La investigación parte del análisis de los diferentes indicadores de pobreza energética existentes, en un ámbito nacional e internacional, y su relación al sector residencial, justificando sus debilidades y fortalezas a la hora de evaluar una situación de pobreza energética. Dicho análisis permite elaborar un modelo de evaluación de hogares vulnerables, a partir del cual definir un novedoso indicador de aplicación internacional, el Índice de Hogares Vulnerables (IHV), que analiza una situación más allá de la pobreza energética. El IHV unifica diferentes indicadores utilizados hasta el momento con el uso de sus tres variables: monetaria, energética y confort térmico. La variable monetaria analiza la vulnerabilidad en relación a los ingresos netos disponibles para afrontar el día a día, la variable energética relaciona las características constructivas de la vivienda, y el confort térmico evalúa la temperatura interior de la vivienda y su percepción por los inquilinos. La combinación de los diferentes valores resultantes y su relación a la calidad de vida de los inquilinos permite establecer niveles de vulnerabilidad del hogar.

Como resultado, se obtiene un indicador multidimensional que incluye el aspecto técnico (características de la vivienda) y el aspecto social (calidad de vida de los inquilinos). El uso de este indicador permitirá evaluar un hogar, sea o no identificado en una situación de pobreza energética, identificando qué variable requiere una mayor atención: económica, energética o de confort térmico. Dicho análisis hace posible incluir la viabilidad económica y técnica de una rehabilitación energética, junto a la reducción de la situación de vulnerabilidad de un hogar.

## **Abstract**

Identify households in a vulnerable situation, which is determined by physical, social, economic, environmental, and comfort factors that could increase the risk of suffering social and wellbeing problems, is considered the main limitation to solve current social problem defined as fuel poverty.

A variety of factors influence home's performance and makes difficult to clearly identify a vulnerable situation. This research is based on the analysis of different existing indicators of fuel poverty, in a national and international context, and its relationship to the residential sector, leading its weaknesses and strengths to be analysed. This analysis will contribute to define an assessment model of vulnerable homes, and a subsequent Index of Vulnerable Homes (IVH), which identifies households in fuel poverty or at risk of it. The IVH unifies the different indicators used so far to assess fuel poverty in a home by using three dimensions: monetary, energy and thermal comfort. The monetary dimension analyses the vulnerability in relation to the available net income to face everyday life. The energy variable assesses the vulnerability related to the constructive characteristics of the dwelling. Finally, the introduction of the thermal-comfort variable enables the evaluation of the vulnerability related to the inner temperature of the dwelling and its perception by occupants. The combination of the different resulting values in each dimension and its relationship to the quality of life of occupants establishes a hierarchy of vulnerable levels.

As a result, a multi-dimensional index is defined which relates technical aspects (characteristics of the dwelling) and social aspects (quality of life of households). The index of vulnerable homes evaluates a home whether or not it is in a fuel poverty situation, by identifying which variables require a greater assistance: monetary, energy or thermal comfort. This analysis enables an energy efficiency intervention to be evaluated by assessing its economic and technical aspects, leading to a lower situation of vulnerability.

## **Acknowledgements**

The support of my tutor Dra. Madelyn Marrero Meléndez, and my director Dr. Jaime Solís Guzmán has been vital to successfully carry out this thesis. In addition, I thank Eaga Charitable Trust for generously awarding a postgraduate student bursary, which has been essential to carry out this work, as well as the COST Action CA16232 for the STSM bursary. My supervisor Doctor Graeme Sherriff, and my co-supervisor Doctor Harriet Thomson have been crucial to the completion of the work presented. Furthermore, I would also like to thank my colleagues at the Sustainable Housing & Urban Studies Unit (SHUSU), and in particular Danielle Butler for her unconditional support and help over my three months stay at the University of Salford.

## ÍNDICE

---

Capítulo 1. Introducción.....	1
Capítulo 2. Objetivos.....	4
Capítulo 3. Metodología.....	5
3.1. Estado de la cuestión.....	5
3.2. Modelo de evaluación de hogares vulnerables.....	5
3.3. Validación del modelo propuesto.....	7
Capítulo 4. Estado de la Cuestión.....	9
4.1. Indicadores basados en gastos e ingresos del hogar.....	17
4.2. Indicadores basados en encuestas de percepciones y declaraciones de los hogares.....	25
4.3. Análisis econométricos.....	27
4.4. El confort térmico como indicador de pobreza energética....	28
4.5. Eficiencia energética del edificio como indicador de pobreza energética.....	31
4.6. Proyecto RELS.....	32
Capítulo 5. Modelo de Evaluación de Hogares Vulnerables.....	36
5.1. Indicador de pobreza monetaria.....	37
5.2. Indicador energético.....	40
5.3. Indicador de confort.....	41
5.4. Definición del Índice de Hogares Vulnerables.....	43
Capítulo 6. Estudio de Caso.....	53
6.1. Presentación y justificación del caso de estudio.....	53
6.2. Aplicación del Índice de Hogares Vulnerables.....	57
6.2.1. Indicador de Pobreza Monetaria.....	57
6.2.2. Indicador Energético.....	58
6.2.3. Indicador de Confort.....	58
6.2.4. Análisis de Sensibilidad.....	59
6.3. Resultados.....	62

Chapter 7. Adaptation of the Index of Vulnerable Homes to the England context .....	64
7.1. Justification of its application in England.....	64
7.2. Information the IVH needs to be applied .....	65
7.2.1. Monetary Poverty Indicator (MPI) .....	65
7.2.2. Energy Indicator (EnI) .....	66
7.2.3. Comfort Indicator (CI) .....	67
7.2.4. Health-Related Quality-Life Cost (HRQLC).....	67
7.3. Application of the IVH.....	69
7.3.1. Case study area.....	71
7.3.2. Results .....	75
7.3.3. Acting on vulnerable areas.....	79
7.4. Comparative analysis with the 10% and LIHC indicators .....	84
Chapter 8. Evaluation of the Index of Vulnerable Homes: understanding vulnerable consumer evidence .....	87
8.1. Background.....	87
8.2. Limitation .....	90
8.3. Evaluation methodology.....	90
8.3.1. Survey .....	91
8.3.2. Analysis of the results.....	92
8.3.3. Discussion.....	97
Chapter 9. Main differences between application in Spain and England.....	99
Chapter 10. Conclusions/Conclusiones.....	101
Chapter 11. Future lines of research.....	109
Chapter 12. Impact and contribution to knowledge.....	111
Chapter 13. Merits.....	113
References .....	114



# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

---

El concepto pobreza energética (PE), definido comúnmente como la incapacidad de un hogar para satisfacer una cantidad mínima de servicios de la energía para sus necesidades básicas, como por ejemplo mantener la vivienda en unas condiciones de climatización adecuadas para la salud (18 a 20°C en invierno y 25°C en verano), es una problemática mundial que se ha acentuado en Europa debido a la crisis económica, suscitando el interés de gobiernos y partidos políticos, y logrando una mayor repercusión pública. Varias son las definiciones e indicadores desarrollados por los países de la Unión Europea para analizar la situación de PE que viven los hogares más vulnerables, entre los que destacan las de Reino Unido, Irlanda, Francia, Eslovaquia, Italia o Austria. Sin embargo, no existe un concepto oficial, común en toda Europa, que permita analizar la situación de pobreza energética en los estados miembros y que facilite la comparativa de los resultados obtenidos, a partir de los cuales poder tomar medidas efectivas para una reducción y eventual erradicación. La falta de consenso europeo a la hora de definir una ruta clara en la lucha contra la PE origina que los diferentes gobiernos opten por indicadores ajustados a sus propios intereses, incluso en algunos países no ha llegado a ser reconocido como un problema social. Como resultado de ello, los valores de tasas de PE fluctúan drásticamente de un país a otro o incluso entre regiones de un mismo país. Como demostración, en Bulgaria el 46.5% de las personas son incapaces de mantener el calor de sus hogares de manera adecuada en invierno, mientras que en Estonia es sólo el 4.2%, Dinamarca 2.6% o Suecia 1.4%. Dependiendo de la fuente de información empleada se estima, en unos casos, que 50 millones de personas en Europa viven en PE. En otros, casi el 20% de la población total de la UE, que equivale a 125 millones de personas.

La Comisión Europea (CE) utiliza tres criterios básicos para evaluar una situación de PE: la incapacidad para mantener las viviendas acondicionadas de manera adecuada, el retraso en el pago de las facturas de servicios públicos y habitar viviendas insalubres (goteras en techos, paredes o suelos, aparición de moho y podredumbre). El concepto PE no es únicamente la dificultad para mantener una vivienda a una temperatura adecuada durante las diferentes épocas del año o para hacer frente al pago asociado a un consumo energético o para costear un elevado precio de la energía consumida, sino un concepto multidimensional que ha ido evolucionando, definiéndose actualmente como aquella situación que puede privar a los hogares no sólo de calefacción o refrigeración, sino también de agua caliente, luz y otras necesidades domésticas esenciales.

Para analizar la PE, es necesario desarrollar el estado de la cuestión desde una perspectiva internacional, y especialmente, el análisis de los términos anglosajones: Energy Poverty (EP) y Fuel Poverty (FP). Esta tesis analiza y revisa los conceptos EP y FP, así como los indicadores disponibles, desde su capacidad para identificar hogares en riesgo de PE a partir de una perspectiva técnica relacionada con el sector residencial. La carencia de los indicadores actuales a la hora de analizar la situación de un hogar, sin capacidad de considerar y combinar todos los factores que influyen en la actividad diaria de un hogar como: confort, salud, bienestar, etc., muestra la necesidad de combinar diferentes indicadores para, a partir de analizar sus resultados en conjunto, sea posible conseguir un análisis más sensible, tanto de las características técnicas de la vivienda como de la situación familiar de los inquilinos.

A continuación, se resume la estructura seguida para la elaboración de esta tesis, a través de la cual se aporta una novedosa solución a la problemática anteriormente definida.

En el capítulo de *Objetivos* se define el objetivo principal abordado por la tesis, así como algunos objetivos secundarios que permiten el cumplimiento del principal.

En el capítulo del *Estado de la Cuestión* se analiza la evolución que ha tenido la problemática de la PE desde su origen, así como los países con medidas específicas para abordarla, enmarcándola a nivel nacional y europeo. Además, se realiza una amplia revisión bibliográfica que permite establecer las bases del modelo propuesto.

Enlazando con el anterior capítulo, en el capítulo cuarto, *Metodología*, se explica la metodología definida para el desarrollo de la tesis, y alcanzar así el objetivo principal. Se detalla la relación establecida entre calidad de vida de un hogar y la calidad constructiva de la vivienda, incluyendo la situación monetaria familiar y las condiciones térmicas, a partir de la cual establecer diferentes niveles de vulnerabilidad para un hogar. Para terminar, se adscribe un valor monetario para cada uno de los niveles de vulnerabilidad definidos, permitiendo realizar una evaluación económica de la situación de vulnerabilidad de un hogar y los beneficios económicos para el servicio nacional de salud tras una mejora en la calidad de vida de dicho hogar.

Con el modelo elaborado, se define el Índice de Hogares Vulnerables (IHV), a través del cual es posible identificar hogares en situación de vulnerabilidad con riesgo a padecer PE. Con ello, en el capítulo *Estudio de Caso*, se realiza la aplicación del IHV en España, obteniendo los primeros resultados del IHV sobre la situación de vulnerabilidad de un hogar en riesgo de padecer PE, así como establecer diferentes análisis de sensibilidad que permiten poner en valor los resultados obtenidos tras su aplicación.

En busca de poder extrapolar a un nivel internacional el modelo elaborado, en el capítulo *Adaptation of the Index of Vulnerable Homes to the England context*, se lleva a cabo la aplicación del IHV al contexto británico, así como un análisis comparativo de los resultados obtenidos por el IHV con los indicadores oficiales en Inglaterra para analizar la PE (LIHC y 10%). Por último, las principales diferencias entre la aplicación del IHV en España e Inglaterra son detalladas. Este análisis permite evaluar los diferentes tipos de pobreza energética en función del país de estudio, así como la probabilidad de padecerla.

Por último, en el capítulo *Evaluation of the Index of Vulnerable Homes: Understanding vulnerable consumer evidence*, se evalúa la sensibilidad aportada por los resultados del IHV a partir de la elaboración de una encuesta en Reino Unido. Dicha encuesta fue diseñada para evaluar la situación de vulnerabilidad en la que se encontraban los hogares que la respondían en función de su situación monetaria, familiar y las características de su vivienda. El análisis comparativo entre la evaluación proporcionada por la encuesta y el IHV permite analizar cómo de sensible es la evaluación realizada por el IHV.

# Capítulo 2

## OBJETIVOS

---

El principal objetivo de esta tesis es desarrollar un indicador que permite evaluar de forma conjunta factores físicos, sociales, económicos, ambientales, y de confort que aumentan el riesgo de sufrir problemas de salud y bienestar social, identificando hogares en una situación de vulnerabilidad con riesgo de padecer pobreza energética. Una vez se identifique un hogar en una situación de vulnerabilidad, se establece una escala de vulnerabilidad, la cual permite priorizar aquellos hogares con una mayor necesidad.

Para dar respuesta al objetivo principal establecido, tres objetivos secundarios son marcados:

- Definir un modelo de evaluación de hogares vulnerables en riesgo de padecer pobreza energética.
- Establecer una relación entre calidad de vida de un hogar vulnerable y la calidad constructiva de la vivienda, incluyendo el factor monetario, energético y de confort térmico. Esta relación permite establecer diferentes niveles de vulnerabilidad que evalúan la calidad de vida de un hogar.
- Aportar una valoración monetaria para cada uno de los niveles de vulnerabilidad definidos, que permite realizar un análisis económico de la situación de vulnerabilidad de un hogar y los beneficios económicos para el servicio nacional de salud tras una mejora en la calidad de vida.

# Capítulo 3

## METODOLOGÍA

---

La metodología definida para llevar a cabo esta tesis se divide en tres fases principales: revisión bibliográfica; modelo de evaluación de hogares vulnerables, la cual se divide a su vez en tres fases secundarias (identificación de hogares vulnerables, evaluación de la calidad de vida de los hogares y análisis económico de una situación de vulnerabilidad); y validación del modelo propuesto (Figura 1).

### 3.1. Estado de la cuestión

Para considerar el mayor número de factores que identifican el riesgo de padecer diferentes problemas de salud física, mental o social, se analiza los conceptos anglosajones energy poverty (EP), identifica hogares vulnerables según la zona de localización, y fuel poverty (FP), identifica hogares vulnerables analizando los principales factores influyentes en el hogar: económico, energético y de confort. Ambos conceptos definen una privación de la energía doméstica o vulnerabilidad energética.

### 3.2. Modelo de evaluación de hogares vulnerables

Para identificar hogares en una situación de vulnerabilidad será necesario llevar a cabo un modelo multi-dimensional que considere el mayor número de factores que identifiquen el riesgo de padecer diferentes problemas de salud física, mental o bienestar social. El modelo de evaluación de hogares vulnerables (MEHV) propuesto permite elaborar un novedoso indicador que analiza la situación de vulnerabilidad de un hogar en función de las características familiares y de la vivienda en la que residen.

### 3.2.1. Identificación de hogares vulnerables

A partir del MEHV, se define un indicador que permite identificar aquellos hogares en una situación de vulnerabilidad con riesgo a padecer PE, el Índice de Hogares Vulnerables (IHV). El IHV propuesto está basado en los tres principales factores, reconocidos en el ámbito internacional hasta el momento, y que afectan en cierta medida a una situación de pobreza energética: monetario, energético y de confort. Una vez es posible identificar un hogar en una situación de vulnerabilidad, se establece una escala, a partir de la cual priorizar aquellos hogares con una mayor necesidad, ya sea por problemas económicos o por problemas con la calidad de su vivienda.

### 3.2.2. Evaluación de la calidad de vida de los hogares

Está constatado internacionalmente que un hogar en una situación de PE lleva asociado una serie de impactos, tanto directos como indirectos, en su calidad de vida: problemas de salud mental (estrés, depresión, trastorno de sueño, bajo rendimiento laboral y académico, etc.) y problemas de salud física (artritis, asma, reuma, incremento de las tasas hospitalarias, incremento en el gasto farmacéutico, etc.). Bajas temperaturas en la vivienda, aparición de mohos y humedades en partes de la vivienda, falta de presupuesto para otros bienes y servicios, son algunas de las causas que originan dichos problemas. La posibilidad de conocer la calidad de vida de los hogares en función de las tres variables que forman el IHV permite establecer una escala de vulnerabilidad.

### 3.2.3. Análisis económico de una situación de vulnerabilidad

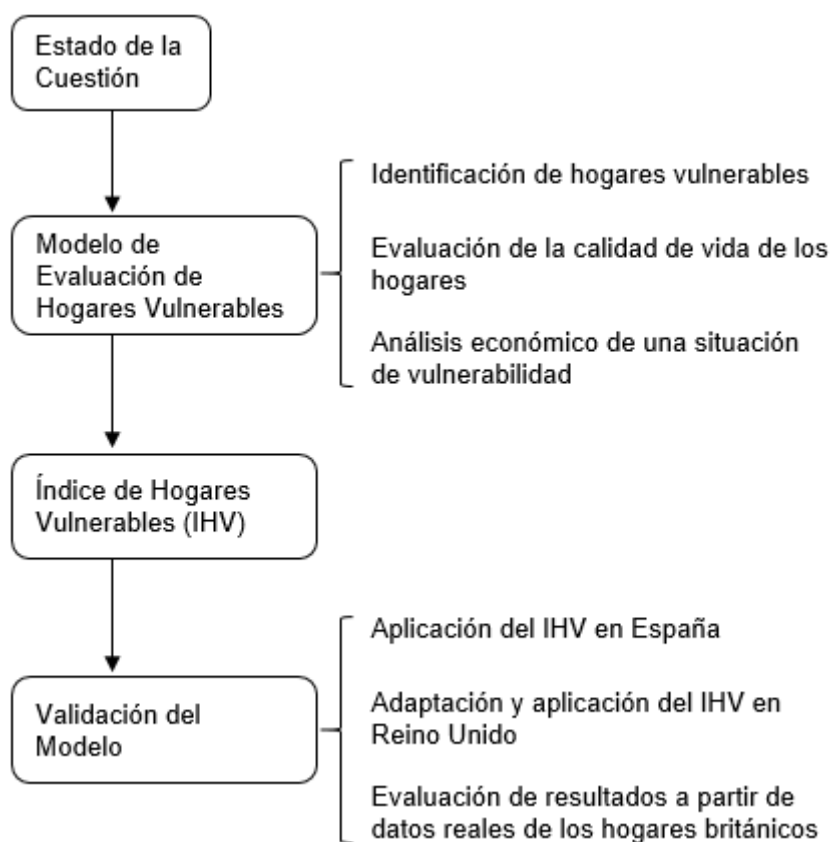
Una vez definida la calidad de vida de un hogar en función del nivel de vulnerabilidad en el que se encuentra, se realiza la estimación del coste económico para el servicio nacional de salud asociado a cada uno de los niveles de vulnerabilidad definidos. Los proyectos Affordable Warmth Access Referral Mechanism -Mecanismo de Referencia para Acceder a un Calentamiento Razonable- (AWARM, Manchester) y Affordable Warmth -Calentamiento Razonable- (Bolton) son utilizados como referencia para establecer la relación entre calidad de vida de los hogares y coste económico para el servicio nacional de salud.

### 3.3. Validación del modelo propuesto

Para validar el modelo propuesto, se realiza la aplicación del IHV en España, obteniendo los primeros resultados sobre la situación de vulnerabilidad de un hogar en riesgo de padecer PE. A su vez, diferentes análisis de sensibilidad, que permiten poner en valor los resultados obtenidos tras su aplicación, son definidos.

Tras una primera aplicación en España, en busca de poder extrapolar a un nivel internacional el modelo elaborado, se lleva a cabo la aplicación del IHV al contexto británico. Esta aplicación permite realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos por el IHV con los indicadores oficiales utilizados en Inglaterra para analizar la PE (LIHC y 10%), detallar las principales diferencias entre la aplicación del IHV en España e Inglaterra, así como evaluar los diferentes tipos de PE en función del país de estudio y la probabilidad de padecerla.

Por último, para evaluar la sensibilidad aportada por los resultados del IHV se elabora una encuesta que permite obtener datos reales de las viviendas en Reino Unido. La disponibilidad y fácil acceso a datos estadísticos anuales de PE entre los hogares británicos, permite elegir Reino Unido para llevar a cabo este análisis de validación. La encuesta elaborada fue diseñada para evaluar la situación de vulnerabilidad en la que se encontraban los hogares que la respondían en función de su situación monetaria, familiar y las características de su vivienda. El análisis comparativo entre la evaluación proporcionada por la encuesta y el IHV permite analizar cómo de sensible es la evaluación realizada por el IHV.



**Figura 1.** Metodología de la tesis.



# Capítulo 4

## ESTADO DE LA CUESTIÓN

---

Actualmente, FP y EP son los dos principales conceptos utilizados para identificar una de las mayores problemáticas sociales asociada a la falta de servicios energéticos mínimos en un hogar para cubrir las necesidades básicas del día a día, tales como alimentación, higiene personal, zona de confort, seguridad en el hogar, etc. En definitiva, unos servicios energéticos mínimos que garanticen la salud y bienestar social, independientemente de la zona en la que se localice la vivienda, situación social y económica, estado de salud o país de origen (extranjeros) de los inquilinos.

El concepto FP fue introducido por Isherwood y Hancock [1] en 1979 tras el aumento del precio de la energía debido a la crisis del petróleo (1973-1974). Sin embargo, no es hasta el año 1991 cuando la Doctora Brenda Boardman [2] define por primera vez el concepto de FP, referido al Reino Unido: “la incapacidad para obtener un adecuado confort térmico debido a la ineficiencia de la vivienda”. Varias fueron las críticas que dicha definición recibió y más por parte del gobierno, desde donde no veían la existencia de una situación especial de pobreza que necesitara atención, sino como un concepto asociado a aquellos menos pudientes. Boardman estableció la posibilidad de que aquellos que son pobres energéticamente no tienen por qué serlos económicamente. En base a ello, conviene recalcar que cada vez son más los estudios que fomentan la mejora de la eficiencia energética de la vivienda para reducir los niveles de PE en la sociedad, entre los que cabe destacar los de Braubach y Ferrand[3], Rosenow et al. [4] y Boardman [5].

Actualmente existen diferentes definiciones oficiales de FP desarrolladas en países como Reino Unido, Francia, Irlanda, Eslovaquia [6], así como diversidad de indicadores para su análisis, aunque ninguno reconocido de manera oficial por la CE. A

continuación, se analiza la situación conceptual acontecida en los diferentes países de la UE donde se considera la existencia de dicha problemática:

*Bulgaria:* no cuenta con una definición oficial de PE, ni tampoco de una estrategia que disminuya de forma gradual la problemática, sólo dispone de una estrategia basada en la erradicación de la pobreza en un contexto general, sin relación al suministro energético. Actualmente, en cumplimiento a los objetivos marcados por la UE en la estrategia Energy Roadmap 2050 [7], ha sido aprobado un nuevo mecanismo cuyo objetivo es la protección del consumidor energético vulnerable. Según su última modificación, se define consumidor energético vulnerable aquella familia abastecida por electricidad y formada por personas cuya edad, estado de salud y bajos ingresos presentan riesgo de exclusión social, así como del corte del suministro, además de beneficiarse de medidas de protección social para conseguir el suministro eléctrico mínimo requerido [8].

*Francia:* con la formación del equipo de trabajo en el estudio de PE en 2007 llamado “RAPPEL” (Réseau des Acteurs de la Pauvreté et la Précarité Energétique dans le Logement) se elabora una definición de PE, sin carácter oficial, basada en la de UK. A partir de entonces, de manera oficial, PE es definida como precariedad energética en la ley Grenelle 2, que *una familia estará en situación de PE cuando encuentra dificultades para conseguir sus servicios energéticos mínimos debido a la falta unos recursos mínimos o las malas condiciones de su vivienda* [9].

*Irlanda:* según el Departamento de Comunicaciones, Energía y Recursos Naturales, desde 2016 una familia está en situación de PE cuando el gasto energético realizado es superior al 10% de sus ingresos [10].

*Eslovaquia:* según la ley número 250/2012 de la “Collection on Regulation of Network Industries” una familia estará en situación de PE cuando su consumo energético medio mensual en electricidad, gas, calefacción y agua caliente representa una parte sustancial del ingreso medio mensual de la familia [11].

*Reino Unido:* la definición oficial utilizada diverge entre regiones, siendo la del 10% *“un hogar estará en PE si requiere un gasto energético superior al 10% de sus ingresos para mantener la vivienda adecuadamente cálida”* para Irlanda del Norte, Escocia o Gales [12]; mientras que la definida como Low Income High Cost (LIHC) *“un*

*hogar estará en PE si el gasto energético es superior a la mediana nacional y sus ingresos resultan inferiores al umbral de pobreza oficial (60% la mediana)”* por el profesor Hills en 2012 es utilizada para el resto de UK [13].

*España:* aunque el concepto de PE no está definido oficialmente, son muchos los estudios llevados a cabo por diferentes asociaciones para definir y analizar la problemática.

A continuación, se presenta el análisis del concepto PE en España, ejemplo de país en el sur de Europa sin definición oficial de concepto y cuyos porcentajes de familias en PE varían considerablemente dependiendo del indicador utilizado, así como entre diferentes comunidades autónomas. Entre los proyectos en los cuales se analiza el concepto PE para España, destaca el proyecto European Fuel Poverty and Energy Efficiency (Pobreza Energética y Eficiencia Energética en Europa) [14], enmarcado dentro del programa Intelligent Energy Europe (Energía Inteligente Europa). El objetivo del proyecto fue dar a conocer el concepto PE, estudiando las diferentes situaciones en cada uno de los países participantes: Francia, Bélgica, Gran Bretaña, Italia y España, identificando factores comunes entre ellos, y finalmente aportar una serie de buenas prácticas para hacer frente al problema. Los indicadores utilizados para medir la PE fueron los propuestos por Healy y Clinch [15] a través de las encuestas realizadas a los hogares, debido a la dificultad de extrapolación y comparativa de los indicadores de carácter objetivo. Del análisis comparativo realizado, destacar que el porcentaje de familias españolas incapaces de mantener el hogar a un nivel de temperatura adecuado o que viven en hogares con importantes problemas estructurales es mayor al de Francia o Reino Unido, lo que resulta destacable dado nuestro clima menos frío. Dichos resultados permiten promover la eficiencia energética de los hogares como solución a medio-largo plazo para conseguir un descenso del porcentaje de hogares con importantes problemas estructurales, tales como: carencia de sistemas adecuados de calefacción y refrigeración, falta de aislamiento térmico en fachada y cubierta, sistemas antiguos y en mal estado de conservación, etc.

También, comentar el proyecto “Rehabilitación energética de edificios: una oportunidad de empleo verde en Extremadura, una solución a la pobreza energética” (proyecto REPEX), de la edición Emplea Verde 2010-2011 y llevado a cabo por la Asociación de

Ciencias Ambientales (ACA) [16], cuyo objetivo general fue promover la generación de empleo en los sectores vinculados a la edificación mediante la reconversión de sus actuaciones hacia la rehabilitación energética del parque de viviendas existente, disminuyendo así las tasas de pobreza energética, minimizando las emisiones de CO<sub>2</sub> eq y la dependencia energética de fuentes no renovables, y promoviendo la innovación tecnológica. Como resultado se elaboró el primer estudio de PE en España, aportando una estimación del potencial de generación de empleo directo y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero asociado a la aplicación de actuaciones orientadas a reducir la pobreza energética a través de soluciones basadas en la rehabilitación de viviendas.

Para el análisis tendencial de la problemática en España, ACA publica un segundo estudio “Pobreza Energética en España: Análisis de Tendencias” en 2014 [17] a través del cual pone de manifiesto el agravamiento de la pobreza energética en los hogares con la persona de referencia en paro. En concreto, uno de cada tres hogares en paro, aproximadamente 1.2 millones de personas, destinaba en el año 2012 más del 10% de sus ingresos al pago de la energía doméstica, es decir un incremento de 142% en 5 años. Como novedad respecto al estudio de 2012, se realiza un análisis que permite observar posibles diferencias entre zonas rurales y urbanas, destacando la mayor incidencia de la PE en zonas rurales donde los hogares destinaban más del 10% de sus ingresos a pagar sus facturas de la energía doméstica. El resultado es una problemática de intensidad muy variable dependiendo de la zona (rural o urbana) y comunidad autónoma analizada.

Considerado como el estudio de mayor relevancia a nivel nacional, en el tercer realizado por ACA “Pobreza, vulnerabilidad y desigualdad energética. Nuevos enfoques de análisis” en 2016 [18] se muestra que 5.1 millones de personas en España, el 11% de los hogares, son incapaces de mantener su vivienda a una temperatura adecuada en invierno, lo que ha supuesto un incremento del 22% en dos años, fecha del estudio anterior. Como novedad, la adaptación de dos indicadores Low Income High Cost (LIHC) -Bajo Ingreso Alto Coste- [19] y Minimum Income Standard (MIS) -Ingreso Mínimo Estándar- [20] para el ámbito nacional, comparando su resultado con los obtenidos a partir de los indicadores utilizados en el estudio anterior. A su vez concluye que Andalucía, Castilla-La Mancha, Extremadura y

Murcia son las regiones con una mayor intensidad de la PE (dificultades para mantener su vivienda a una temperatura adecuada y destinan más del 10% de sus ingresos a pagar sus facturas de la energía doméstica) frente a País Vasco, Principado de Asturias y Comunidad de Madrid, motivada principalmente por los bajos ingresos familiares. En la caracterización socioeconómica de los hogares destacar los resultados que sitúan con un mayor porcentaje de PE los hogares en los que sus miembros no saben leer ni escribir frente a los hogares con miembros que poseen estudios superiores. La composición de los hogares también ha suscitado especial importancia al obtener unas tasas más elevadas en los hogares con personas mayores, las familias monoparentales y las familias con 3 o más niños dependientes en comparación a otras tipologías de familias. Las viviendas en régimen de alquiler, y en especial aquellas con rentas más bajas, muestran tasas más altas de PE, tanto en los indicadores de gastos e ingresos como en los basados en declaraciones y percepciones, que las viviendas en propiedad. Resultados que constatan la influencia de dichos factores en la identificación de un hogar vulnerable y, por tanto, es necesario tenerlos en consideración a la hora de establecer los diferentes factores influyentes que deben formar parte de un indicador más completo.

Por otro lado, se pone de manifiesto que una situación de PE, no sólo afecta a las decisiones de gasto del hogar, como distribuir sus ingresos entre todas las necesidades básicas, sino también la calidad de vida y la salud de las personas, hasta el punto que podría estar ocasionando el 30% de las muertes adicionales de invierno, según un estudio realizado por el Dr. J. D. Healy en los años 1988-1997 [21]. Más en detalle, la mortalidad adicional de invierno en España en 2014 fue de 24,000 muertes de las cuales 7000 fallecimientos prematuros estarían asociados a la PE. En comparación, cerca de 4000 personas murieron al año en accidentes de tráfico en el periodo 1996-2014. Entre las medidas consideradas por la asociación destacan el impulso de la rehabilitación energética de edificios como solución a medio y largo plazo para reducir la vulnerabilidad futura de la población, y la reforma de las políticas de financiación de eficiencia energética con el fin de beneficiar prioritariamente a hogares vulnerables y con dificultades para invertir en su vivienda.

Por último, el grupo de investigación de la Universidad de Comillas, Economics for Energy, publicó el informe titulado Pobreza Energética en España [22]. Dicho informe realiza un análisis crítico del concepto PE en Europa a través de los diferentes indicadores disponibles para su identificación, además de mostrar la situación actual en España y en cada comunidad autónoma en base a dichos indicadores. El informe concluye con la necesidad nacional de establecer una definición oficial del concepto PE lo suficientemente amplia como para recoger la especificidad de la misma sin dejar de tener presente que no es un fenómeno aislado.

Pero, para conocer el concepto PE en profundidad, es necesario entender el concepto energy poverty (EP), que ha adquirido relevancia en la actualidad gracias a diversas investigaciones [23,24], y se asocia a la falta de un suministro de energía, debido a problemas relacionados con las infraestructuras que la distribuyen. El uso del concepto EP ha facilitado identificar las zonas con escasas infraestructuras, antiguas y en un estado de conservación ineficiente, como son los cascos históricos, zonas rurales y/o zonas de exclusión social que, unido a su escasa actividad económica, continua despoblación y pérdida del atractivo inversor, ha motivado un abandono continuado, provocando que sus residentes tengan una peor calidad de vida. Buen ejemplo de EP es el estudio llevado a cabo en Hungría por el investigador Sergio Tirado-Herrero [25] analizando una situación de PE con el tipo de suministro disponible en la zona analizada, District Heating (DH) o red de calefacción centralizada, el cual consiste en suministrar agua caliente sanitaria y calefacción (y en algunos casos también refrigeración) a distintos edificios a partir de una planta central. El calor producido en la planta central se entrega a los usuarios para su consumo mediante una red de tuberías aisladas y enterradas, evitando el problema asociado al bajo rendimiento en caldera antiguas, así como la reducción del coste de mantenimiento de la instalación. Para el caso de estudio, los edificios analizados no mostraban carencias en su eficiencia energética que imposibilitase a los inquilinos mantener una temperatura adecuada, pero sí un excesivo gasto en el consumo energético para conseguir una situación de confort adecuada derivada principalmente de: la dificultad de realizar un cambio de suministrador o tipo de combustible debido a las restricciones técnicas e institucionales; la imposibilidad de reducir el gasto en calefacción a través de actuaciones individuales de eficiencia

energética. Esta situación origina retrasos e imposibilidad en el pago de las facturas energéticas, desconexión del suministro por parte de la compañía suministradora o reducción del consumo de otras necesidades y servicios básicos.

En este contexto, el resultado es una carencia de los servicios energéticos mínimos, influida por una gran variedad de factores, que incrementan la posibilidad de padecer privación doméstica de la energía. Esto lleva al concepto vulnerabilidad energética (VE), relacionado a una situación de EP o FP, definido como la incapacidad de una persona para garantizar un nivel adecuado de servicios energéticos en la vivienda, y asociado principalmente con países pobres, principalmente en la zona central y sur de América, África y Asia [26,27]. Más allá de la diferencia terminológica entre los conceptos FP y EP, la realidad es que ambos definen una situación en la que un hogar no puede satisfacer sus necesidades energéticas básicas, ya sea por una cuestión material o social. De ahí la actual tendencia europea de promover la necesidad de identificar y definir, más allá de una situación de EP o FP, al consumidor vulnerable, el cual lleva relacionado los conceptos “resiliencia”-capacidad de adaptación frente a un estado o situación adversa- [28–30] y “precariedad”-carecer de los medios o recursos suficientes- [31], así como influenciado por una gran variedad de factores, tanto externos como internos. Los factores más relevantes son:

### Externos

- Falta de acceso a un servicio energético adecuado debido a una carencia de infraestructuras mínimas.
- Precio del combustible utilizado para satisfacer el consumo energético. En este caso aparece una importante influencia de las infraestructuras disponibles en la zona, que pueden restringir la tipología de combustibles disponibles; las características del área: rural, semiurbano, urbano; la legislación energética vigente, etc.
- Eficiencia energética de la vivienda: pueden provocar excesivos consumos energéticos, situaciones de disconfort, insalubridad, así como de alto riesgo de accidentes.

### Internos

- Posibilidad de realizar inversiones económicas en medidas de eficiencia energética, ya sea en mejorar la envolvente de la vivienda o cambio de las instalaciones existentes.
- Necesidades energéticas mínimas del inquilino, influenciada por factores sociales, culturales o económicos, o por su estado de salud.
- Conocimiento de los inquilinos sobre el uso energético de la vivienda: uso adecuado de instalaciones de acondicionamiento, cocina, baño, posibles cambios de suministrador, tarifa energética, etc.

En conclusión, ambos conceptos definen una problemática basada principalmente en la imposibilidad de un hogar para conseguir unos servicios energéticos mínimos que garanticen su salud y bienestar social, independientemente de la zona en la que se localice la vivienda, situación social y económica, estado de salud o país de origen (extranjeros) de los inquilinos. Con ello, y tal como se ha considerado en la realización de este trabajo, las terminologías EP y FP pueden ser utilizadas indiferentemente una por la otra para definir una situación de PE.

Esta investigación realiza una revisión de los indicadores más utilizados para evaluar una situación de PE desde una perspectiva técnica en relación al sector residencial, que permite elaborar un modelo de evaluación de hogares vulnerables (MEHV) que define una situación de vulnerabilidad considerando el mayor número de factores asociados a una determinada situación familiar. Los indicadores de PE más utilizados y reconocidos internacionalmente se agrupan en dos categorías: basados en gastos e ingresos del hogar, y basados en encuestas de percepciones y declaraciones de los hogares. Además, existen indicadores y metodologías que analizan aquellos consumidores más vulnerables a encontrarse en una situación de PE como son: análisis econométricos, análisis de la sobreocupación de viviendas, el proyecto RELS, el análisis de confort térmico, así como los basados en la calificación de eficiencia energética de las viviendas.



#### 4.1. Indicadores basados en gastos e ingresos del hogar

Estos indicadores se basan principalmente en el análisis de los ingresos monetarios de un hogar a partir de sus facturas y los posibles gastos cotidianos originados. Los indicadores recogidos en este grupo son:

##### 4.1.1. Indicador del 10%

Según este indicador, *un hogar está en pobreza energética si ha de dedicar más del 10% de sus ingresos a pagar unos servicios energéticos adecuados* [2].

Definido por Boardman, es un indicador simple, fácil de comunicar y relativamente versátil, lo que permite establecer una clara meta política. Las críticas son fundamentalmente debidas, por un lado, a su excesiva sensibilidad a los precios de la energía, infraestimando la escala del problema cuando los precios son bajos y sobreestimándola cuando son altos, y, por otro, al carácter arbitrario en la fijación del umbral en el 10%, un umbral que se justificó en la coyuntura socioeconómica del Reino Unido a comienzo de los 90. La experiencia de años de aplicación ha mostrado que este umbral del 10% incluyó un número significativo de hogares que no eran pobres energéticos, como hogares de renta alta con casas energéticamente ineficientes. El indicador del 10% representaba, por un lado, la media de gasto en energía del 30% de los hogares más pobres en Gran Bretaña, y, por otro, aproximadamente dos veces la mediana del porcentaje de gasto energético de todos los hogares. En la aplicación práctica del indicador, el uso del ingreso bruto del hogar sin deducir los gastos asociados a la vivienda e inclusión de los posibles beneficios económicos que pueda recibir dicho hogar (alquiler, pensión, etc) es para algunos autores como Hills, 2011, [32] y Moore, 2012, [20] su punto más criticable, principalmente de quienes son favorables a usar los ingresos netos una vez excluidos los gastos de vivienda. A su vez, este indicador no permite considerar el conocido efecto “heating or eating” -“calentarse o alimentarse”- [33], el cual define aquellos hogares incapaces de tener un consumo energético mínimo por falta de recursos económicos, debido, en parte, a que sólo considera el consumo energético destinado a conseguir un confort adecuado en la vivienda. El efecto “heating or eating” viene a representar una situación familiar en la cual sus miembros tienen que elegir entre realizar el pago de sus facturas energéticas y comprar los alimentos

mínimos para vivir. La imposibilidad de no permitir un análisis de las características de la vivienda, así como del uso realizado por los inquilinos de sus instalaciones, es otro gran inconveniente del indicador. Este aspecto es relevante, ya que se ha constatado que, al analizar las auditorías realizadas en viviendas con situación de PE, la mayor parte de los hogares no realizan un uso adecuado de las instalaciones, provocando un considerable incremento del consumo energético, que podría ser evitado tras una adecuada información y asesoramiento de dichas familias.

#### 4.1.2. Indicadores 2M

Existen cuatro tipos muy parecidos entre sí: doble de la mediana de gasto en energía del hogar, doble de la media de gasto de energía del hogar, doble de la mediana de porcentaje de gasto en energía del hogar y doble de la media de porcentaje de gasto en energía del hogar [34]. Sólo el tercero de los indicadores anteriores tiene su justificación en los trabajos pioneros de Boardman, en los cuales se detectó que la mediana de porcentaje de gasto energético respecto al total de ingresos en los hogares británicos rondaba el 5% para el año 1988. Tras ello, la evaluación aportada por estos indicadores establece que *“un hogar está en pobreza energética si de sus ingresos ha de dedicar más del doble de la mediana de porcentaje de gasto en energía para pagar unos servicios energéticos adecuados”* [34]. El umbral de PE se establece en relación a la mediana nacional, posibilitando que sea recalculado cada año. En este sentido, no es una mediana estática y permite evaluar las fluctuaciones producidas en las condiciones consideradas para establecer el indicador. El doble de la mediana nacional pareció entonces un valor adecuado para usarlo como umbral de pobreza energética para los hogares de Reino Unido. La mayoría de los investigadores involucrados en cuestiones de PE coinciden en señalar que los indicadores basados en la mediana son más apropiados, desde el punto de vista estadístico, que los basados en la media. Esto se debe a que la media es más sensible a los valores atípicos y a los cambios de hábitos. De esta forma, si empleásemos un indicador de PE basado en la media de consumo energético, en el caso hipotético de que la franja más acomodada de la población incrementara su consumo energético de una manera sustancial, ello repercutiría directamente en el umbral y sacaría de la PE a un grupo de población más pobre cuyos hábitos no

se han modificado en absoluto y que de hecho sigue bajo el umbral de PE.

Como puntos fuertes de este indicador, destacar que los hogares con altos ingresos son raramente incluidos como pobres energéticos y que tiene en consideración las características específicas del país donde se aplica. Con ello, establecer el umbral de comparación tiene una gran dependencia de la distribución de los ingresos y gastos en la población, evitando en cierta medida la arbitrariedad.

### 4.1.3. Mínimo Ingreso Standard (MIS)

Definido por Moore, el mínimo ingreso standard se considera aquella renta mínima de un hogar que permita a sus integrantes optar a las oportunidades y elecciones que, a su vez, les permitan una integración activa en la sociedad [20]. El proyecto “A minimum income standard for Britain” -Un ingreso mínimo común para Gran Bretaña- desarrollado por Bradshaw et al. [35] representa un buen ejemplo de lo que esta metodología pretende. Lo primero a destacar es que se trata de un proyecto acotado, ya que establece un MIS asociado siempre a un colectivo social concreto. Un segundo punto que resaltar es el carácter participativo del proyecto determinando en último término el MIS más adecuado al colectivo involucrado. Personas escogidas al azar como representantes de los diversos colectivos sociales involucrados participarán en todo el proceso deliberativo y en la elaboración de las conclusiones. La primera etapa del proceso es la definición de lo que se entiende por “ingreso mínimo común” -Mínimo Ingreso Standard (MIS)-. Se parte de dos consideraciones previas, la primera procede de la Convención de Derechos Humanos de las ONU, que definía como mínimo aceptable aquellas “cosas que son necesarias para el bienestar físico, mental, espiritual, moral y social de una persona”; y los trabajos de un comité de expertos en los EE.UU., que realizaron una revisión de los prepuestos familiares en 1980 y definieron el concepto de Prevailing Family Standard -Estándar Familiar Predominante-: “aquel que ofrece plena oportunidad de participar en la sociedad contemporánea y de las opciones básicas que ofrece” [36]. Para tener en cuenta a colectivos especialmente vulnerables se definieron una serie de parámetros socioeconómicos del hogar a tener en cuenta: composición del hogar, situación de empleo, discapacidad, salud, etnia y accesibilidad. En función de estos parámetros se establecieron familias tipo y, para ellas, se

calcularon sus correspondientes MIS semanales desagregados por concepto de gasto. Por lo que *“un hogar se encontraría en situación de pobreza energética si sus ingresos totales menos sus costes energéticos no superasen el MIS correspondiente a las características de su hogar”*. Para evitar que los costes directos de vivienda distorsionen los resultados, la mayoría de los autores optan por calcular el MIS después de los gastos en vivienda. Por lo tanto, una escala de PE basada en el MIS ayuda a medir el nivel de vulnerabilidad de los diferentes hogares. En Reino Unido existe la iniciativa *“minimumincome.org.uk”*, una plataforma que permite a los ciudadanos calcular su MIS en función de una serie de parámetros de la vida cotidiana. El inconveniente principal del indicador es la dificultad encontrada en la propia definición del MIS a la hora de establecer la renta disponible de un hogar para cubrir sus necesidades energéticas una vez que el resto de necesidades básicas han sido cubiertas. Establecer el mínimo ingreso standard (MIS) es una tarea compleja e incluso considerada arbitraria para algunos autores.

#### 4.1.4. Low Income High Cost (LIHC)

A partir de los estudios realizados por Hills [19], base de la nueva estrategia en Reino Unido en la lucha contra la PE, se define un hogar como pobre energético si sus ingresos se encuentran por debajo de un umbral de pobreza determinado y cuando sus gastos energéticos son superiores a otro umbral de gasto energético [19]. Como se puede ver en la Figura 2, es necesario establecer ambos umbrales para aplicar el indicador. La aproximación utilizada por Hills para establecer el primer umbral es la del 60% de la mediana de ingresos después de restar los gastos de la vivienda y los gastos energéticos modelados equivalentes. Para el segundo umbral, Hills usó la mediana de gasto en energía calculado sobre el total de hogares.

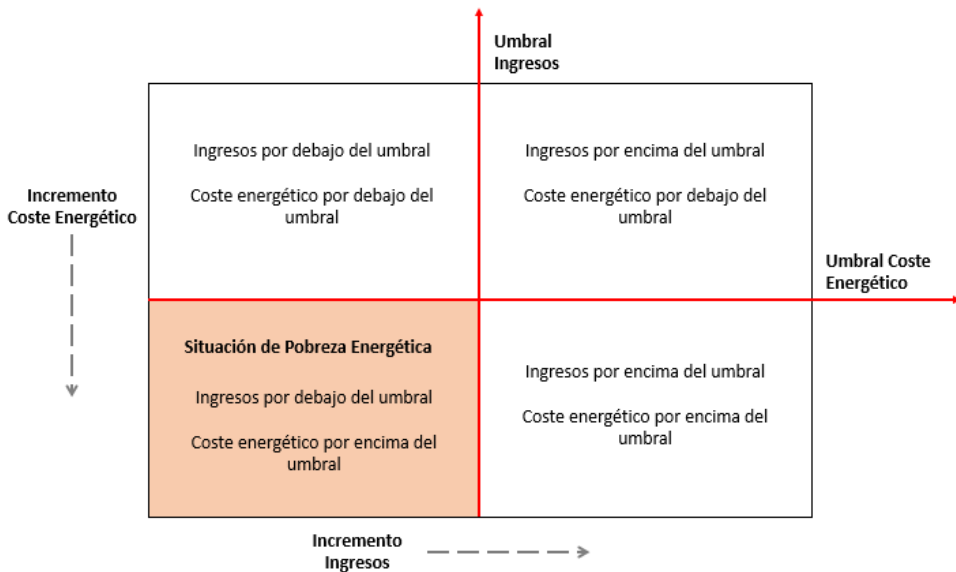


Figura 2. Indicador Low Income High Cost (LIHC) [19].

Tanto Preston et al. [37] en su comparativa entre el LIHC y el 10%, como Moore en su defensa del MIS como el indicador de PE más adecuado, critican al LIHC por diferentes motivos:

- Se trata de un indicador excesivamente complejo y no transparente, principalmente por los problemas del modelado de los gastos energéticos.
- Al fijar el umbral del gasto energético en la mediana sin más consideraciones, el indicador obvia el efecto de la eficiencia energética de los hogares, y dificulta al mismo tiempo que recoja a aquellos hogares que puedan salir de la pobreza energética por la vía de la reducción de sus gastos energéticos.
- No se basa en los costes que una familia contrae/sufre/tiene, sino en los que necesitaría contraer/tener para estar a una temperatura cálida saludable.
- El uso de este indicador deja fuera de una situación de PE aquellos grupos considerados más vulnerables físicamente (personas mayores, enfermos crónicos, minusválidos y niños pequeños) [38].
- El hogar definido como pobre energético está formado por unos bajos ingresos familiares y una vivienda energéticamente ineficiente. Esto provoca que mejorar la eficiencia energética

de la vivienda sea considerada la principal medida para reducir la PE, obviando que los hogares con bajos ingresos seguirán en cierta medida teniendo problemas para pagar sus facturas y experimentando problemas de salud por vivir en un confort inadecuado.

Como punto positivo de este indicador es la posibilidad de distinguir entre PE y pobreza general, reflejando claramente que la PE es dependiente de los ingresos del hogar.

#### 4.1.5. After Fuel Cost Poverty (AFCP) -Pobreza Después del Coste del Combustible-

Basado en el indicador inicial del MIS propuesto por Moore, el desarrollo realizado por Heindl [39], las aplicaciones realizadas en España por Romero et al. [22] y Reino Unido por Hills [19], considera que un hogar está en PE cuando los ingresos del hogar, una vez descontados los gastos de vivienda y energía doméstica, caen por debajo del nivel de ingresos mínimos aceptables (ajustados al tamaño y composición del hogar por medio la escala de equivalencia de la OCDE modificada). En resumen, este enfoque se basa en la existencia de un nivel de ingresos mínimo que garantice el bienestar de una persona, posibilitando que un hogar no sea excluido de la sociedad en la que forma parte -exclusión social por un factor económico-.

En contrapartida a otros indicadores como el indicador LIHC, éste permite identificar aquellos hogares en los que sus bajos ingresos los sitúan por debajo del umbral establecido, pero sin sufrir una situación de pobreza energética, debido a que su gasto energético no es superior al umbral definido. En definitiva, este indicador permite identificar aquellos hogares en riesgo de padecer una situación de PE.

#### 4.1.6. Hidden energy poverty indicator (HEP) -Indicador de pobreza energética escondida-

Identifica aquellos hogares cuyo gasto energético es demasiado bajo, de manera que, se define una situación de PE si el gasto energético total está por debajo de la mediana del gasto energético [40]. Este indicador permite identificar aquellos hogares cuyos ingresos no permiten realizar un consumo energético mínimo debido a tener que priorizar los gastos en alimentación dando respuesta al conocido efecto “heating or eating” [33]. Este indicador sólo es válido

si se utiliza el gasto monetario absoluto en lugar del gasto energético realizado como parte de sus ingresos, ya que generalmente los hogares con altos ingresos gastan más en energía en valor absoluto, pero menos como parte proporcional de sus ingresos, por lo que, hogares con un gasto muy bajo en relación a sus ingresos, por tener unos ingresos elevados, serían considerados en situación de PE. A su vez, el uso del gasto en valor absoluto permite aportar una evaluación absoluta del consumo de servicios energéticos realizado, identificando aquellos hogares que tiene un gasto por debajo de lo normal, absteniéndose de un nivel básico de consumo.

#### 4.1.7. Comparativa

En resumen, indicar que la situación de PE mostrada por cada indicador, así como los medios necesarios para solventarla, puede llegar a ser muy diferentes, siendo necesaria una interpretación adecuada para cada uno de ellos. Las tres principales formas de interpretar los resultados serían:

- Para los indicadores 2M y 10%, cómo de reducida debería de ser la factura energética para que la parte que representa el gasto energético fuese igual al umbral establecido. En otras palabras, qué cantidad de la factura energética de ese hogar debería de abonar el gobierno.
- Para los indicadores LIHC, MIS y AFCP, la interpretación puede ser realizada desde dos perspectivas: el incremento que debe de tener el ingreso del hogar o la reducción de la factura energética para que el ingreso tras excluir los costes energéticos sea igual el umbral establecido.
- Para el indicador HEP, partiendo de la imposibilidad de tener un gasto mínimo por sus escasos recursos económicos, la interpretación viene a considerar cuánto debe de incrementarse el gasto energético para que sea igual al umbral establecido (la media nacional).

En este contexto, tres principales riesgos podemos encontrar a la hora de utilizar estos indicadores desde una perspectiva metodológica: disponibilidad de información, tamaño de la muestra y tiempo de aplicación requerido.

*Disponibilidad de información:* la principal fuente de información utilizada para aplicar estos indicadores es la mediana nacional de los ingresos familiares, precio de la energía, gastos de vivienda, gastos

familiares, gastos de consumo energético, etc. Con ello, dos problemas pueden surgir en su aplicación, por un lado, no todos los países de la UE tienen almacenada esta información en su base de datos, y por otro, los requisitos para poder acceder a esta información varían en función de cada país.

*Tamaño de la muestra:* tanto un análisis a pequeña escala, como una familia o barriada, como un análisis a gran escala, como ciudad o país, puede llevarse a cabo con estos indicadores. Es importante resaltar que mientras mayor sea el tamaño de la muestra a analizar, mayores son las simplificaciones en el análisis de casos específicos.

*Tiempo de aplicación requerido:* el tiempo requerido para aplicar estos indicadores dependerá de la disponibilidad de información en el país donde se hace el estudio. Por ejemplo, el fácil acceso a la información en el Reino Unido permite al gobierno británico realizar este tipo de análisis con mayor rapidez y eficacia que en el caso de España, donde la información no está disponible.

Por último, la Tabla 1 muestra un análisis crítico resumiendo los diferentes indicadores basados en gastos e ingresos del hogar definidos anteriormente.

**Tabla 1.** Análisis crítico de los indicadores basados en gastos e ingresos del hogar.

Análisis	10%	2M	MIS	LIHC	AFCP	HEP
Considera el efecto “heating or eating”	X	X	✓	✓	✓	✓
Prioriza los bajos ingresos frente a ingresos superiores	✓	✓	✓	X	✓	✓
Sólo considera el consumo energético requerido para conseguir un confort adecuado	✓	✓	X	X	X	X
Incluye las características de la vivienda en el análisis	X	X	X	X	X	X
Incluye el cumplimiento del confort térmico mínimo	X	X	X	X	X	X
Incluye la eficiencia energética de la vivienda en el análisis	X	X	X	✓	X	X
Incluye el uso adecuado de las instalaciones del hogar	X	X	X	✓	X	X
Considera la distribución de los ingresos en el área de estudio	X	X	✓	✓	✓	✓



**Tabla 1.** Continúa.

Análisis	10%	2M	MIS	LIHC	AFCP	HEP
Incluye datos de consumos y gastos reales de los hogares	✓	✓	✓	X	✓	✓
Excluye del análisis los grupos considerados más vulnerables físicamente (personas mayores, enfermos crónicos, minusválidos y niños pequeños)	X	X	X	✓	X	X
Prioriza la eficiencia energética como medida contra la situación de PE, ocultando el origen del problema: el hogar está en situación de pobreza monetaria	X	X	X	✓	X	X

#### 4.2. Indicadores basados en encuestas de percepciones y declaraciones de los hogares

La dificultad para extrapolar los indicadores anteriores a otros países, unido a la falta de un enfoque comparativo para toda Europa, motivó el uso de medidas directas basadas en la evaluación que hacen los propios hogares [15], fuertemente subjetivas y dependientes de los contextos temporal y socio-cultural [41]. Los indicadores recogidos en este grupo son: encuestas de ingresos y condiciones de vida de la Unión Europea (EU-SILC), y encuestas de percepciones y declaraciones del hogar (ECV).

##### 4.2.1. Encuesta de ingresos y condiciones de vida de la Unión Europea (EU-SILC) [42]

El objetivo de su uso es disponer de una fuente de referencia sobre estadísticas comparativas en el ámbito europeo de los ingresos y la exclusión social. A su vez, siguen un criterio armonizado ya que los datos sobre la renta y condiciones de vida de los hogares, composición de la pobreza y exclusión social son recogidos anualmente a escala nacional y europea. De todos los aspectos de la vida cotidiana de los hogares que analiza esta encuesta, las tres preguntas generalmente utilizadas para el análisis de la PE son:

*Capacidad de un hogar para mantener una temperatura adecuada durante la estación fría:* Analiza las declaraciones proporcionadas por los hogares para poder conseguir una temperatura considerada adecuada por éstos. Factores como edad, sexo, nivel muscular, nivel

basal, metabolismo o cultura climatológica de la persona que responde la encuesta tienen gran influencia en la percepción de una temperatura adecuada, siendo su carácter subjetivo el principal punto débil de este indicador. En contrapartida, permite aportar un análisis descriptivo de la realidad percibida por los hogares, independientemente del nivel de ingresos, tiene una estrecha relación con el indicador HEP, en el hecho de identificar hogares que no pueden realizar el gasto energético necesario poniendo en riesgo su bienestar y, a diferencia de otros indicadores, es muy específico en el tipo de servicio energético del que carece el hogar (calefacción).

*Aparecen retrasos en el pago de recibos:* Centra su análisis en cuantificar qué hogares declaran tener problemas para realizar el pago de sus recibos energéticos, por lo que el análisis realizado está centrado únicamente en la imposibilidad de pagar el recibo energético, sin evaluar la limitación del uso energético y la consecuente reducción de la calidad de vida. Por otro lado, este indicador refleja claramente la situación social de la ciudad en el momento en el que se realiza la encuesta. Algunas críticas recibidas tienen que ver con no estar directamente relacionado al concepto original de PE (gastos para conseguir una temperatura adecuada en invierno), ya que las facturas analizadas incluyen otros gastos como el consumo de agua.

*Aparecen deficiencias en la vivienda, como son goteras, humedades en paredes, suelos, techos o cimientos, o podredumbre en suelos, marcos de ventanas o puertas:* Considera la aparición de goteras, pudrición o humedades como deficiencias relacionadas a la pobreza energética, y analiza cuántos hogares declaran apreciar dichas deficiencias. Este tipo de deficiencias son muy comunes en viviendas que padecen PE, las cuales tienen ambientes húmedos, poco ventilados y bajas temperaturas. A diferencia de la encuesta basada en la sensación térmica de conseguir una temperatura adecuada, ésta presenta un carácter más objetivo permitiendo de alguna manera justificar que tras una actuación de rehabilitación en la que se eliminen dichas deficiencias el hogar dejará de estar en PE. Los resultados aportados muestran gran debilidad y poca fiabilidad sobre si el hogar está o no en PE ya que se basan sólo en las características de la vivienda sin tener en cuenta la situación económica y familiar de los inquilinos, por lo que su uso debe de estar complementado con otros indicadores.

#### 4.2.2. Encuestas de percepciones y declaraciones del hogar (ECV) [17,43]

La situación climatológica padecida en países como España, ha motivado el uso de preguntas de aspectos de la vida cotidiana, realizadas por el Instituto Nacional de Estadística del país en cuestión, relacionadas con el tipo de climatología, posibilitando una evaluación de las condiciones de vida de las personas en periodos de calor excesivo. La pregunta establecida para el análisis de la PE en relación a periodos de excesivo calor es:

*Capacidad de un hogar para mantener una temperatura fresca durante los meses de verano:* Al igual que el indicador de la EU-SILC para evaluar la PE en estaciones frías, éste se centra en zonas con veranos más severos, evaluando cuántos hogares declaran no poder conseguir mantener su vivienda fresca para los meses de verano. Muestra la misma debilidad que para el caso anterior de “mantener una temperatura adecuada en invierno”, motivando incertidumbres por su carácter subjetivo.

En resumen, debemos aclarar que estos indicadores no fueron creados para analizar la problemática asociada a la PE, ya que excluyen las diferentes dificultades familiares asociadas al pago del consumo energético realizado, las distintas formas de pagos (contrato energético de prepago o cargo mensual), las medidas de eficiencia energética, así como los sistemas de calefacción instalados en la vivienda. Con ello, sería imposible establecer una diferencia entre los problemas asociados a la imposibilidad de un consumo energético mínimo y los relacionados a las características de la vivienda o sistemas de calefacción.

#### 4.3. Análisis econométricos

Los análisis econométricos tienen como objetivo explicar una variable a partir de otras, así como de las posibles perturbaciones a las que se pueda ver sometida, analizando su comportamiento. A través de ellos se pretende identificar los colectivos que se encuentran en una situación de mayor vulnerabilidad para padecer una situación de PE, por lo que no identifican una situación de PE en sí. Los estudios de Legendre y Ricci para Francia [44], y de Miniaci, Scarpa y Valbonesi para Italia [45] son buenos ejemplos de este tipo de análisis, a través de los cuales se pretende cuantificar la influencia

que determinados condicionantes demográficos, socioeconómicos y físicos ejercen en la probabilidad de que un hogar, que a priori no esté en PE, caiga por debajo del umbral.

El último estudio realizado por el profesor Stefan Bouzarovski “Spaces of exception: governing fuel poverty in England’s multiple occupancy housing sector” [46] muestra un claro ejemplo de la influencia que tienen diferentes factores en ocasionar una mayor vulnerabilidad de los hogares a padecer PE. Dicho estudio analiza los mecanismos jurídicos y materiales que provocan un mayor riesgo a una situación de PE entre familias residentes en viviendas de ocupación múltiple -Homes in multiple occupancy (HMOs)-, definidas como aquellas viviendas en las cuales los residentes comparten zonas comunes (pisos, dúplex, apartamentos, así como parte de una vivienda convertida o compartida incluyendo estudios y habitaciones de alquiler). Los resultados más significativos del estudio son: una fragmentación geográfica de este tipo de hogares; su exclusión del marco legal y estadístico; la imposibilidad de la política estatal para solucionar las complejas cuestiones socio técnicas que rodean la eficiencia energética de este tipo de viviendas; y un insuficiente conocimiento de la influencia de la PE en el día a día de estos hogares.

La falta de un concepto oficial y la necesidad de utilizar el mayor número de indicadores para realizar un análisis lo más preciso posible, está motivando cada vez más el uso del concepto consumidor vulnerable en relación a una situación de PE, evaluando cómo de vulnerable es un hogar para padecer esta problemática. En base a ello, destacar los modelos desarrollados por Walker et al. [47,48] en los cuales se introduce el uso de técnicas basadas en los Sistemas de Información Geográfica (GIS) para elaborar un índice de riesgo de PE en pequeñas áreas aplicando diferentes variables ambientales y socioeconómicas. A partir de aplicar en los GIS una serie de variables centradas en las características del hogar: tamaño de la familia, consumo eléctrico realizado, nivel de ocupación, precio del combustible energético utilizado, etc. [49], son utilizadas para llevar a cabo un análisis a nivel de identificar hogares en riesgo de sufrir PE.

#### 4.4. El confort térmico como indicador de pobreza energética

Ya son muchos los estudios que fomentan el estudio del confort térmico para la reducción del consumo energético de una vivienda

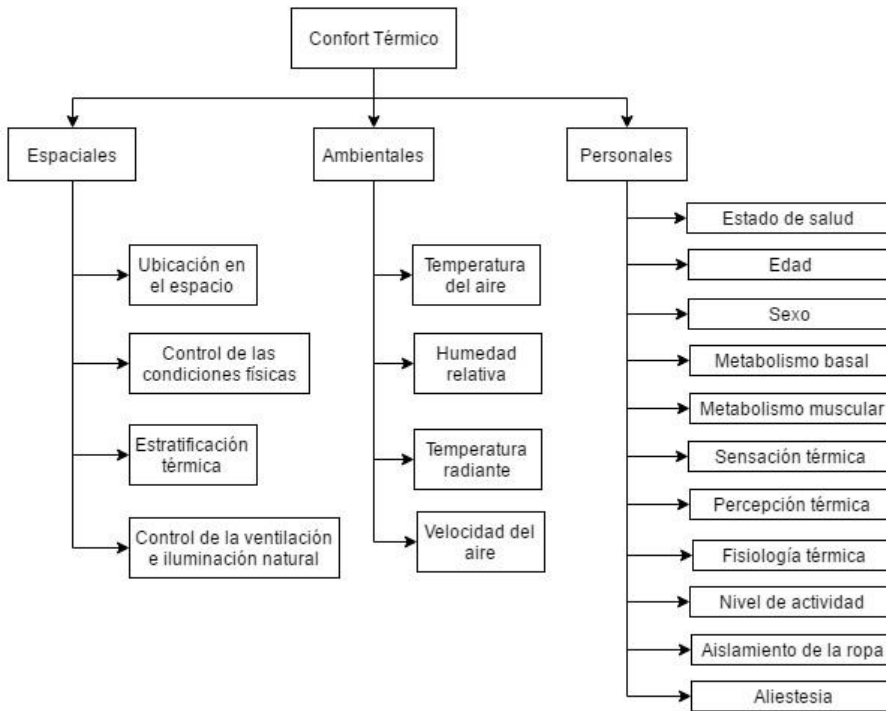
[50–52], además de su estrecha relación a la salud de las personas [53,54]. Hasta el momento, la forma de evaluar el confort térmico en la vivienda mediante indicadores FP era empleando indicadores subjetivos de percepciones y declaraciones del hogar, definidos anteriormente. Un confort adecuado en la vivienda conlleva el control del consumo energético [55], así como un mayor bienestar y salud para los ocupantes.

La inclusión del consumidor vulnerable para fomentar medidas que prioricen zonas de actuación en la reducción de la tasa de PE ha motivado el estudio del confort térmico de la vivienda principalmente por su estrecha relación a la salud de las personas, además de permitir una reducción del consumo energético de la vivienda.

El confort térmico puede ser definido como “esa condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico” [56], su entendimiento permitirá proporcionar unas condiciones de satisfacción para las personas y controlar el consumo energético [57,58]. La evaluación del confort térmico en una vivienda resulta muy complicada [59–61], principalmente por la gran diversidad de factores que influyen en él, que se agrupan en la Figura 3.

Los más relevantes son: espaciales, ambientales y personales.

- *Espaciales*: dentro de ellos se pueden considerar diferentes variables como, posición de las habitaciones y control de las condiciones físicas [62,63], estratificación térmica [64] o control de la ventilación y la iluminación natural [52,65].
- *Ambientales*: pudiéndose considerar variables como temperatura del aire y humedad relativa [66,67], temperatura radiante [68,69] o velocidad del aire [70].
- *Personales*: salud y edad [71,72], sexo, metabolismo, sensación y percepción térmica [73–76], nivel de actividad [77], ropa [78] o aliestesia [79].



**Figura 3.** Factores del confort térmico (Elaboración propia del resultado de la revisión bibliográfica).

La última aportación realizada por Sánchez-Guevara [80], utilizando la evaluación del confort de una vivienda como indicador de hogares más vulnerables, muestra una primera aproximación al confort térmico de un hogar en relación a la PE. Ésta consiste en un caso de estudio para un bloque de viviendas situado en Madrid, el cual es definido en el software Energy Plus 7.0 con ayuda de la herramienta unificada LIDER-CALENER para realizar su simulación térmica. Los datos obtenidos de la evaluación del confort térmico consideran un edificio cuya ventilación es natural a través de las ventanas durante la noche para el periodo de verano y en las estancias de orientación norte-sur y este-oeste. A partir del análisis de los datos obtenidos de la simulación se hace uso de modelos adaptativos ASHRAE 55-2010 [81] y la normativa UNE EN 15251:2007 [82] para evaluar el confort térmico, a través de los cuales es posible identificar el número de horas que el hogar de estudio se encuentra fuera de la zona de confort establecida. El modelo de confort adaptativo considera que los ocupantes se encontrarán en una situación de confort si la relación entre

temperatura exterior e interior permanece en el rango de confort establecido. Por lo que aquellos hogares con un mayor número de horas fuera de la zona de confort serán considerados como más vulnerables. Para establecer el rango de confort se hace uso de las ecuaciones de la normativa UNE EN 15251: 2007 [82] las cuales aportan los valores de temperaturas límites, máxima y mínima admisible por una persona, en función de la variación de temperatura exterior en el periodo analizado. Como aporte en la aplicación del modelo adaptativo por parte de la investigación llevada a cabo en el caso de estudio, además de evaluar el número de horas que la estancia se encuentra fuera del rango de confort, considera la diferencia de temperatura alcanzada ( $^{\circ}\text{C}$ ) una vez superado el límite establecido. Es, por tanto, que aquellas estancias con un mayor valor en número de horas fuera del rango de confort junto a la diferencia de temperatura alcanzada ( $^{\circ}\text{C}$ ) serán consideradas con una mayor necesidad.

Las críticas más significativas al modelo vienen de quienes no ven un escenario real en datos obtenidos de una simulación térmica, siendo la monitorización de la vivienda y reportes de los inquilinos el escenario más real posible. La gran variedad de factores que influyen en el confort térmico (Figura 3) y en la satisfacción térmica de una persona a un determinado ambiente es el principal inconveniente a la hora de incluir el confort térmico como indicador de hogares vulnerables, aun así, esta primera aproximación a partir del uso de modelos de confort adaptativos para analizar la PE mediante datos objetivos, permite abrir una nueva línea de investigación para contrarrestar el carácter subjetivo de los indicadores de PE utilizados hasta el momento.

#### 4.5. Eficiencia energética del edificio como indicador de pobreza energética

Debido a la relación establecida entre la eficiencia energética de la vivienda, representada por su consumo energético, y la PE, son varios los investigadores que promueven reducir dicha situación a través de una reducción en la demanda energética de la vivienda [15]. Ya, Boardman en su libro “Fixing fuel poverty” indicaba que una mayor eficiencia energética de la vivienda, así como una mejor calificación energética, permitía una reducción de la PE. Al igual que para el confort térmico, son muchas las críticas al uso de la calificación

energética del edificio como indicador de aquellos hogares en situación de PE o más vulnerables a padecerla, principalmente por dos cuestiones: no considerar el consumo energético originado por iluminación y equipamiento doméstico (cocina, electrodomésticos, etc.) en el cálculo de dicho standard, y la poca veracidad de datos aportados por la simulación frente a los aportados por la monitorización. En contrapartida, según el informe del Departamento de Medio Ambiente de Reino Unido -DOE (Department of the Environment) [83]- el consumo energético generado por la iluminación y equipamiento doméstico representa una pequeña cantidad del consumo energético total realizado por la vivienda (menos del 20% para viviendas poco eficientes, e incluso inferior al 10% para viviendas muy eficientes) posibilitando el uso de dicho standard como una primera aproximación a la evaluación de hogares en situación de PE o más vulnerables a padecerla, pero no como un indicador de PE en sí.

Dos estudios llevados a cabo en Italia y Francia siguen esta línea de usar la eficiencia energética de la vivienda como indicador de PE: el caso llevado a cabo en Francia por Florio y Teisser [84], a través del cual se elabora un certificado de eficiencia energética que relaciona con la PE, en el cual el gasto energético estimado de la vivienda permite evaluar el stock de viviendas característico en Francia; y el estudio realizado en Italia por Fabbri [85], a través del cual se propone un indicador de PE basado en el rendimiento energético de la vivienda a partir de tres variables: base de datos de certificación de eficiencia energética, monitorización del consumo energético real y standard del rendimiento energético de la vivienda en función de su antigüedad. La relación establecida entre los datos de consumo energético de las viviendas y los hogares de bajos ingresos económicos (excesivo consumo energético y bajos ingresos), hace posible identificar los hogares en situación de PE que no tienen suficientes ingresos para llevar a cabo medidas de eficiencia energética, incluso recibiendo incentivos económicos.

#### 4.6. Proyecto RELS

El proyecto RELS [86], es un ejemplo de proyectos que incluyen entre sus objetivos la reducción de una situación de PE. Su punto más fuerte e innovador es la inclusión del usuario y su comportamiento tanto en la diagnosis como en el seguimiento posterior a las intervenciones. Dirigido por la Agencia de la Vivienda de Cataluña,



España, se centra en reducir la precariedad energética y facilitar la aplicación de procesos de renovación energética de las viviendas sociales con el objetivo de proporcionar a los propietarios mediterráneos un modelo de vivienda con más prestaciones, dotado de un confort térmico suficiente y a un coste aceptable. La metodología utilizada en el proyecto europeo SQUARE [87] en Austria, Bulgaria, Finlandia, Holanda, España, y Suecia, cuyo objetivo es garantizar una rehabilitación energéticamente eficiente y una elevada calidad del ambiente interior de edificios multifamiliares, a través de metodología sistemática y controlada, se establece como referencia para el proceso definido en RELS. Dicho proceso evalúa el estado inicial de los edificios seleccionados como proyectos piloto, identifica las oportunidades de mejora, valida las opciones de mayor eficiencia, implanta las medidas y hace un seguimiento posterior de los trabajos. La matriz utilizada para evaluar las intervenciones realizadas a través del proyecto RELS está formada por seis variables: reducción en un 20% de las emisiones de CO<sub>2</sub>, reducción en un 20% del consumo de energía primaria, realizar el uso de un 20% como mínimo de energía renovables, conseguir un coste óptimo de la intervención respecto al presupuesto del proyecto, reducción del coste energético para el usuario respecto a su renta disponible, y garantizar la fiabilidad del análisis respecto a la metodología; así como los objetivos perseguidos en cada una de ellas permitirán establecer los límites de la matriz inicial RELS de comparación. Los resultados de la aplicación del proyecto RELS sobre dos proyectos pilotos de la Agencia de la Vivienda de Cataluña formados por dos edificios de viviendas plurifamiliares en bloque con un mínimo de 27 inquilinos, constatan la necesidad de considerar la tipología familiar junto al aspecto sociocultural o nivel de estudios. También se aporta el análisis de la amortización del coste de la intervención de rehabilitación energética en relación al coste sanitario de una persona en PE residente en una vivienda social. El coste sanitario utilizado en este proyecto aporta el coste económico que le supondría al servicio sanitario español la situación de un hogar en PE, a partir de datos de Reino Unido. Por lo que una intervención cuyo coste sea amortizado por el correspondiente coste sanitario de la vivienda en situación de PE, tendrá una evaluación positiva para justificar su viabilidad. En relación a la variable de confort térmico, el citado proyecto muestra la diversidad de resultados obtenidos tras las encuestas realizadas a los

inquilinos sobre la percepción del confort. Concretamente, la comparativa de los informes obtenidos de dos hogares sobre los límites admisibles de confort, uno formado por una persona inmigrante procedente del norte de África y otro por una familia nacida en Barcelona, muestran valores bastantes superiores para el hogar formado por el inquilino inmigrante. Esto provoca que dicho hogar, al tener un mayor límite admisible de confort, tenga un consumo energético de climatización de la vivienda bastante inferior al realizado por la familia de nacionalidad española.

En conclusión, ambos casos analizados, tanto el aportado por Sánchez-Guevara [80] como el proyecto RELS, muestran la necesidad de considerar el confort térmico para el análisis de la situación de vulnerabilidad de un hogar. A su vez, se refleja la complejidad asociada a la hora de evaluar el riesgo de sufrir una situación de PE en relación al confort térmico y, posteriormente, obtener datos objetivos que permitan realizar una comparativa de varios casos de estudios. Por tanto, el uso del modelo adaptativo de confort térmico y su relación a un menor consumo energético es de especial interés.

A continuación, la Tabla 2 resume las diferentes medidas e indicadores analizados.

**Tabla 2.** Resumen de las medidas-indicadores analizados.

Indicador	Evaluación	Fuente
<i>Basados en gastos e ingresos del hogar</i>	Gasto del consumo energético superior al 10% del ingreso familiar (10%)	Boardman, 2010 [2]
	Gasto del consumo energético superior al doble de la mediana nacional (2M)	Schuessler, 2014 [34]
	Ingreso familiar inferior al Mínimo Ingreso Standard (MIS)	Moore, 2012 [20]
	Ingreso familiar inferior al umbral de pobreza monetaria y gasto del consumo energético superior al umbral establecido (LIHC)	Hills, 2012 [19]
	Ingreso familiar después del coste de combustible inferior al umbral establecido al cual se excluye el coste de combustible medio de la zona analizada (AFCP)	Heindl, 2015 [39] Romero et al., 2015 [22] Hills, 2012 [19]

**Tabla 2.** Continúa.

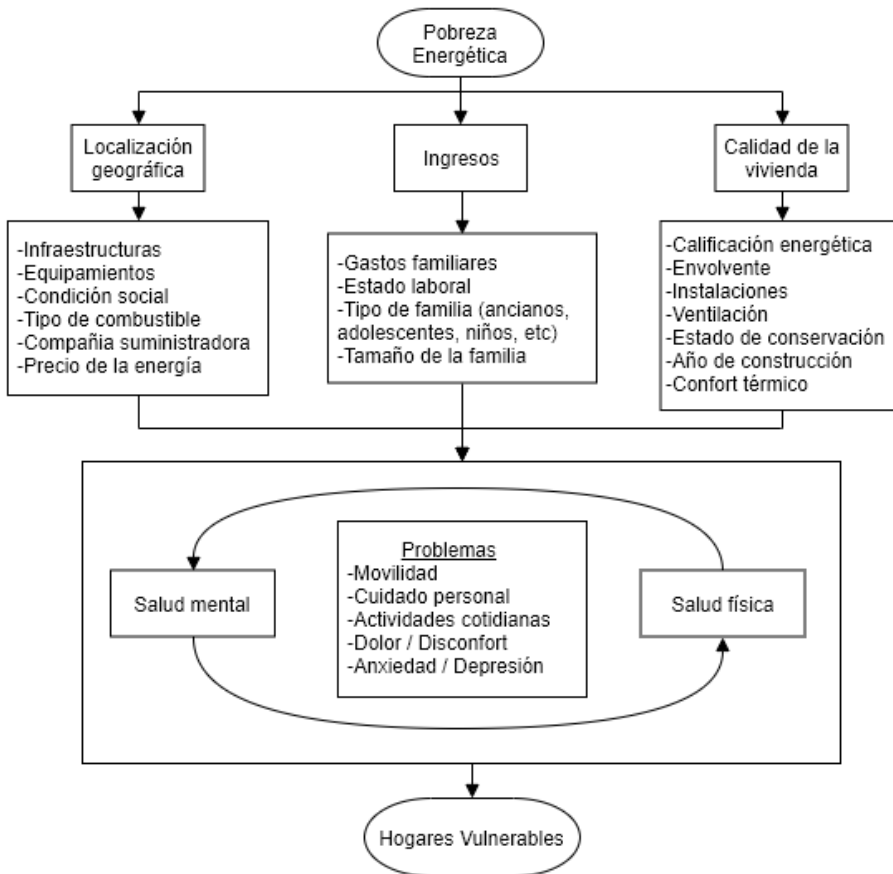
Indicador	Evaluación	Fuente
<i>Basados en encuestas de percepciones y declaraciones de los hogares</i>	Gasto absoluto del consumo energético inferior al umbral establecido (HEP)	Rademaekers et al., 2016 [40]
	Posibilidad de un hogar para mantener una temperatura adecuada durante la estación fría	Encuesta de ingresos y condiciones de vida de la Unión Europea (EU-SILC), 2014 [42]
	Aparecen retrasos en el pago de los recibos energéticos	
	Aparecen deficiencias en la vivienda, como son goteras, humedades en paredes, suelos, techos o cimientos, o podredumbre en suelos, marcos de ventanas o puertas	
	Capacidad de un hogar para mantener una temperatura fresca durante los meses de verano	Encuesta de percepciones y declaraciones del hogar (ECV), 2014 [43]
<i>Basados en análisis econométricos</i>	Influencia de determinados condicionantes demográficos, socioeconómicos y físicos en padecer una situación de PE	Legendre y Ricci, 2014 [44] Miniaci et al., 2014 [45]
<i>Basados en el confort térmico</i>	Porcentaje de horas en el que las estancias se encuentran en una situación de confort térmico	Sánchez-Guevara, 2014 [80]
<i>Basados en la eficiencia energética de la vivienda</i>	Influencia de la calidad de la vivienda (consumo energético) con una situación de PE. Mala calidad de la vivienda ocasiona un mayor consumo energético y, a su vez, una situación de PE	Florio y Teissier, 2015 [84] Fabbri, 2015 [85]
<i>Proyecto RELS</i>	Seguimiento y análisis del usuario, así como de su comportamiento, para conseguir una buena calidad del ambiente interior de la vivienda	Claret y López, 2015 [86]

# Capítulo 5

## **MODELO DE EVALUACIÓN DE HOGARES VULNERABLES**

---

Tras la revisión bibliográfica realizada de los indicadores existentes de PE analizando su capacidad para identificar hogares en riesgo de PE en el anterior capítulo, es posible indicar que la principal debilidad de los indicadores analizados es que ninguno de ellos considera y combina todos los factores que influyen en la actividad diaria de un hogar como: confort, salud, bienestar, etc., por lo que el uso aislado de cada uno de ellos aporta un análisis incompleto. Esto muestra la necesidad de combinar diferentes indicadores para, a partir de analizar sus resultados en conjunto, sea posible conseguir un análisis más real y fiable, tanto de las características técnicas de la vivienda como de la situación familiar de los inquilinos. En este contexto, el presente trabajo propone un nuevo modelo, el Modelo de Evaluación de Hogares Vulnerables (MEHV), que combinando los diferentes aspectos considerados en los indicadores de PE analizados anteriormente define una situación de vulnerabilidad en un hogar como aquella que, influenciada por factores físicos, sociales, económicos, ambientales, y de confort podrían aumentar el riesgo de padecer problemas de salud y bienestar social (Figura 4).



**Figura 4.** Modelo de Evaluación de Hogares Vulnerables (MEHV).

A partir del MEHV se desarrolla un novedoso indicador, el Índice de Hogares Vulnerables (IHV), que analiza la situación de vulnerabilidad de un hogar en función de las características familiares y de la vivienda en la que residen.

El IHV propuesto está compuesto por tres indicadores diferentes: monetario, energético y de confort térmico. La elección de las tres variables principales del IHV tiene su justificación en el uso de la base metodológica de los indicadores de FP utilizados actualmente de forma independiente (Tabla 2), y en el MEHV (Figura 3), que a través del IHV se consigue su unificación y mejora.

### 5.1. Indicador de pobreza monetaria

El indicador de pobreza monetaria (IPM) propuesto está elaborado a partir del primero de los tres componentes que forman el indicador

AROPE (At Risk of Poverty and/or Exclusión) [88]. El indicador AROPE fue puesto en marcha por la estrategia Europa 2020 con el objetivo de identificar aquel grupo de personas en riesgo de pobreza y/o exclusión social. Las personas que se encuentran en riesgo de pobreza o exclusión social según este indicador estarían en alguna de las situaciones definidas por alguno de sus tres componentes:

1. Viven con bajos ingresos (60% de la mediana del ingreso equivalente o por unidad de consumo).
2. Sufren privación material severa (al menos 4 de los ítems definidos a continuación): no tener retrasos en el pago del alquiler, hipoteca, recibos relacionados con la vivienda o compras a plazos; mantener la vivienda con una temperatura adecuada durante los meses fríos; hacer frente a gastos imprevistos; comer carne, pollo o pescado cada dos días; ir de vacaciones fuera de casa, al menos una semana al año; un coche; lavadora, televisión a color, teléfono.
3. Viven en hogares con una intensidad de empleo muy bajo (por debajo del 20% de su potencial total de trabajo durante el año).

El umbral de pobreza según AROPE se establece en euros, de manera que una persona con unos ingresos anuales por unidad de consumos inferiores a este umbral se considera que está en riesgo de pobreza o exclusión social. La obtención de este umbral de pobreza dependerá de las unidades de consumos que tenga cada vivienda y se obtendrá mediante la siguiente fórmula:

$$U = U_o \times U_c \quad (1)$$

Donde  $U_o$  es el umbral de pobreza para una persona y  $U_c$  las unidades de consumo, las cuales se expresan a partir de la escala de factores modificados desarrollada por la OECD (Organization for Economic Co-operation and Development) [89] según la siguiente ecuación:

$$U_c = 1 + (a-1) \times 0.5 + b \times 0.3 \quad (2)$$

Donde,  $a$  es el número de adultos y  $b$  es el número de menores.

Con el fin de mejorar el IPM, el presente trabajo establece dos umbrales de pobreza, por un lado, el umbral de pobreza monetaria

(UPM), el cual se establece en el 60% de la mediana de la renta en cada región, y es fijado por Eurostat en sus estadísticas, por otro lado, el umbral de pobreza monetaria severa (UPMS), que establece un nivel de pobreza más precario considerando la renta más baja disponible para un hogar. Para establecer el UPMS se utiliza la prestación social concedida por el estado a las familias en exclusión social.

En relación a la ecuación (1),  $U_o$  es el 60% de la mediana de la renta para una persona y la prestación social concedida por el estado a las familias en exclusión social en la zona de estudio para el cálculo del UPM y UPMS, respectivamente.

El IPM se obtiene de la siguiente fórmula:

$$IPM = \frac{(I + B) - (GV + OG + GARSU)}{U} \quad (3)$$

Donde:

I: ingresos brutos de los ocupantes. Para el cálculo de los ingresos anuales de una determinada familia, se considera adecuado utilizar los resultantes después de aplicarles los gastos de la vivienda. A diferencia de los indicadores MIS, LIHC y AFPC analizados (Tabla 2), el gasto del consumo energético no es incluido, evitando falsos negativos por mal uso de la vivienda o por una situación económica que no permite un consumo energético mínimo.

B: beneficio económico adicional. Ingresos extras en la vivienda procedentes de alguna prestación social, alquiler de una propiedad, etc.

GV: gasto de vivienda (alquiler o hipoteca). Los gastos considerados en cada hogar dependerán del tipo de familia y situación social padecida, resultando unos ingresos netos diferentes en cada caso.

OG: otros gastos adicionales en la vivienda. Refleja la influencia para un hogar de los gastos originados por enfermedades crónicas, hijos dependientes, movilidad, etc. Se evita excluir los hogares con gastos considerados “especiales”, los cuales en muchas ocasiones pasan a tener una importante repercusión en la economía del hogar, y su resultado es una mayor situación de vulnerabilidad.

GARSU: gastos de agua y gestión de residuos sólidos urbanos. Hasta ahora el consumo de agua y gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) no han sido considerados dentro de los gastos realizados por un hogar en los diferentes indicadores de FP. Al ser una necesidad

esencial según la Organización Mundial de la Salud (WHO) se contabiliza el gasto económico asociado.

U: umbral de pobreza, calculado mediante la ecuación (1).

$$\text{Por tanto, } IPM = \frac{IN}{U} \quad (4)$$

Donde:

IN: ingresos netos (numerador ecuación (3)).

U: umbral de pobreza. Variará según el país o región. Por tanto, si los ingresos netos están por debajo del umbral se puede considerar que dicho hogar está en situación de pobreza monetaria o pobreza monetaria severa ( $IPM < 1.00$ ).

## 5.2. Indicador energético

Los indicadores de FP analizados evalúan el consumo energético del hogar haciendo uso del gasto energético producido para satisfacer sus necesidades básicas. Los datos son obtenidos a partir de las facturas energéticas o declaraciones aportadas por los diferentes hogares. Una situación de PE puede ser causada por una mala eficiencia energética de la vivienda [15], por lo que el indicador energético (IEn) propuesto pretende evaluar los beneficios obtenidos tras llevar a cabo una rehabilitación de eficiencia energética. El indicador de PE propuesto por Ryan Walker et al. [49], el cual está basado en el procedimiento británico de evaluación estándar (Standard Assessment Procedure (SAP)), permite considerar la simulación energética mediante el uso del software correspondiente una opción óptima y fiable para evaluar el consumo energético requerido por un hogar, siempre y cuando se haga un uso adecuado y coherente de las instalaciones. Además, utilizar el consumo energético requerido en lugar del consumo energético real del hogar puede ser considerado más consistente, ya que éste no se ve influenciado por las características, prioridades y costumbres de las familias que residen en dicha vivienda [90]. Con esta premisa, el IEn evalúa si el consumo energético requerido por el hogar es adecuado según la mediana del consumo energético requerido por el tipo de edificio en la zona donde se localiza la vivienda. El uso de la mediana permitirá que los inusuales altos valores de consumo energético en ciertas viviendas sean considerados. Con ello, el umbral energético se



establece en la mediana del consumo energético requerido por el tipo de edificio en la zona de estudio, y, a su vez, dicho umbral ha sido empleado con anterioridad en los indicadores de PE analizados (Tabla 2).

Por tanto, el IEn se define mediante la siguiente ecuación (5):

$$IEn = \frac{CE}{MCE} \quad (5)$$

Donde:

CE: consumo energético requerido. Obtenido de la simulación energética de la vivienda en el software correspondiente.

MCE: mediana del consumo energético requerido por el tipo de edificio en la zona de estudio. Por lo tanto, el consumo energético del hogar será adecuado (de resultado *admissible*) si se encuentra por debajo del umbral energético establecido ( $IEn < 1.00$ ), de lo contrario será inadecuado (de resultado *inadmissible*) ( $IEn > 1.00$ ).

Considerar en el IEn el consumo energético obtenido de la simulación energética partiendo de las características de la vivienda evita considerar a los hogares que tienen un consumo energético excesivo por un mal uso de las instalaciones o, de lo contrario, excluir los hogares que no pueden permitirse un consumo energético mínimo por falta de recursos económicos. En este contexto, la pobreza energética escondida (hidden energy poverty in Table 2) [40], a través de la cual se identifica aquellos hogares cuyo consumo energético es excesivamente bajo, es considerada en la definición del IEn.

### 5.3. Indicador de confort

La relación entre confort térmico, PE y consumidores vulnerables ha sido bien justificada en los últimos años por una gran diversidad de estudios, como se ha detallado en la sección anterior. Aun así, la evaluación del confort térmico en una vivienda resulta muy complicada, principalmente por la gran diversidad de factores que influyen en él (Figura 2).

La mayoría de indicadores de FP evalúan el confort térmico basándose en datos subjetivos de las ECV y EU-SILC (Tabla 2). Sin embargo, el indicador de confort (IC) propuesto realiza dicha evaluación partiendo del modelo adaptativo ASHRAE 55-2010 [81] y se complementará con la normativa UNE EN 15251:2007 [82].

Mediante ambos modelos se evaluará el número de horas que el hogar de estudio se encuentra fuera de la zona de confort establecida. Aquellos hogares con mayor número de horas fuera de la zona de confort serán los más vulnerables según el IC. El modelo adaptativo considera que los ocupantes se encontrarán en una situación de confort si la relación entre temperatura exterior y temperatura interior permanece en el rango de confort establecido. Los trabajos llevados a cabo por Sánchez-Guevara [80] utilizan el modelo adaptativo para identificar aquellos hogares más vulnerables. Además, diferentes trabajos llevados a cabo en Chile hacen uso de los modelos de confort adaptativos para conseguir una reducción del consumo energético en un hogar a partir de proporcionar una situación de confort en el interior de la vivienda [50,51]. En este contexto, la normativa UNE EN 15251:2007 [82] establece cuatro categorías en función de las expectativas que tendrán los ocupantes y la antigüedad del edificio (Tabla 3).

**Tabla 3.** Categorías de confort en función de los tipos de ocupantes y la antigüedad del edificio.

Categoría	Descripción
I	Alto nivel de expectativa, recomendado para espacios ocupados por personas débiles y sensibles con requisitos especiales, como discapacitados, enfermos, niños muy pequeños y ancianos.
II	Nivel normal de expectativa; debería utilizarse para edificios nuevos y renovados.
III	Aceptable y moderado nivel de expectativa; puede utilizarse en edificios ya existentes.
IV	Valores fuera de los criterios de las categorías anteriores. Esta categoría sólo debería aceptarse durante una parte limitada del año.

Debido a la tipología de edificios objeto de estudio (residenciales existentes), se considera la categoría III para el cálculo de los límites del rango de confort. Dicho rango de confort será variable en función de la zona en la que se encuentre el hogar de estudio y se calculará a partir de las fórmulas aportadas en la normativa [82].

El umbral de confort (UC) se establece como “*admisible*” siempre y cuando, tras analizar el tanto por ciento de horas en confort térmico en la vivienda, el resultado de dicho tanto por ciento de horas sea al menos igual al 80%, es decir, si al evaluar el confort térmico de una

vivienda resulta que durante el período evaluado el tanto por ciento de horas en confort es mayor o igual al 80%, de lo contrario la evaluación será “*inadmisibile*”. Establecer el UC en el 80% de las horas significa que los de una vivienda podrán estar térmicamente inconfortable durante cinco horas al día, y dichas horas será consideradas durante las horas de sueño [66]. El resultado del tanto por ciento de horas en confort térmico se obtiene al comparar los puntos del día en los que la temperatura obtenida en la vivienda se encuentra dentro del rango de confort establecido, para el caso de estudio, con los puntos que permanecen fuera. La evaluación del confort térmico se realizará en las estancias consideradas de mayor período de ocupación, dormitorios y salón-comedor. Los períodos de evaluación serán divididos en las 4 estaciones del año: primavera, verano, otoño e inviernos, pudiendo ser obviada alguna de ellas en función de las características climatológicas de la zona de estudio. Los datos que facilitan la evaluación del confort térmico, del mismo modo que para el IEn, serán tomados tras la simulación de la vivienda con el software correspondiente.

#### 5.4. Definición del Índice de Hogares Vulnerables

Los hogares que padecen una situación de PE experimentan una serie de impactos, tanto directos como indirectos, en su vida diaria tales como: bajas temperaturas, elevadas facturas de la energía, aparición de mohos y humedades, falta de presupuesto para otros bienes y servicios. La salud de los ocupantes de hogares vulnerables se ve por tanto dañada. Los diferentes niveles de vulnerabilidad que definen el IHV son establecidos, a partir de relacionar los indicadores que forman el IHV (IPM, IEn e IC) y la salud de los hogares, permitiendo evaluar la salud de un hogar en una situación en vulnerabilidad.

##### 5.4.1. Años de vida ajustados por calidad

Para definir el estado de salud de un hogar en cada uno de los niveles de vulnerabilidad se hace uso de los años de vida ajustados por calidad (AVAC). Dos son los estudios principales utilizados como referencia para hacer uso de los AVAC en la elaboración del IHV. Por un lado, el Affordable Warmth Access Referral Mechanism (AWARM, Manchester) [91], el cual analiza los beneficios sociales, de salud, y bienestar tras una intervención de rehabilitación energética para aislar

térmicamente la vivienda, principalmente por conseguir una mayor calidad de vida para la familia. Por otro lado, el Affordable Warmth (Bolton) [92], el cual estima los niveles de mortalidad relacionados a la PE y el coste sanitario asociado. En definitiva, ambos proyectos analizan un incremento en la calidad de vida de los hogares, en relación a los AVAC ganados, tras llevar a cabo una intervención de rehabilitación energética, y posteriormente el coste efectivo de la intervención de rehabilitación energética realizada.

Los AVAC, definidos por el Instituto Nacional de Excelencia en Salud y Cuidado (National Institute for Health and Care Excellence (NICE)) [93] definen la calidad de vida de una persona mediante un valor numérico, donde 1.00 indica que una persona está en perfectas condiciones de salud y 0.00 indica que tiene riesgo de fallecer. Es una medida tradicional ampliamente aceptada para realizar análisis comparativos, debido principalmente a que considera un amplio rango de aspectos físicos y psicológicos de la vida de una persona.

Para definir los AVAC correspondientes en cada uno de los niveles de vulnerabilidad se utiliza la metodología EQ-5D [94–96], la cual es una medida estándar del estado de salud definida por el EuroQol Group para proporcionar una simple y genérica medida del estado de salud para una evaluación clínica y económica. La metodología EQ-5D permite evaluar el estado de salud de una persona a partir de cinco factores: movilidad, cuidado personal, actividades cotidianas, mal estar/dolor, y ansiedad/depresión. Con ello, una persona puede indicar cómo percibe su estado de salud a partir de asignar un valor entre uno, representa un perfecto estado de salud, y cinco, representa una situación de salud extrema, a cada uno de los cinco factores. El resultado es una puntuación de cinco dígitos (“Puntuación EQ-5D” en Tabla 4) que define los AVAC para una persona utilizando el EQ-5D-5L Index Value Calculator [97]. La Tabla 4 muestra un ejemplo del cálculo de los AVAC, representando el nivel 6 de la Tabla 5, para una persona que experimenta leves problemas de cuidado personal, moderados problemas en actividades cotidianas, moderados problemas de malestar/disconfort, y moderados problemas de ansiedad/depresión, debido principalmente a la falta de recursos monetarios para cubrir sus necesidades básicas.

**Tabla 4.** Ejemplo del cálculo de los AVAC.

Variable	Valores de salud	Estado de salud	Puntuación EQ-5D	AVAC
Movilidad	1 2 3 4 5	Sin problemas	12333	0.642
Cuidado personal	1 2 3 4 5	Leves problemas de cuidado personal		
Actividades cotidianas	1 2 3 4 5	Moderados problemas en actividades cotidianas		
Malestar/Disconfort	1 2 3 4 5	Moderados problemas de malestar/disconfort		
Ansiedad/Depresión	1 2 3 4 5	Moderados problemas de ansiedad/depresión		

#### 5.4.2. Coste de los años de vida ajustados por calidad

Para proporcionar un análisis económico de la situación de vulnerabilidad de un hogar, se asigna un coste de los años de vidas ajustados por calidad (CAVAC) a cada AVAC definido en los diferentes niveles de vulnerabilidad. Para ello, se utiliza el coste efectivo de vida para una persona, el cual es establecido por el Sistema Nacional de Salud (SNS) y representa el coste monetario que el gobierno tiene que pagar para mantener una persona en perfectas condiciones de salud durante un año.

La metodología utilizada en los proyectos AWARM (Manchester) [91] y Affordable Warmth (Bolton) [92] son utilizados de referencia para establecer la relación AVAC y el coste efectivo de vida para una persona. Utilizaron como coste efectivo de vida para una persona el rango establecido por el NICE en Inglaterra de 20,000 – 30,000£ para definir un valor monetario a los diferentes AVAC considerados en el estudio.

Para este caso, debido a que el IHV se ha desarrollado en el contexto español teniendo en cuenta sus características en base a la problemática de la PE, se ha utilizado el coste efectivo de salud para una persona el valor de 30,000€, aproximadamente la media del coste efectivo de salud para una persona establecido por el SNS español de 28,000 – 35,000€ [98–100]. En este contexto, es importante remarcar que el coste efectivo de vida para una persona será diferente dependiendo del país donde se aplique el IHV. De manera que una persona cuyo AVAC sea 0.00 tendrá un coste monetario para el SNS español de 30,000€, a diferencia de aquellos hogares que no se

encuentren en una situación de vulnerabilidad, por lo que su AVAC es de 1.00, tendrá un CAVAC de 0.00€.

#### 5.4.3. Niveles de vulnerabilidad

Las necesidades y características de los hogares vulnerables son diversos y multidimensionales, motivando una distribución ineficiente de las ayudas destinadas a hogares vulnerables. Para dar una solución a esta problemática, diferentes niveles de vulnerabilidad (Tabla 5) son definidos a partir de combinar los resultados de los indicadores de pobreza monetaria, energético, y de confort, junto a los AVAC y los CAVAC, dando como resultado el IHV. Con ello, el IHV permitirá comparar de forma directa el nivel de necesidad y el nivel de intervención en cada caso de estudio, y así proporcionar una distribución efectiva y justa de los recursos disponibles.

Para establecer los diferentes niveles de vulnerabilidad se ha realizado una matriz con todas las combinaciones posibles a partir de los indicadores del IHV (IPM, IEn e IC). Se proponen once niveles de vulnerabilidad donde el nivel “cero” representa una situación no vulnerable y el nivel “once” la peor situación de vulnerabilidad posible. Para mejorar los indicadores de PE disponibles, se incluyen dos niveles adicionales de vulnerabilidad, niveles doce y trece, los cuales representan la pobreza energética escondida (Hidden Energy Poverty) [40] y el efecto “heating or eating” [33] (Tabla 2). Ambos niveles, por tanto, definen la peor situación de vulnerabilidad posible en la cual los hogares tienen que decidir entre destinar sus recursos monetarios a alimentación o al pago de sus facturas energéticas, motivando en algunas ocasiones el fallecimiento de alguno de los miembros de la familia. En definitiva, trece diferentes niveles de vulnerabilidad han sido establecidos, a través de los cuales es posible conocer la calidad de vida de un hogar (AVAC) y el coste económico para el servicio sanitario nacional (CAVAC) (Tabla 5). Para justificar el estado de salud y confort de los inquilinos definido en cada uno de los niveles de la Tabla 5, se aporta una breve reseña de la revisión bibliográfica. Indicar que los niveles once, doce y trece muestran valores de AVAC negativos, así como valores de CAVAC superiores al coste efectivo de vida para una persona de 30,000€, debido a que la situación de vulnerabilidad definida para cada uno de los niveles puede llegar a causar la muerte de alguno de los miembros que forman el hogar analizado.

En conclusión, el IHV integra un amplio conjunto de factores sociales, monetarios y ambientales agrupados en sus cinco componentes principales (IPM, IEn, IC, AVAC y CAVAC), y se define mediante la siguiente ecuación (6):

$$IHV = NV \quad (6)$$

Donde:

NV: niveles de vulnerabilidad de un hogar definidos en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Niveles de vulnerabilidad.

Nivel	Variables			Puntuación EQ-5D	AVAC	CAVAC (Euros)
0	IPM: No Pobreza Monetaria	IEn: Admisible	IC: Admisible	11111	0.00	0.00
No se detectan problemas de salud relacionados a una situación de PE.						
1	IPM: No Pobreza Monetaria	IEn: Admisible	IC: Inadmisible	11121	0.910	2700
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
- Leves problemas de malestar/discomfort						
Una mala calidad del ambiente interior provocaría malestar en los ocupantes (Huebner et al.) [101].						
2	IPM: No Pobreza Monetaria	IEn: Inadmisible	IC: Admisible	11122	0.857	4290
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
- Leves problemas de malestar/discomfort						
- Leves problemas de ansiedad/depresión						
Los hogares con un elevado gasto en el consumo energético y dificultades para pagar sus facturas padecerían problemas de salud mental: discomfort, ansiedad, depresión (Butler y Sherriff) [102].						

**Tabla 5.** Continúa.

Nivel	Variables			Puntuación EQ-5D	AVAC	CAVAC (Euros)
3	IPM: No Pobreza Monetaria	IEn: Inadmisible	IC: Inadmisible	11133	0.825	5250
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderados problemas de malestar/discomfort</li> <li>- Moderados problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
<p>Vivir en una vivienda energéticamente ineficiente, asociada a una situación de pobreza monetaria, provocaría adicionales problemas de salud y bienestar en los ocupantes [103].</p>						
4	IPM: Pobreza Monetaria	IEn: Admisible	IC: Admisible	11223	0.786	6420
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leves problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Leves problemas de malestar/discomfort</li> <li>- Moderados problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
<p>Disponer de los recursos monetarios para realizar el pago de un consumo energético mínimo es considerado el factor más relevante en una situación de pobreza energética [104].</p>						
5	IPM: Pobreza Monetaria	IEn: Admisible	IC: Inadmisible	11333	0.754	7380
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderados problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Moderados problemas de malestar/discomfort</li> <li>- Moderados problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
<p>Un confort térmico inadecuado en la vivienda podría motivar la reducción de las actividades cotidianas en un hogar (Butler y Sherriff) [102].</p>						



**Tabla 5.** Continúa.

Nivel	Variables			Puntuación EQ-5D	AVAC	CAVAC (Euros)
6	IPM: Pobreza Monetaria Severa	IEn: Admisible	IC: Admisible	12333	0.642	10,740
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leves problemas de cuidado personal</li> <li>- Moderados problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Moderados problemas de malestar/discomfort</li> <li>- Moderados problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
La carencia de recursos monetarios para poder llevar a cabo las actividades cotidianas es considerada la principal causante de esta situación [35].						
7	IPM: Pobreza Monetaria	IEn: Inadmisible	IC: Admisible	13333	0.620	11,400
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderados problemas de cuidado personal</li> <li>- Moderados problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Moderados problemas de malestar/discomfort</li> <li>- Moderados problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
La relación entre un alto consumo energético y mala calidad de la vivienda con la salud mental: viviendas frías y con problemas de humedades, provocaría un incremento del riesgo de las situaciones de estrés, ansiedad, etc. (Mould y Baker) [105].						
8	IPM: Pobreza Monetaria	IEn: Inadmisible	IC: Inadmisible	13433	0.484	15,480
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderados problemas de cuidado personal</li> <li>- Graves problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Moderados problemas de malestar/discomfort</li> <li>- Moderados problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
Una temperatura inadecuada provocaría un sentimiento de vergüenza en los ocupantes a la hora de recibir visitas en su vivienda, reduciendo sus actividades sociales (Ambrose et al.) [103].						

**Tabla 5.** Continúa.

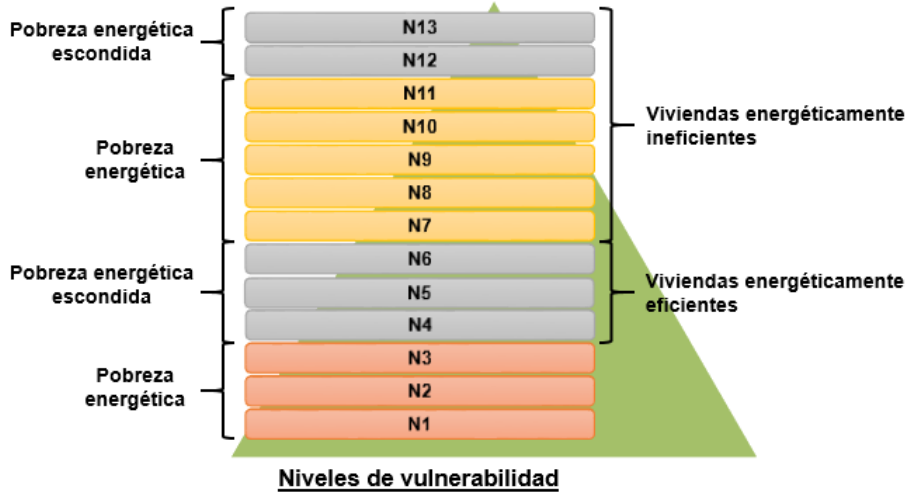
Nivel	Variables			Puntuación EQ-5D	AVAC	CAVAC (Euros)
9	IPM: Pobreza Monetaria Severa	IEn: Admisible	IC: Inadmisible	14334	0.358	19,260
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Graves problemas de cuidado personal</li> <li>- Moderados problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Moderados problemas de malestar/disconfort</li> <li>- Graves problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
Una temperatura inadecuada junto a bajos niveles de ventilación en la vivienda conllevaría una reducción de las actividades cotidianas de los ocupantes, así como un mayor riesgo de sufrir problemas de salud mental y cardiorrespiratorios (Hamilton et al.) [106].						
10	IPM: Pobreza Monetaria Severa	IEn: Inadmisible	IC: Admisible	13344	0.309	20,730
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderados problemas de cuidado personal</li> <li>- Moderados problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Graves problemas de malestar/disconfort</li> <li>- Graves problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
Una mayor reducción de los recursos monetarios provocaría una reducción de las actividades cotidianas, así como un incremento del riesgo de padecer problemas de ansiedad, dolor, disconfort, estrés y depresión (Osman et al.) [107].						
11	IPM: Pobreza Monetaria Severa	IEn: Inadmisible	IC: Inadmisible	14455	-0.008	30,240
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Graves problemas de cuidado personal</li> <li>- Graves problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Extremos problemas de malestar/disconfort</li> <li>- Extremos problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
Esta situación se define en base a la situación definida en el nivel 10 y teniendo en cuenta las repercusiones para la salud de vivir en una vivienda con temperaturas inadecuadas [103].						

**Tabla 5.** Continúa.

Nivel	Variables			Puntuación EQ-5D	AVAC	CAVAC (Euros)
12	IPM: Pobreza Monetaria	IEn: Inadmisible*	IC: Inadmisible	24455	-0.096	32,880
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leves problemas de movilidad</li> <li>- Graves problemas de cuidado personal</li> <li>- Graves problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Extremos problemas de malestar/discomfort</li> <li>- Extremos problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
Se incluyen problemas de movilidad (los ocupantes tienen problemas desplazarse en el interior de la vivienda debido a las malas condiciones de la misma) debido a que se define la peor situación posible de pobreza energética [103].						
13	IPM: Pobreza Monetaria Severa	IEn: Inadmisible*	IC: Inadmisible	25555	-0.311	39,330
Situación del hogar basado en la puntuación EQ-5D:						
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Leves problemas de movilidad</li> <li>- Extremos problemas de cuidado personal</li> <li>- Extremos problemas en actividades cotidianas</li> <li>- Extremos problemas de malestar/discomfort</li> <li>- Extremos problemas de ansiedad/depresión</li> </ul>						
En base al nivel doce, se define una mayor situación de vulnerabilidad debido a la situación de pobreza monetaria severa de los ocupantes [108].						
*El resultado "Inadmisible" en el IEn significa que dicha familia no puede permitirse un consumo energético mínimo debido a su bajo nivel monetario, representando el efecto "heating or eating", la familia tiene que elegir entre alimentarse o realizar un consumo energético mínimo.						

A continuación, la Figura 5 muestra gráficamente los diferentes niveles de vulnerabilidad que forman el IHV, identificando, según los conceptos utilizados actualmente en España para analizar una situación de PE, los niveles que definen a una situación de PE (niveles 1-3 y 7-11) y una situación de pobreza energética escondida (niveles 4-6 y 12-13). Además, se relaciona la eficiencia energética de la vivienda con los diferentes niveles: viviendas energéticamente

eficientes se incluyen en los niveles 4-6 y viviendas energéticamente ineficientes en los niveles 7-13.



**Figura 5.** Niveles de vulnerabilidad del Índice de Hogares Vulnerables (IHV)

Por último, analizando la Figura 5, puede verse como el hecho de vivir en una vivienda energéticamente eficiente no evita que una familia se encuentre en una situación de PE o que sea vulnerable a padecerla, ya que su situación monetaria persistirá si no se lleva a cabo alguna medida que cambie dicha situación inicial.

# Capítulo 6

## ESTUDIO DE CASO

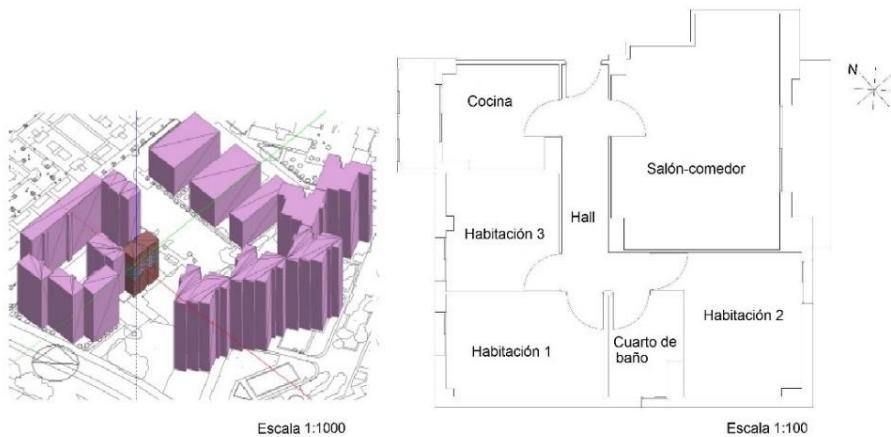
---

Una vez el IHV ha sido elaborado, se plantea su aplicación en un caso de estudio real que permite obtener sus primeros resultados, a partir de los cuales poder evaluar la coherencia y efectividad de la nueva metodología propuesta.

### 6.1. Presentación y justificación del caso de estudio

Para la primera aplicación del IHV se decide hacer uso de una vivienda de un edificio de apartamentos localizado en el distrito Sevillano del Tardón (España). El distrito del Tardón, situado en la periferia de la ciudad de Sevilla, representa a la clase trabajadora cuyo nivel de ingresos es medio-bajo, así como la tipología edificatoria típica en la ciudad. Las construcciones edificatorias residenciales datan del año 1978, anterior a la introducción de la primera normativa de eficiencia energética CT-94 [109], lo que implica edificaciones con muy bajas prestaciones energéticas.

La vivienda consta de un salón-comedor, una cocina, un baño y tres dormitorios, estando orientados el salón-comedor y uno de los dormitorios hacia el sudeste (desviados 4° hacia el este), y los otros dos dormitorios y la cocina hacia el noroeste (desviados 4° hacia el oeste) (Figura 6). A continuación, se describen las características constructivas, parámetros energéticos y datos monetarios de la familia (Tablas 6-8). También se resumen los datos básicos necesarios para el cálculo del IHV (Tabla 9). En cuanto a las instalaciones de la vivienda: calefacción a través de un calentador de gas propano; aire acondicionado con multisplit eléctrico; y agua caliente sanitaria (ACS) con calentador de gas propano, potencia nominal de 9.40kW, eficiencia del 85% y 52.56 l/día.



**Figura 6.** Localización espacial y planta de la vivienda evaluada [110].

**Tabla 6.** Características constructivas de la vivienda.

Superficie	Construcción		
Estancia	Área útil (m <sup>2</sup> )	Elementos	Transmitancia (W/m <sup>2</sup> k)
Habitación 1	8.17	Fachada	1.35
Habitación 2	9.06	Piso	1.78
Habitación 3	7.10	Particiones interiores	2.35
Comedor	21.74	Medianera	1.94
Cocina	6.56	Ventanas	2.69
Cuarto de baño	3.84		
Hall	6.86		

Los datos energéticos de la vivienda aportados en la Tabla 7 son obtenidos tras la simulación energética del edificio empleando la herramienta de certificación energética CE3\_Viviendas [111] (utilizar los datos obtenidos de la simulación energética en el análisis permiten evitar la variabilidad del sobreconsumo o infraconsumo debido a un uso incorrecto de las instalaciones o no tener recursos monetarios suficientes para satisfacer las necesidades básicas) y los datos aportados por el Instituto para Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) sobre el consumo energético del sector residencial en España, ya que la herramienta de certificación energética CE3\_Viviendas sólo aporta el consumo energético asociado a calefacción, aire acondicionado y ACS. Dicha herramienta también permite obtener la calificación de eficiencia energética para edificios existentes en

España [112] (la vivienda de estudio tiene una calificación energética “E”).

**Tabla 7.** Datos energéticos de la vivienda.

Instalación	Consumo energético (kWh/m <sup>2</sup> ·año)
Calefacción	51.67
Aire acondicionado	15.29
ACS	19.73
Iluminación	3.55
Electricidad	8.37
Cocina	2.34
Total	100.96

Los datos económicos del hogar aportados en la Tabla 8 muestran la situación económica para una familia tipo en España [113], compuesta por dos adultos y un niño. Los ingresos y beneficios son obtenidos según datos de la Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF) del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) [114]. Para el gasto en alquiler se utiliza la renta media de alquiler en la zona de localización de la vivienda [115]. El coste del consumo de agua y de la gestión de residuos urbanos se obtiene del coste mínimo necesario para la vivienda analizada según tarifa oficial de la compañía suministradora [116].

**Tabla 8.** Datos económicos del hogar.

Ingresos (€/mes)	Beneficios (€/mes)	Gastos del hogar (€/mes)	Otros gastos (€/mes)	Coste del consumo de agua y gestión de residuos urbanos (€/mes)
1200	0	200	0	50

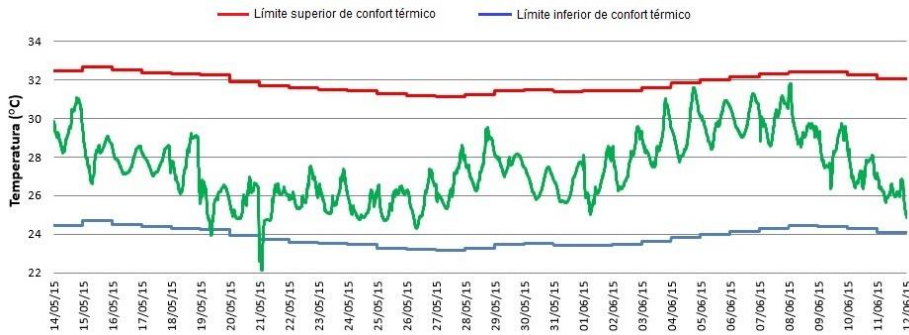
Los datos necesarios para aplicar el IHV se recogen en la Tabla 9, partiendo de los datos de las tablas anteriores. La superficie útil es el resultado del sumatorio de la superficie útil de las estancias de la vivienda (Tabla 6). El ingreso neto (numerador ecuación 3) se obtiene tras aplicar el gasto de vivienda y el gasto en agua y gestión de residuos urbanos (Tabla 8). La energía consumida y la calificación energética se obtienen de la simulación energética (Tabla 7).

**Tabla 9.** Resumen de los datos para la aplicación del IHV.

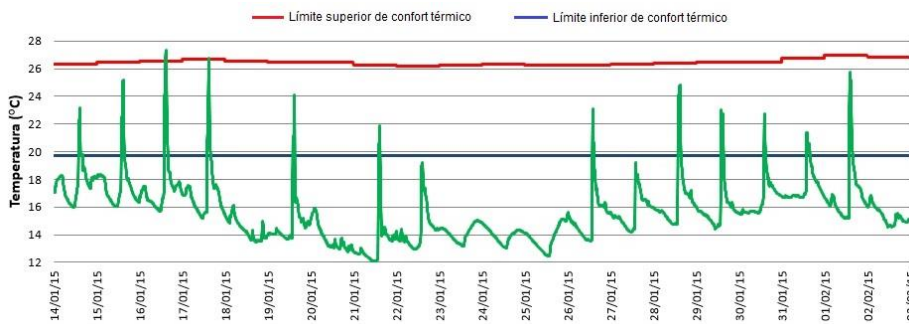
Datos de la familia		Datos de la vivienda		
Ingreso neto (€/año)	Nº personas		S. útil (m <sup>2</sup> )	Consumo energético (kWh/año)
	Adultos	Niños		
11,400	2	1	63.59	6420

Para poder abordar la evaluación del confort térmico partiremos de la aportación realizada por Sánchez-Guevara [80], utilizando el estudio del confort de una vivienda como indicador de hogares más vulnerables. Para ello, se evalúa el número de horas (%) fuera o dentro del rango de confort durante el periodo analizado, a partir del uso de los resultados de confort obtenidos por Sánchez-Guevara et al. [117] empleando el software de simulación ambiental y energética de edificios Energy Plus 7.0. Para los archivos climáticos, se han utilizado los datos IWEC de EnergyPlus de Sevilla, de manera que la localización juega un punto importante en la evaluación. Para los límites diarios del rango de confort se hace uso de la correspondiente fórmula [82] para cada uno de los periodos de evaluación: primavera, verano e invierno. Se excluye el periodo de otoño al tener unos valores térmicos similares al periodo primaveral. Las Figuras 7 y 8 muestran un ejemplo gráfico del cálculo de las horas en confort en función de los rangos de confort establecidos y la temperatura interior en la vivienda para las fachadas sudeste de los periodos de primavera e invierno, respectivamente. Las líneas roja y azul representan los límites superior e inferior de confort térmico para el interior de la vivienda, respectivamente, los cuales son calculados utilizando las fórmulas proporcionadas por la normativa [82], y la línea verde muestra la temperatura interior en la vivienda durante el periodo analizado, haciendo uso del software de simulación ambiental y térmica de edificios Energy Plus 7.0. Es importante indicar que los datos aquí mostrados fueron calculados para en el año 2015 según las características técnicas de la vivienda en ese momento. Por lo que, en el momento en el que se cambien las características iniciales de la vivienda, tras una actuación de rehabilitación energética, dichos valores podrán ser diferentes.





**Figura 7.** Límites superior e inferior de confort térmico en la fachada sudeste en primavera [110].



**Figura 8.** Límites superior e inferior de confort térmico en la fachada sudeste en invierno [110].

## 6.2. Aplicación del Índice de Hogares Vulnerables

Una vez definido el caso de estudio y obtenido todos los datos necesarios para aplicar el IHV, a continuación, se procede a obtener sus resultados.

### 6.2.1. Indicador de Pobreza Monetaria

Para evaluar la variable monetaria se establecen los diferentes UPM y UPMS, en función de la zona de análisis (Sevilla) y de diferentes  $U_c$  (Tabla 10). Como UPM se establece el valor del ingreso mínimo interprofesional [118] (60% de la mediana de la renta equivalente en Sevilla [119] en 2015), y para el UMPS se utiliza la prestación más baja otorgada por el estado Español, denominada Plan PREPARA [120] de 400€/mes. El factor de equivalencia definido a partir de la ecuación 2 fue utilizado para considerar el tamaño familiar ( $U_c$ ) en la Tabla 10, definiendo así los diferentes umbrales de pobreza.

**Tabla 10.** Umbrales de pobreza para Sevilla (España).

Nº personas	Pobreza monetaria	Pobreza monetaria severa
Una personas	8114 €	4800 €
Dos personas	12,171 €	7200 €
<i>Dos adultos y un niño</i>	<i>14,605 €</i>	<i>8640 €</i>
Dos adultos y dos niños	17,040 €	10,080 €
Dos adultos y tres niños	19,474 €	11,520 €

De acuerdo a los datos recogidos en la tabla 10, los UPM y UPMS para el caso de estudio serían, 14,605 €/año y 8640 €/año, respectivamente. Considerando que el hogar tiene un ingreso neto de 11,400 €/año, obtenido de la Tabla 9, y la aplicación de la ecuación 4, el resultado obtenido es de “pobreza monetaria” ( $IPM < 1.00$ ).

### 6.2.2. Indicador Energético

El umbral de consumo energético, como se detalla en la sección 5.1.2. Indicador energético, se establece a partir de los datos de consumo energético medio requerido para el tipo de vivienda evaluada (vivienda en bloque) y la zona climática de localización (Sevilla, Sur de España, clima mediterráneo). Según los últimos datos publicados por el IDAE [121] el consumo energético medio requerido para el caso de estudio será de 8,360.46 kWh/año. Considerando que el consumo energético anual requerido por la vivienda de estudio es de 6420 kWh/año, dato obtenido de la herramienta de certificación energética CE3\_Viviendas [111] (Tabla 9), aplicando la ecuación 5, el resultado obtenido es de “admisible” ( $IEn < 1.00$ ).

### 6.2.3. Indicador de Confort

Para establecer el umbral de confort, tal y como se detalla en la sección 5.1.3. Indicador de confort, se utiliza el 80% de las horas en las cuales la estancia evaluada debe de estar dentro del rango de confort térmico definido. Las Figuras 4 y 5 explicadas anteriormente, muestran un ejemplo de los rangos de confort térmico para la fachada sudeste para el periodo de primavera e invierno, respectivamente. Como resultado, se obtiene que para los periodos de primavera y verano la vivienda tiene un resultado “admisible” ( $IC > 80\%$ ). En contrapartida, para el periodo de invierno la vivienda tiene un resultado “inadmisibles” ( $CI < 80\%$ ) debido a que el tanto por ciento de

las horas analizadas es menor al rango establecido del 80% (Tabla 11).

La Tabla 12 proporciona un resumen de los resultados obtenidos tras aplicar los diferentes límites de confort térmico establecidos a las horas analizadas de cada periodo: primavera, verano e invierno (dicho trabajo considera los mismos valores de temperatura para los periodos estacionales de primavera y otoño en el caso de Sevilla).

**Tabla 11.** Tanto por ciento de horas de confort [117].

	Primavera		Verano		Invierno	
	Fachada Noroeste	Fachada Sudeste	Fachada Noroeste	Fachada Sudeste	Fachada Noroeste	Fachada Sudeste
	<b>Fuera del rango</b>					
Horas	0.00	3.57	6.71	104.9	464.86	464.73
Porcentaje	0.00	0.51	0.93	14.49	96.85	96.82
<b>Dentro del rango</b>						
Horas	696	692.43	713.29	615.71	15.14	15.29
Porcentaje	100.00	99.49	99.07	85.51	3.15	3.18

Con los resultados obtenidos en cada variable (IPM: pobreza, IEn: admisible, IC: admisible para primavera-verano e inadmisibles para invierno) y haciendo uso de la ecuación 5, se obtiene el nivel de vulnerabilidad padecido por el hogar (definido en la Tabla 5). La Tabla 12 recoge los datos tras aplicar el IHV.

**Tabla 12.** Resultados obtenidos tras la aplicación del IHV.

Estación	Indicador de pobreza monetaria	Indicador energético	Indicador de confort	IHV
Primavera-verano	Pobreza monetaria	Admisible	Admisible	4
Invierno	Pobreza monetaria	Admisible	Inadmisibles	5

#### 6.2.4. Análisis de Sensibilidad

Para poner en crisis el indicador elaborado, se realizarán varios análisis de sensibilidad a partir de la vivienda evaluada, considerando los siguientes aspectos: tipo de familia, ingresos familiares, rehabilitación de eficiencia energética y consumo energético.

#### 6.2.4.1. Escenario 1. Tipo de familia

El primer análisis realizado consiste en considerar que la vivienda ha tenido un cambio de propietario y eso conlleva que el número de miembros que forman el núcleo familiar también cambie, resultando que el núcleo familiar pasa a estar formado por dos adultos y tres niños. Las características de la vivienda permanecen constantes, por lo que los parámetros de confort y de consumo energético se mantienen, produciéndose un cambio considerable en la variable monetaria.

Los datos obtenidos por el IHV (Tabla 13) reflejan un aumento de la situación de vulnerabilidad (seis para verano y nueve para invierno), respecto al caso inicial, lo que demuestra que la situación de vulnerabilidad de un hogar es mayor en hogares de mayor tamaño.

#### 6.2.4.2. Escenario 2. Ingresos familiares

Para el segundo análisis, se considera que el núcleo familiar ha sufrido una reducción de sus ingresos netos disponibles, ocasionada por el gasto en medicamentos de un familiar y la subida del precio del agua potable consumida. Estos gastos implican que hay que destinar adicionalmente un total de 100 € mensuales a la partida de otros gastos (OE), durante al menos un año, y 135 € mensuales a la partida de gastos de agua y gestión de residuos sólidos urbanos (GARSU), en la ecuación 3. Todas las variables permanecerán constantes, salvo la monetaria que sufrirá una modificación considerable respecto a la inicial debido a la disminución de los ingresos netos familiares, pasando de 11,400 € iniciales a 8580 € en el nuevo escenario.

Los datos obtenidos por el IHV (Tabla 13) reflejan un aumento de la situación de vulnerabilidad (seis para verano y nueve para invierno). La posibilidad de evaluar este tipo de cambios, menores a simple vista, permite priorizar hogares de actuación, así como facilitar la elección de una medida de actuación eficaz, ya sea centrada en el aspecto técnico de la vivienda o en el aspecto monetario de la familia.

#### 6.2.4.3. Escenario 3. Rehabilitación de eficiencia energética

Para el tercer análisis, se evalúa una actuación de rehabilitación energética a través de la cual se lleva a cabo un cambio en la instalación de calefacción y ACS, instalando una nueva caldera de gas natural para la calefacción y un sistema de placas de captación solar para el ACS, así como la renovación de las ventanas existentes.

Esta actuación de rehabilitación energética, cuyo coste económico ha sido de 7850 € [122] (nueva caldera de gas natural, adaptación de instalación de ACS para uso de energía solar, y nuevas ventanas de baja transmitancia e infiltraciones), conllevaría una reducción del consumo energético (6420 kWh/año pre-actuación para pasar a 5169 kWh/año post-actuación) y, consecuentemente, del gasto anual asociado a las facturas de consumo energético, así como una mejora del confort térmico en la vivienda durante todo el año. Este escenario permite evaluar el beneficio social de una inversión económica por parte de la administración pública, fomentando la concesión de ayudas a viviendas de mayor vulnerabilidad para llevar a cabo actuaciones de rehabilitación energética.

Los datos obtenidos por el IHV (Tabla 13) reflejan una reducción de la situación de vulnerabilidad durante el periodo de invierno (cinco en el caso inicial para pasar a cuatro todo durante todo el año).

#### 6.2.4.4. Escenario 4. Aumento del consumo energético

Para el último análisis, se somete el indicador a un cambio brusco en la variable energética. Para ello se considera que, por deficiencias en la vivienda, se origina un aumento del consumo energético (6420 kWh/año del caso inicial para pasar a 8546 kWh/año del nuevo escenario) provocando, por tanto, un incremento del gasto asociado a las facturas de consumo energético, para así mantener el mismo confort térmico en la vivienda. Al evaluar el nuevo consumo energético de la vivienda mediante el indicador energético (umbral establecido en 8,360.46 kWh/año según IDAE [121]) se obtiene un resultado de “inadmisible”, lo que provoca un mayor nivel de vulnerabilidad en el hogar en comparación al caso inicial (siete para verano y ocho para invierno) (Tabla 13).

**Tabla 13.** Escenarios del análisis de sensibilidad de IHV.

	Estación	Indicador de pobreza monetaria	Indicador energético	Indicador de confort	IHV
Caso estudio	Primavera/verano	Pobreza monetaria	Admisible	Admisible	4
	Invierno	Pobreza monetaria	Admisible	Inadmisible	5
1	Primavera/verano	Pobreza monetaria severa	Admisible	Admisible	6
	Invierno	Pobreza monetaria severa	Admisible	Inadmisible	9
2	Primavera/verano	Pobreza monetaria severa	Admisible	Admisible	6
	Invierno	Pobreza monetaria severa	Admisible	Inadmisible	9
3	Primavera/verano	Pobreza monetaria	Admisible	Admisible	4
	Invierno	Pobreza monetaria	Admisible	Admisible	4
4	Primavera/verano	Pobreza monetaria	Inadmisible	Admisible	7
	Invierno	Pobreza monetaria	Inadmisible	Inadmisible	8

### 6.3. Resultados

A partir de los resultados mostrados en la Tabla 13 es posible afirmar que el IHV permite analizar la situación de un hogar y mostrar claramente cuál es el origen de dicha situación. A su vez, el IVH facilita la elección de la medida de actuación más eficaz, mejorando la situación inicial mostrada en el caso de estudio:

- La calidad de la vivienda es adecuada. Aunque cabe destacar que para el periodo invernal el indicador muestra una mayor vulnerabilidad por la desfavorable evaluación de la variable de confort térmico, siendo motivada por el mal estado en el que se encuentran las ventanas existentes.

- La principal causa de la situación de vulnerabilidad del hogar es provocada por la situación de pobreza monetaria de la familia.
- Una actuación de rehabilitación energética tal como se plantea en el escenario 3, permitiría una mejora en la calidad de vida del hogar tras la reducción del nivel de vulnerabilidad a cuatro (IHV = 4) durante todo el año. El hogar estará fuera de una situación de vulnerabilidad en el momento en el que los ingresos de la familia se incrementen o los gastos de vivienda se vean reducidos.
- La inclusión del confort térmico ha permitido analizar la situación de vulnerabilidad del hogar en los diferentes periodos estacionales, junto al consumo energético realizado, a diferencia de los actuales indicadores de PE.
- A partir del escenario 3 se muestra la posibilidad de evaluar el beneficio social de una determinada intervención de eficiencia energética en un hogar vulnerable tras la mejora de la calidad de vida de los inquilinos del hogar analizado.

# Chapter 7

## **ADAPTATION OF THE INDEX OF VULNERABLE HOMES TO THE ENGLAND CONTEXT**

---

This research has been developed within the Spanish context taking into consideration the current situation of this issue in Spain. The Energy Poverty (EP) issue is a global problem that has been accentuated in Spain due to the economic crisis, has given rise to government and political interest, and has achieved high public impact, but no official definition has been established, in contrast to other countries such as the United Kingdom. Then, a three-month stay has been carried out to apply key social science concepts to the current definition of the IVH and then expanding the focus of its results. To this end, the IVH is adapted to the British context, enabling a comparative analysis with its first application in Spain and with the official EP indicators in the UK, the LIHC indicator and the 10% measure, which have been used for official statistics on FP in UK [123]. This will highlight the potential of the IVH to identify and assess a vulnerable situation, and show the weaknesses of the current EP indicators.

### 7.1. Justification of its application in England

The impossibility of understanding the composition and factors of FP, or the difficulty of identifying which households are more in need of support and which one is required, are the main limitations to the creation of a common standard [90,124], then, the effectiveness of many FP policies is limited by the difficulty in targeting households. Two main challenges can be identified: “exclusion” inaccuracies, whereby households that would benefit are not recognised by policy and therefore not supported; and “inclusion” inaccuracies, whereby households that are not identified as fuel poverty but meet the eligibility criteria and are therefore awarded support [125]. As result, there is a



risk that those households in greatest need are missed, public money is not best deployed, and FP resources are not distributed effectively.

The proposed IVH will lead to a fuller understanding of how to identify households in or at risk of FP, and leading to an evaluation of the effectiveness and equity of resource distribution, as well as a fuller understanding of variety of FP situations, and recognition of the high prevalence of hidden energy poverty [40]. However, the IVH must be applied to other contexts demonstrating its value as a tool to provide a understanding of FP fully. Mainly for its history and policies in addressing EP, the UK may be considered as a reference country to fight against EP, and then the best country to putting on value the proposed IVH by applying within its social and residential context.

## 7.2. Information the IVH needs to be applied

This section defines the required data to apply the IVH, and this can be divided into four components: Monetary Poverty Indicator (MPI), Energy Indicator (EnI), Comfort Indicator (CI) and Health-Related Quality-Life Cost (HRQLC) (Table 15).

### 7.2.1. Monetary Poverty Indicator (MPI)

It analyses the monetary vulnerability of a house based on household net income. This is compared with the Monetary Poverty Threshold (MPT) which will depend on the located area. The most used is the 60% of median equivalised disposable income in the studied area with Eurostat statistics [42], and the Severe Monetary Poverty Threshold (SMPT), which defines a more precarious level of poverty, representing the lowest disposable income of a household, and it is set in accordance with the social benefit granted by the government to families in social exclusion.

Unlike current fuel poverty indicators, household energy expenditure is not excluded from the household net income in the MPI, avoiding the characteristics, priorities and customs of the households related to their energy consumption, so as the inadequate usage of housing systems (such as stove, lights, heating, air conditioning, etc.) to be influential factors in a vulnerable situation.

For its application in England, the MPT and SMPT are set according to the economic situation in the studied area (England), and the size and composition of the households (expressed with the modified scale provided by the Organization for Economic Co-operation and

Development (OECD) [89]). 60% and 40% of the median equivalised disposable income for one person in the UK in 2016 was used as the monetary poverty threshold (MPT), and the severe monetary poverty threshold (SMPT), respectively, according to Eurostat statistic [42]. Then, Table 14 shows the various thresholds set.

**Table 14.** Monetary thresholds for the UK.

Household	Poverty	Severe poverty
One adult	£10,393	£6928
Two adults	£15,590	£10,392
Two adults and one child	£18,707	£12,470
Two adults and two children	£21,825	£14,549
Two adults and three children	£24,943	£16,627

### 7.2.2. Energy Indicator (EnI)

It analyses the energy vulnerability of a house based on the dwelling's required energy consumption. The required energy consumption is obtained from an energy simulation of the dwelling in the correspondent software and it is compared with the threshold set according to the energy consumption required for the type of building in the located area. The Energy Performance Certificate (EPC) (by means of the energy consumption required) is considered in the EnI to identify and analyse vulnerable households. It is known that the EPC rating has a close relation to household in FP since most people in a FP situation live in a house with an inadequate EPC ("F" and "G") [2]. Note that, from 1 April 2018, those landlords who intend to let a domestic property will need to check whether their property is covered by the Minimum Energy Efficiency Standard (MEES), and ensure that the EPC rating is at "E" or above [126].

Data from an energy simulation allows us to take into consideration the "heat-or-eat" effect, the hidden energy poverty, and exclude the characteristics, priorities, and customs of the households related to their energy consumption. Then, those households who cannot afford a minimum energy consumption due to a lack of monetary resources can be identified (hidden energy poverty) [40].

For the British case study, following the same criterion as the case study in Spain, the energy threshold is set in the median energy consumption required by the type of dwelling in the area of England analysed.

### 7.2.3. Comfort Indicator (CI)

This indicator uses the adaptive approach, which has been developed from extensive field studies [127] and argues that “people in daily life are active in relation to their environment, given time and opportunity, they can make themselves comfortable by adjusting their clothing, activities and their thermal environment”, to analyse environmental dwelling vulnerability by using the percentage of hours in thermal comfort situation. The 80% of hours in thermal-comfort situation is used as comfort threshold, meaning that occupants may be determined thermally uncomfortable for 5 hours per day, considered to be sleeping hours [66]. Category I, the most stringent criteria (comfortable-temperature range between 21 °C – 25.5 °C), for the living room, and Category III, a wide comfortable-temperature range (comfortable-temperature range between 18 °C – 27 °C), for bedrooms, are used to define the different thermal-comfort ranges according to the normative EN 15251:2007 [82]. These criteria follow with the World Health Organization (WHO) recommendation of a minimum temperature of 21°C in living rooms and 18°C in all other rooms [128]. Then, the CI is “admissible” during summer (CI > 80%) but “inadmissible” during winter, spring and autumn (CI < 80%).

### 7.2.4. Health-Related Quality-Life Cost (HRQLC)

It provides an economic analysis of a vulnerable situation, and it is defined by ascribing a range of monetary value to the Quality-Adjusted Life Year (QALY) defined in each level of vulnerability. The cost-effectiveness value of a human life, which is set by the National Health Service (NHS) within the studied country and represents what amount of money the NHS must pay to keep a person alive in perfect health for one year, will be required for the calculation of the HRQLC. The National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE) has been using a cost-effectiveness threshold range between £30,000 – 35,000 for over 7 years [129]. Then, this work sets the HRQLC at £30,000 for dwellers living in a vulnerable home whose QALY is 0.00.

The following Table 15 shows the QALY's values and its related HRQLC for Spain and England by using the EQ-5D-5L Index Value Calculator [97].

**Table 15.** QALYs and HRQLC depending on the studied country.

Level	Score EQ-5D	Spain		England	
		QALY	HRQLC (€)	QALY	HRQLC (£)
0	11111	1.00	0.00	1.00	0.00
1	11121	0.910	2700	0.837	4890
2	11122	0.857	4290	0.768	6960
3	11133	0.825	5250	0.725	8250
4	11223	0.786	6420	0.721	8370
5	11333	0.754	7380	0.689	9330
6	12333	0.642	10,740	0.602	11,940
7	13333	0.620	11,400	0.585	12,450
8	13433	0.484	15,480	0.478	15,660
9	14334	0.358	19,260	0.312	20,640
10	13344	0.309	20,730	0.212	23,640
11	14455	-0.008	30,240	-0.158	34,740
12	24455	-0.096	32,880	-0.215	36,450
13	25555	-0.311	39,330	-0.337	40,110

A summary of the required data for the application of the IVH according to each component is showed in Table 16.

**Table 16.** Required data for the IVH application.

Component	Required data
Monetary Poverty Indicator	- Size and type of the household
	- Household income
	- Additional monetary benefits (social benefits, rental incomes, etc.)
	- Housing expenditure (rent or mortgage)
Energy Indicator	- Other additional housing expenditures
	- Expenditure of water and municipal solid waste management
	- Dwelling characteristics
	- Median energy consumption required by the type of dwelling analysed in the located area
	- Energy consumption required by the analysed dwelling

Table 16. Continued.

Component	Required data
Energy Indicator	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Energy Performance Certificate (EPC) rating of the analysed dwelling</li> <li>- Standard Assessment Procedure (SAP) software</li> </ul>
Comfort Indicator	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dwelling characteristics</li> <li>- Temperatures in the located area during the analysed period</li> <li>- Indoor temperatures in the analysed dwelling</li> </ul>
Health-Related Quality-Life Cost	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cost-effectiveness value of a human life</li> </ul>

### 7.3. Application of the IVH

The triangulation of qualitative evidence with the findings from quantitative analyses enables a complete picture of how FP impacts peoples' lives [130–132]. In this context, local authorities and government use case evidence-based studies in various forms to better understand the needs, challenges and potentials of the populations [133,134]. This work uses quantitative data to define a particular case study based on an inner-city area of the Broughton ward within the East Salford neighbourhood.

In the UK, social deprivation and health have been widely investigated by using deprivation indices, leading an adequate representation of the experienced deprivation within a small area to be offered [135,136]. The Index of Multiple Deprivation (IMD) [137] provides a set of relative measures of deprivation for small areas (Lower-layer Super Output Areas) across England, derived on seven areas of deprivation: Income Deprivation, Employment Deprivation, Education, Skills and Training Deprivation, Health Deprivation and Disability, Crime, Barriers to Housing and Services, and Living Environment Deprivation. Many funding decisions on individual wards and districts are based on the IMD, and researchers widely use it to identify a generally small area deprivation. This work uses this indicator as the basis for targeting and analysing a small area in a greatest vulnerable situation, mainly underpinned by the relationship between most deprived areas and FP [138,139], as well as its correlation on mortality and morbidity [140].

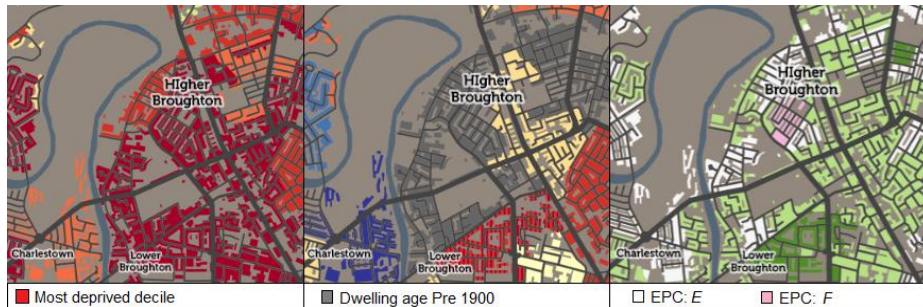
Broughton, within the East Salford neighbourhood, is the second biggest ward in the neighbourhood of Salford. It has a 4.8% of unemployment - higher than both Salford (2.7%) and England (2.1%), the lowest median household income of £17,876, compared to £24,894 in Salford, and £27,300 in England, and a higher rate of FP (13%) than Salford and England (9.5% and 11%). Furthermore, Broughton has ranked on the most deprived decile of the index of deprivation [136]. The following Table 17 shows the main characteristics of the Broughton ward compared with Salford and England.

**Table 17.** Broughton analysis 2016 [141–144].

	Broughton	Salford	England
Population by age group	< 19: 28.81%	< 19: 23.45%	< 19: 23.77%
	20-49: 44.59%	20-49: 45.86%	20-49: 41.72%
	> 50: 26.6%	> 50: 30.69%	> 50: 34.5%
Unemployment	4.8%	1.7%	1.6%
Out of work benefits claimants	20.8%	13.3%	9.1%
Household income (median)	£17,772	£25,360	£27,300
Household type	One person: 19.9%	One person: 13.7%	One person: 28.4%
	Couple: 14.2%	Couple: 19.6%	Couple: 28.8%
	Couple with children: 23.6%	Couple with children: 20.4%	Couple with children: 18.2%
Dwelling age	Pre-1919: 27.7%	Pre-1919: 19.3%	Pre-1919: 21.2%
	1919-1944: 11.4%	1919-1944: 21.6%	1919-1944: 16.1%
	1945-1964: 3.0%	1945-1964: 14.4%	1945-1964: 18.9%
Tenure	53% social rented sector 47% private sector	29% social rented sector 71% private sector	13.2% social rented sector 80% private sector
HHSRS* falls in private sector housing	9.8%	20.9%	19.9%

\* HHSRS: Housing Health and Safety Rating System.

Figure 9 provides a graphical analysis of current situation in Broughton combining the deprived situation of people, by using the IMD, with the characteristics of the housing stock, by using dwelling age and EPC data [145].



**Figure 9.** Broughton analysis combining people deprived situation and dwelling characteristics [145].

### 7.3.1. Case study area

The eligible area comprises 102 households living within the most deprived decile, determined using the index of deprivation [137]. It is worth noting that, although the indices of deprivation measure relative, rather than absolute, and that not all residents of deprived areas are deprived, and not all deprived people live in deprived areas, there are nonetheless some remarkable correspondences to the spatial patterns [146]. As explained above, the strong relationship amongst area deprivation, FP, mortality, and morbidity, underpin the selected area for this work. These results will lead to gather and store information from areas that could be analysed in the future, ensuring that available fuel poverty benefits are able to target the most vulnerable people and, most importantly, ensure they will be able to afford a minimum level of energy consumption in the post-intervention situation.

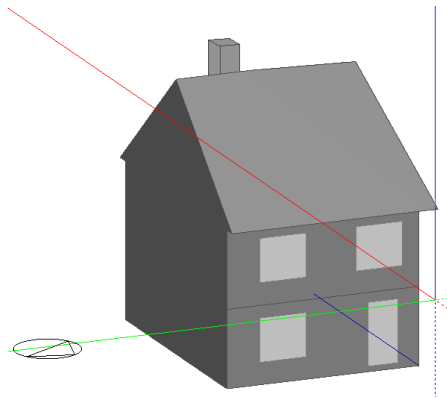
#### 7.3.1.1. Characteristics of dwellings

The archetypal housing type in the case study area is pre-1919 terraced housing, which has been described as “a property built prior to 1919 with solid walls constructed of moisture-permeable materials” [147] (Figure 10). The EPC data [148] and the Typology Approach for Building Stock Energy Assessment (TABULA) project [149], co-funded by the Intelligent Energy Europe Programme of the European Union and which develops national typology buildings establishing a classification according to their size, age, etc., have been used to

define the characteristics of the dwelling. The DesignBuilder software [150] joint to the dynamic thermal-comfort software EnergyPlus 7.0 [151] have been used to simulate one year of operation and indoor temperature (Figure 11).



**Figure 10.** Pre-1919 terraced housing.



**Figure 11.** Dwellings simulation model.

Two types of dwellings exist in the sample analysed depending on the floor area and the EPC rating. Table 18 and 19 show the description of dwelling construction and the characteristics of dwelling systems.

**Table 18.** Description of dwelling construction (Pre-1919 terraced house) [148,152].

Element	Description	U-values (W/m <sup>2</sup> K)
Walls	Solid brick, as built, no insulation	2.10
Roof	Pitched without insulation	2.30
Floor	Reinforced concrete raft with no insulation added	0.81
Ground floor	Suspended timber above a ventilated underfloor void	1.50
Windows	Double glazed windows in wooden frames	4.80
Doors	Wooden door with frames of similar material	3.00
Party wall	Same as external walls	1.97



**Table 19.** Characteristics of dwelling systems [148,152].

Floor area (m <sup>2</sup> )	EPC rating	System	Description
62	35 (F)	Heating	Room heaters, mains gas
		Domestic hot water	Gas instantaneous at the point of use
		Others	Electricity
119	15 (G)	Heating	Portable electric heaters for most rooms
		Domestic hot water	Electric instantaneous equipment at the point of use
		Others	Electricity

The heating pattern and the operational parameters were set to calculate the energy consumption required by the analysed dwellings. The heating pattern during the simulation was set according to the times set out in the SAP guidance issued by BRE Group (from 7 am until 9 am in the morning and 4 pm until 11 pm in the evening) [153]. The operational parameters for each room type were established considering that householders could spend most of the time at home (Table 20), leading vulnerable householders who stay most of the time at home, for instance unemployed, students, and/or severely disabled, to be taken into consideration.

**Table 20.** Occupancy profile used in the simulation.

Room occupied	Monday to Friday (Times of the day)	Saturday and Sunday (Times of the day)
Living Room	9am – 12pm; 1pm – 6pm; 7pm – 11pm	10am – 12pm; 1pm – 6pm; 7pm – 11pm
Kitchen and Dining	8am – 9am; 12pm – 1pm; 6pm – 7pm	9am – 10am; 12pm – 1pm; 6pm – 7pm
Bedroom 1	11pm – 8am	11pm – 9am

The following Table 21 shows the energy data of the analysed dwellings depending on the floor area and the EPC rating.

**Table 21.** Energy data of the dwellings [152,153].

Floor area (m <sup>2</sup> )	Heating energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> year)	Rest energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> year)	Total energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> year)	Total energy consumption (kWh/year)	EPC rating
62	326.04	167.96	494	32,604	35 (F)
119	333.30	171.70	505	60,095	15 (G)

### 7.3.1.2. Characteristics of householders

This work aims to provide an analysis at the local level (City of Salford) that incorporates regional diversity of income levels, resource availability and socioeconomic characteristics of residents. To this end, three different scenarios, which represent the standard household with the highest rates of FP in England [123], were defined depending on the household size and level of income. The main data resources used to define each scenario were the EHS, which collects information from households on housing circumstances and is used for official statistics on fuel poverty in England [141,142,154], and the Annual Fuel Poverty Statistics Report [123].

Table 22 summarizes the characteristics of the analysed householders according to: *Tenure*, with some 63% of households owner-occupied (43% in FP), while just 20% was private rented; *Household size*, according to the UK Census Data, 48 households contain one adult, 25 two adults, and 29 two adults with one child [155]; *Income*, income distribution by decile after tax within the range 10<sup>th</sup> – 70<sup>th</sup> [156] was considered (Table 23), assessing diversity income levels in relation to FP rates; *Housing cost*, median housing cost for owners (most common tenure in England) depending on the household's composition defined in each scenario was used; and *Water and sewerage bill*, representing the average annual water and sewerage charges in England [157] which means 395 £/year.

**Table 22.** Characteristics of analysed householders.

Tenure	Scenario	Housing cost (£/year)	Income (£/year)
Owner	One adult (n=48)	5247	Deciles 1 <sup>st</sup> to 7 <sup>th</sup> after tax
	Two adults (n=25)	7102	
	Two adults and one child (n=29)	7950	

**Table 23.** Income distribution by decile after tax [156].

Decile	Total annual income	Monthly
1 <sup>st</sup>	£11,800	£983
2 <sup>nd</sup>	£13,600	£1133
3 <sup>rd</sup>	£15,400	£1283
4 <sup>th</sup>	£17,500	£1458
5 <sup>th</sup>	£20,000	£1667
6 <sup>th</sup>	£23,100	£1925
7 <sup>th</sup>	£27,300	£2275

### 7.3.2. Results

After establishing the proposed case study, following the explanation done in section 7.2. *Information the IVH needs to be applied*, this section presents results from the application of the IVH.

*Monetary poverty indicator:* According to Table 14 the MPT is set at £10,393 for scenario one (one adult), £15,590 for scenario two (two adults) and £18,707 for scenario three (two adults and one child). The SMPT corresponds to £6928 for scenario one, £10,392 for scenario two and £12,470 for scenario three. The following Table 24 shows the results of the MPI depending on the type of household established (Table 22).

**Table 24.** Results of the MPI depending on the type of household.

Scenario	Income decile	MPI
1.- One adult	1 <sup>st</sup>	Severe monetary poverty
	2 <sup>nd</sup> -3 <sup>rd</sup>	Monetary poverty
	4 <sup>th</sup> -7 <sup>th</sup>	No poverty
2.- Two adults	1 <sup>st</sup> -4 <sup>th</sup>	Severe monetary poverty
	5 <sup>th</sup> -6 <sup>th</sup>	Monetary poverty
	7 <sup>th</sup>	No poverty
3.- Two adults and one child	1 <sup>st</sup> -5 <sup>th</sup>	Severe monetary poverty
	6 <sup>th</sup>	Monetary poverty
	7 <sup>th</sup>	No poverty

*Energy indicator:* The energy threshold is set in the median energy consumption required by the type of dwelling, pre-1919 terraced house, in the case study: 13,793 kWh/year and 25,648 kWh/year for dwellings with 62 m<sup>2</sup> and 119 m<sup>2</sup> [123]. Then, the following Table 25

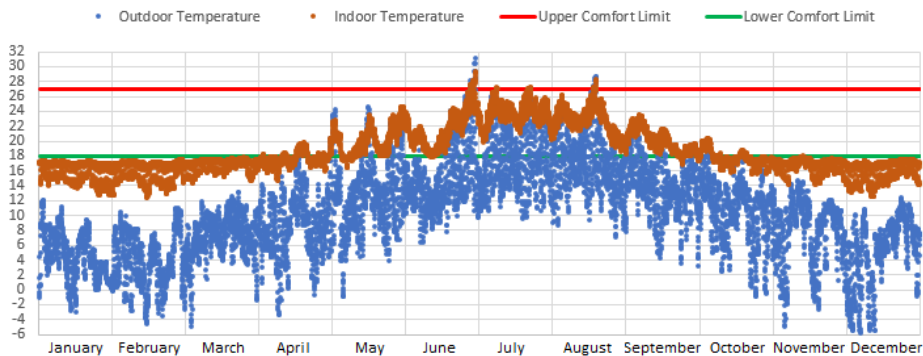
shows the results of the EnI depending on the characteristics of dwellings (Table 21).

**Table 25.** Results of the EnI depending on the characteristics of dwellings.

Floor area (m <sup>2</sup> )	Total energy consumption (kWh/year)	Total energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> year)	Energy Efficiency Rating	Energy consumption threshold (kWh/year)	EnI
62	32,604	494	35 (F)	13,793	Inadmissible
119	60,095	505	15 (G)	25,648	Inadmissible

Furthermore, the Buildings Performance Institute Europe (BPIE) considers old and inefficient residential buildings whose energy demand can exceed 200 kWh/m<sup>2</sup> [19], and this underpins the “inadmissible” results for the analysed dwellings.

*Comfort Indicator.* Regarding the thermal comfort data, Figure 12 shows a graphic example of how the number of hours of comfort was calculated according to the thermal comfort ranges and the indoor temperature of the front bedroom. The red and green lines represent upper and lower limits of comfort for the interior of the bedroom, respectively; the brown band shows the indoor temperature of the bedroom during the analysed period; and the blue band represents the outdoor temperature in Manchester (from the dynamic thermal evaluation in the Energy Plus 7.0 modelling software and the climatological data obtained from the IWEC data of EnergyPlus for the Manchester case). Note that these values were calculated according to the characteristics of the specific dwelling defined. Therefore, depending on whether the characteristics of the dwelling (after the improvements take place) were modified, these values might be different.



**Figure 12.** Front bedroom indoor temperature.

According to the explanation in section 7.2.3. *Comfort indicator*, the comfort threshold has been set at 80% of the hours in which the living areas must be within the thermal comfort ranges. The following Table 26 summarizes results from the thermal comfort analysis in each living space by showing the percentage of hours each space is within and outside the comfort range, then those periods with a comfort situation are highlighted in bold (CI is "admissible" if percentage hours > 80%). Note that the back bedroom (south orientation) has more hours in comfort than the front bedroom (north orientation) in winter, spring and autumn because of the higher number of sunlight. This also makes that the hours in comfort are less in the back bedroom than in the front bedroom in summer. This analysis gets an optimal energy efficiency retrofit to be done, leading the final monetary cost of the retrofit to be reduced.

**Table 26.** Analysis hours of comfort by living space.

Room		Summer	Winter	Spring	Autumn
Back bedroom (South)	Hours in discomfort	9.11%	95.27%	27.68%	68.03%
	Hours in comfort	<b>90.89%</b>	<b>4.73%</b>	<b>72.32%</b>	<b>31.97%</b>
Front bedroom (North)	Hours in discomfort	1.68%	100%	42.55%	81.58%
	Hours in comfort	<b>98.32%</b>	<b>0.00%</b>	<b>57.45%</b>	<b>18.42%</b>
Living room (North)	Hours in discomfort	14.88%	100%	81.65%	99.54%
	Hours in comfort	<b>85.12%</b>	<b>0.00%</b>	<b>18.35%</b>	<b>0.46%</b>

Table 27 shows the vulnerable situation of three types of households who are living in a pre-1919 terraced house in the case study area of the Broughton ward of Salford.

**Table 27.** Results of the IVH application.

Scenario	Income decile	Season	IVH	HRQLC* (£/year)
1. Households with one adult (n=48)	1 <sup>st</sup> (SMP)	Summer	10	1,534,320
		Remainder	11	
	2 <sup>nd</sup> -3 <sup>rd</sup> (MP)	Summer	7	713,184
		Remainder	8	
	4 <sup>th</sup> -7 <sup>th</sup> (NP)	Summer	2	380,544
		Remainder	3	
2. Households with two adults (n=25)	1 <sup>st</sup> -4 <sup>th</sup> (SMP)	Summer	10	799,125
		Remainder	11	
	5 <sup>th</sup> -6 <sup>th</sup> (MP)	Summer	7	371,450
		Remainder	8	
	7 <sup>th</sup> (NP)	Summer	2	198,200
		Remainder	3	
3. Households with two adults and one child (n=29)	1 <sup>st</sup> -5 <sup>th</sup> (SMP)	Summer	10	926,985
		Remainder	11	
	6 <sup>th</sup> (MP)	Summer	7	430,882
		Remainder	8	
	7 <sup>th</sup> (NP)	Summer	2	229,912
		Remainder	3	

\*HRQLC represents total cost the NHS has to keep those households living in the analysed area (102 households) alive in perfect health for one year.

SMP: Severe Monetary Poverty; MP: Monetary Poverty; NP: No Poverty.

The main conclusion after the IVH application is that the different scenarios set highlight how important the size and type of household are in a vulnerable situation. This result sides with the fact that, always considering the same household income, the higher is the size of the household, the higher is the vulnerable situation of the home [2]. Last fuel poverty statistics underpin this result, where the average fuel poverty gap for 1 adult is among the lowest at £291, with households assorted as multi-person households seeing the highest at £493 [123].

Note that this dwelling can be classed as category 1 hazard according to the Housing Health and Safety Rating System (HHSRS) [158]. This class covers the most extreme harm outcomes including death from any cause, regular severe pneumonia, severe respiratory disease, etc. If it is related to those mental and physical illnesses resulting of living in different levels of poverty [159,160], the significant

effects on the health of the households underpin the different situations defined in each level of vulnerability.

### 7.3.3. Acting on vulnerable areas

This section analyses how the council of Salford could reduce current vulnerable situation in the case study area, and improving households' quality of life, by using the IVH results (Table 27) and the available financial benefits. To this end, this section is divided into two parts: first part aims at an energy efficiency intervention; and second part analyses the vulnerable situation after the energy efficiency intervention, looking for the optimal financial benefit that reduces households' vulnerable situation.

#### 7.3.3.1. Dwelling improvement: Energy efficiency intervention

In this section, an energy efficiency intervention, which can be understood as a procedure to renew or change systems, dwelling fabric or controllers to improve the energy performance of homes [161], is assessed, showing how Salford City Council can reduce current situation of vulnerability and improve households' quality of life. After analysing the characteristics of the studied dwellings, and according to the last report of the National Energy Efficiency Data-Framework (NEED) project [126], which analyses the impact of energy efficiency measures in homes, the proposed intervention consists of installing a combination of energy efficiency measures: solid wall insulation, loft insulation, and UPVC double glazing windows. The following Table 28 shows the energy efficiency measures installed and the new U-values, according to the TABULA project [152].

**Table 28.** Energy efficiency measures installed [152].

Measures	Baseline U-values (W/m <sup>2</sup> K)	Improved U-values (W/m <sup>2</sup> K)
Solid walls insulation	1.60	0.66
Loft insulation	2.30	0.13
UPVC double glazing windows	4.80	2.20

The energy data of the dwellings after the energy efficiency intervention is showed in Table 29 by using the energy modelling package (SAP), currently the tool used to predict energy consumption for new build properties in England [153]. Note that the new dwellings

configuration has associated a SAP value of 59 and 55 (band D) improving the initial EPC from F and G to D [153]. The energy consumption of the dwellings has also been reduced in 21,940 kWh/year and 36,533 kWh/year for dwelling with 62 m<sup>2</sup> and 119 m<sup>2</sup> of floor area.

**Table 29.** Energy data of the dwellings after the energy efficiency intervention [153].

Floor area (m <sup>2</sup> )	Heating energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> year)	Rest energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> year)	Total energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> year)	Total energy consumption (kWh/year)	Energy Efficiency Rating
62	113.52	58.48	172	10,664	59 (D)
119	130.68	67.32	198	23,562	55 (D)

Then, Table 30 shows the results of the EnI after installing the selected combination of energy efficiency measures depending on the characteristics of dwellings.

**Table 30.** Results of the EnI after the intervention depending on the characteristics of dwellings.

Floor area (m <sup>2</sup> )	Total energy consumption (kWh/year)	Total energy consumption (kWh/m <sup>2</sup> year)	Energy Efficiency Rating	Energy consumption threshold (kWh/year)	EnI
62	10,664	172	59 (D)	13,793	Admissible
119	23,562	198	55 (D)	25,648	Admissible

Regarding thermal comfort analysis, the following Table 31 summarizes results from the thermal comfort analysis in each living space after the energy efficiency intervention. Note that the percentage of hours in thermal comfort has been increased after the energy efficiency intervention in all living spaces, leading the springtime to get a comfortable situation (CI >80%).

**Table 31.** Post-intervention analysis of thermal-comfort hours by living space.

Room		Summer	Winter	Spring	Autumn
Back bedroom (South)	Hours in discomfort	0.01%	67.56%	14.36%	49.43%
	Hours in comfort	99.99%	32.44%	85.64%	50.57%
Front bedroom (North)	Hours in discomfort	0.50%	78.73%	18.14%	65.92%
	Hours in comfort	99.50%	21.27%	81.86%	34.08%
Living room (North)	Hours in discomfort	7.26%	66.64%	19.99%	56.83%
	Hours in comfort	92.74%	33.36%	80.01%	43.17%



Table 32 shows the IVH results after the energy efficiency intervention. Note that the MPI has not changed from the initial stage due to the monetary poverty situation of the household (social aspect) has been kept, and only the dwelling characteristics (technical aspect) have been changed.

**Table 32.** Results of the IVH application after the energy efficiency intervention.

Scenarios	Income decile	Season	IVH (Before)	HRQLC* (£/year) (Before)
1. Households with one adult (n=48)	1 <sup>st</sup> (SMP)	Su & Sp	6 (10)	781,920
		W & A	9 (11)	(1,534,320)
	2 <sup>nd</sup> -3 <sup>rd</sup> (MP)	Su & Sp	4 (7)	424,800
		W & A	5 (8)	(713,184)
	4 <sup>th</sup> -7 <sup>th</sup> (NP)	Su & Sp	- (2)	117,360
		W & A	1 (3)	(380,544)
2. Households with two adults (n=25)	1 <sup>st</sup> -4 <sup>th</sup> (SMP)	Su & Sp	6 (10)	407,250
		W & A	9 (11)	(799,125)
	5 <sup>th</sup> -6 <sup>th</sup> (MP)	Su & Sp	4 (7)	221,250
		W & A	5 (8)	(371,450)
	7 <sup>th</sup> (NP)	Su & Sp	- (2)	61,125
		W & A	1 (3)	(198,200)
3. Households with two adults and one child (n=29)	1 <sup>st</sup> -5 <sup>th</sup> (SMP)	Su & Sp	6 (10)	472,410
		W & A	9 (11)	(926,985)
	6 <sup>th</sup> (MP)	Su & Sp	4 (7)	256,650
		W & A	5 (8)	(430,882)
	7 <sup>th</sup> (NP)	Su & Sp	- (2)	70,905
		W & A	1 (3)	(229,912)

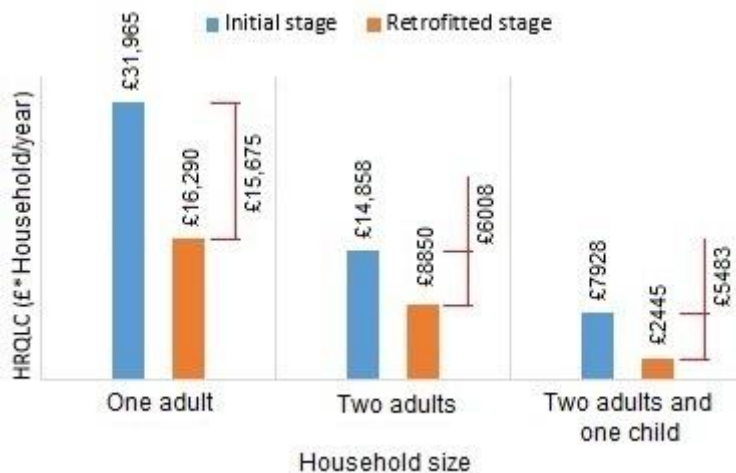
\*HRQLC represents total cost the NHS has to keep those households living in the analysed area (102 households) alive in perfect health for one year.

Su: summer; Sp: Spring; W: Winter; A: Autumn; SMP: Severe Monetary Poverty; MP: Monetary Poverty; NP: No poverty.

Highlighting that the higher income deciles would not have a vulnerable situation in summer and spring after the energy efficiency intervention, and just a level 1 of vulnerability in winter and autumn. Furthermore, it is important to highlight that a comfortable situation would be achieved in spring, leading the initial level of vulnerability in spring to be reduced. The results also reaffirm the fact that the larger

the household, the more difficult is to reduce their level of vulnerability. Note different levels of vulnerability endure after the energy efficiency intervention: these are due to the mental and physical illnesses related to living at different levels of monetary poverty.

Furthermore, Figure 13 shows a graphic analysis of the savings to the NHS related to reduce the vulnerable situation and improve households' quality of life.



**Figure 13.** Analysis of the savings to the NHS.

### 7.3.3.2. More than energy efficiency: The optimal financial benefit

Although the energy efficiency of dwellings would have been improved considerably, and then households would be living in an energy efficiency house with a low energy consumption, the mental and physical illnesses related to living in monetary poverty persist. Then, this section analyses the resulting vulnerable situation after the energy efficiency intervention and, then, the optimal financial benefit to reduce it.

*Winter Fuel Payments (WFP)*: this is a payment made to people who have reached Pension Credit age to help with heating costs. Pension Credit is made up of two parts: Guarantee Credit (it is based on the current state pension age for women) and Savings Credit (households have to be aged 65 or over to claim it) [162]. This result sets up to a revision of current eligibility criteria, based on the use of the IVH, specially when it is known that WFP has reduced almost half of EWM in England since 1999 [163].

*Cold Weather Payments (CWP)*: It is money to help with fuel costs during periods of very cold weather. The period of cold weather must cover seven consecutive days, between 1 November and 31 March, when the average temperature must be zero degrees Celsius or below. There are no specific age rules. To get a Cold Weather Payment household have to be claiming Pension Credit (or Income Support, Income-related Employment, and Support Allowance or Income-based Jobseeker's Allowance or Universal Credit) and do not live in a care home [164].

*Warm Home Discount (WHD)*: It applies when household electricity supplier belongs to this scheme and are getting the guarantee part of Pension Credit, they will automatically get an annual discount of £140 off your electricity bill [165].

In addition to the previous EP financial benefits, other financial benefits could be applied despite not to aim at fuel poor households: income support (IS), jobseeker's allowance and personal independence payment (JAP), child benefits (CB), child tax credit (CTC), maternity / paternity allowance (MP). Following Table 33 shows the impact into IVH results after the application of defined financial benefits. Note that two-adult households are not included since the financial benefits would be the same as one-adult households.

**Table 33.** IVH results after applying financial benefits.

Household size	Income decile	Season	Initial IVH	Financial benefits	Final IVH
One adult	1 <sup>st</sup> (SMP)	S & SP	6	IS, JAP	4
		W & AU	9	WFP, CWP, WHD	5
	2 <sup>nd</sup> -3 <sup>rd</sup> (MP)	S & SP	4	IS, JAP	-
		W & AU	5	WFP, CWP, WHD	1
	4 <sup>th</sup> -7 <sup>th</sup> (NP)	S & SP	-	Not required	-
		W & AU	1	WFP, CWP, WHD	-

S: summer; SP: Spring; W: Winter; AU: Autumn; SMP: Severe Monetary Poverty; MP: Monetary Poverty; NP: No poverty. IS: Income Support; JAP: Jobseeker's allowance and personal independence payment; CB: Child Benefits; CTC: Child Tax Credit; MP: maternity/paternity allowance.

**Table 33.** Continued.

Household size	Income decile	Season	Initial IVH	Financial benefits	Final IVH
Two adults with children	1 <sup>st</sup> -4 <sup>th</sup> (SMP)	S & SP	6	IS, JAP, CB, CTC, MP	4
		W & AU	9	WFP, CWP, WHD	5
	5 <sup>th</sup> -6 <sup>th</sup> (MP)	S & SP	4	IS, JAP, CB, CTC, MP	-
		W & AU	5	WFP, CWP, WHD	1
	7 <sup>th</sup> (NP)	S & SP	-	Not required	-
		W & AU	1	WFP, CWP, WHD	-

S: summer; SP: Spring; W: Winter; AU: Autumn; SMP: Severe Monetary Poverty; MP: Monetary Poverty; NP: No poverty. IS: Income Support; JAP: Jobseeker's allowance and personal independence payment; CB: Child Benefits; CTC: Child Tax Credit; MP: maternity/paternity allowance.

As a conclusion, this section shows how vulnerable households can be helped with current financial benefits by using the IVH, ensuring that financial benefits are distributed effectively. Additionally, this analysis sets up to a revision of current eligibility criteria to qualify EP benefits and ensure that vulnerable consumers have access to a minimum energy service in the post-intervention situation [166].

#### 7.4. Comparative analysis with the 10% and LIHC indicators

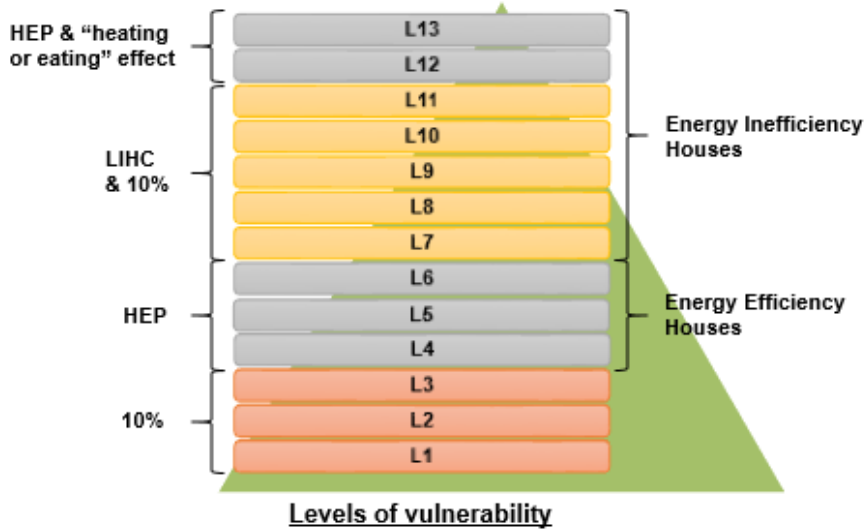
To show the practical consequences of this work as well as how it could help to develop cost-effective policy measures, a comparative analysis with current FP indicators (10% and LIHC) has been conducted (Figure 14).

*LIHC indicator.* This measure defines a FP situation when “the household income is lower than the poverty threshold and their energy expenditure is higher than the median threshold” [19]. According to this definition and the last FP statistics, it can be said that those households who cannot pay their energy consumption bills, because of their lack of monetary resource, but who live in an energy efficiency dwelling after the energy efficiency intervention (households with one adult within the 1st income decile, two adults within the 1st – 4th income deciles, and two adults and one child within the 1st – 5th income deciles in Table 32) would not be considered as fuel poor

anymore, leading to the hidden energy poverty (HEP) [40] and the “heating or eating” [33] effect not to be recognised (levels 4 – 6 and 12 – 13 of the IVH, see Figure 14 for detail). A recent critical analysis carried out by Middlemiss [38] underpins this comparison and the value of IVH results, since the IVH allows those vulnerable homes at risk of FP to be identified regardless of whether or not they are fuel poor, in addition to analysing what particular factor (monetary resources or technical characteristics of dwelling) needs to be addressed to reduce the existing level of vulnerability.

*10% indicator.* According to this measure a household is in FP when it does not have “have adequate energy services for 10 per cent of income” [2]. The most important weakness of this indicator is that those households who have a high energy consumption, but are not poor, would be recognised as fuel poor (households with one adults within the 4th – 7th income deciles and multi-person households within the 7th income decile in Table 32), leading to a higher rate of households in FP (levels 1 – 3 of the IVH, see Figure 14 for detail). Furthermore, this indicator presents similar challenges as does the LIHC indicator when analysing the real improvement for households after an energy efficiency intervention: it would exclude households who are monetary poor, but they are living in an energy efficiency dwelling.

The following Figure 14 shows a graphical comparative analysis of the IVH with the 10% and LIHC indicators, in addition to representing the HEP and “heating or eating” effect within the IVH, highlighting how the previous FP indicators do not take it into consideration.



**Figure 14.** Comparative analysis: IVH, LIHC, 10%, HEP and "heating or eating" effect.

This comparative analysis exposes limitations of the LIHC and 10% indicators and has demonstrated that they create false negatives. It also suggests that HEP and the "heating or eating" effect would not be recognised under both indicators. The IVH therefore has the potential to reduce these two main inaccuracies discussed above, exclusion and inclusion, found when FP policies are targeted.

# Chapter 8

## **EVALUATION OF THE INDEX OF VULNERABLE HOMES: UNDERSTANDING VULNERABLE CONSUMER EVIDENCE**

---

The Index of Vulnerable Homes (IVH) has been developed within the Spanish context taking into consideration current evidence regarding the health impacts of living in a cold home and its relationship with excess winter death, cardiovascular and respiratory sicknesses, mental and physical health illnesses, and social exclusion. Then, the arbitrary aspect of the different hypotheses used to establish each level of vulnerability is the main criticism to the IVH.

This work aims to evaluate how valid and accurate is the assessment of households' vulnerability provided by the IVH. To this end, a survey, which asked households for their health status according to their economic situation and the characteristics of dwelling where they are living in, was developed, leading to establish a comparative analysis between the health status assessment provided by the IVH and households' evidence. Note that results from this survey must be carefully taken into consideration due to its subjective, culturally and psychological aspects. Similarly, taking into consideration the subjective aspect of people's behaviour is essential to carry out this evaluation.

### 8.1. Background

This section presents the evidence base that supports current definition of the different levels of vulnerability. Existing health-based affordable schemes, an overview of the known health impacts of cold and energy inefficient dwelling (specially in relation to living in a cold home), the potential health outcomes of improving the energy efficiency of a house, so as different case studies of good practice affordable warmth schemes are showed.

It is known that many people living in cold and energy inefficient properties struggle to meet their energy needs for comfort and warmth, and then they have a risk of cold-related health illnesses. Although the relationship amongst health, fuel poverty and cold homes has been analysed by a large quantity of studies [167], it is always difficult to identify the direct impact of this relationship.

Many studies have shown the impact of cold and damp housing conditions on both morbidity and excess winter mortality [168–171]. Furthermore, it has been found higher rates of excess winter mortality in properties built before 1850 and lower thermal efficiency ratings (28.2% winter excess mortality in contrast to 15% in properties built after 1980), matching to the poor thermal standard within the housing stock [21,172,173]. Indeed, a 2.8% increase in mortality is corresponding to households living in the coldest 10% of houses for every 1°C the outdoor temperature is below 19°C. Noteworthy fact when just a 0.8% increase in mortality is related to households living in the warmest 10% of houses [174]. In general, a 25% higher risk of dying is related to households living in the coldest homes during the winter [175,176]. An increase in hospital admissions for respiratory conditions during the winter has been noted [177], so as a relationship between hospital admissions for respiratory illnesses in elder people (aged over 65) and the FP index [178,179]. Similar to this, the Warm Front scheme [180] reported that the mortality risk for colder outdoor temperatures was not suffered by the 70% of households that increased indoor temperature in their house to WHO levels (21°C in living rooms and 18°C in bedrooms for at least 9 hours a day) [128]. Furthermore, the risk of death by a respiratory infection can increase if a person suffering from a chronic respiratory illness sleeps in a cold bedroom, mainly due to the immune system and resistance to infection can be weakened by the cold air that affects the bronchial lining of the respiratory tract [181,182].

A poor maintenance of housing indoor is also related to health problems, specially a 30-50% increase in respiratory problems are associated to damp homes with mould [183,184]. Intervention studies, often following a heating intervention, have found the relationship between living in a damp house with mould and allergic symptoms, asthma, and respiratory tract infections [185–187]. Similarly, self-reported reduction in instances of wheezing, colds and viral diseases was found from a study in New Zealand after insulation interventions



[160,188]. Then the link between respiratory illnesses and living in cold homes has been documented in the literature, showing a strong association with children, elderly and people who suffer from chronic respiratory conditions in particular.

Cardiovascular diseases and its relationship with cold homes has not been strongly shown, but evidence base to date suggests that living in a cold home (not within the recommended temperatures by the WHO) might lead to an increase in the risk of suffering cardiovascular diseases. For instance, a 15% and 9% increase in plasma fibrinogen levels and factor VII clotting, respectively, during the winter months lead to a growth in coronary heart diseases [189]. At the same time, living in poor quality dwellings with cold temperatures increase the possibility of systolic and diastolic blood pressure (a rise of blood pressure is came from a narrow of blood vessels) [190,191], so as the risk of thrombosis that leads to heart attacks and strokes [192,193]. Furthermore, the Scottish Central Heating Programme found that the probability of receiving a diagnosis of heart disease or high blood pressure was reduced according to report from people took part in this programme [194].

Regarding social activities, a warmth household is related to feel comfortable at home, not to feel shame to invite friends at home, an increase in day-to-day activities within those living spaces of the house that was impossible before, so as concerning less about energy consumption bills. Similarly, a higher risk of suffering mental illnesses has been reported by people with difficulties for paying their energy consumption bills [195]. Furthermore, poor housing lead children to suffer from psychological symptoms, reduction of motivation, more sense of inability, and experiencing food insecurity [196,197], affecting their rate of attainment mainly due to they cannot have a comfortable and suitable living space to work and study [198]. In addition, dampness and mould have been associated with stressful situations in reference to cannot keep a clean home without the smell of damp and the concern for family members' health [199,200]. Then improving thermal comfort and solving problems with damp and condensation has shown to have an important impact on mental health and wellbeing, leading to an improvement of social activities with friends and for relationships between family members [201,202]. Additionally, a reduction in households' food expenditure is related to low income

families, especially during colder periods when they have to decide whether heating or eating, impacting on the calorific intake [203,204].

In conclusion, this review shows an overview of current evidence of the impacts on households' health related to live in a cold home, the multiple social vulnerabilities existing and the complexities of targeting, suggesting the need of a better understanding of the issue.

## 8.2. Limitation

Involving households on research projects was the main limitation found to get the needed data that allow to evaluate IHV results, mainly due to they feel very sensitive to be asked about income, expenses, poverty, etc. In this context, results from the changes4warmth project (households felt uncomfortable with the idea of an advisor coming into their home) underpin this issue [205]. Note that this work took into consideration that fuel poor older people and vulnerable groups may not be online (they did not be able to reply the quoted survey), however this approach was the only option to get a wide spectrum of views with limited time and budget available.

In addition, collaboration with different associations that work in the housing sector: carrying out energy efficiency interventions, information and formation activities for more vulnerable households, conferences, etc., was attempted without success. Two main inconveniences were always found: a private company had been involved providing their products (concerned about bad advertising), and it would be in breach of associations' data protection obligations.

Additionally, it is essential to say that people's behaviour in determinate situations is impossible to predict, due to the wide range of factors involved on (culture, age, educational level, physical and psychological aspects, etc.), and it is therefore difficult to establish different situations of vulnerability.

## 8.3. Evaluation methodology

This section explains the methodology used to evaluate the IVH's assessment. This methodology is based on a survey designed and put available online to get evidence from households who felt in a situation of vulnerability, leading to make a comparative analysis between the assessment of household's health status provided by the IVH and evidence. After one month of activity, from at the beginning of February to the end of winter, seventy-two responses were collected from it,

although only twenty-nine were good to be analysed. Note that results from this survey must be carefully taken into consideration due to its subjective, culturally and psychological aspects. Furthermore, results after analysing the twenty-nine responses will provide an indicative approach to understand different situations of vulnerability, but never a statistically and robust conclusion.

### 8.3.1. Survey

This section explains the survey used to get evidence from households. Highlight that working within the Sustainable Housing & Urban Studies Unit (SHUSU), so as the collaboration of the Applied Buildings and Energy Research Group (ABERG), was key factor to carry out this survey.

The SHUSU is a multidisciplinary research group that aims to understand complex social issues reflecting the complex and interconnected challenges faced by contemporary society (such as ensuring fair access to housing, positive social relations within communities, ageing populations, environmental sustainability and inclusive growth). Highlight that this group has provided the essential evidence to solve those initial issue the IVH had related to the social aspect.

The ABERG aims to establish an evidence base to better understand and address the issues of energy consumption in buildings. It is also the home of the unique Salford Energy House. This is a full sized two-bedroom terraced house built inside an environmental chamber that can replicate almost any weather conditions. The main aim is to support the delivery of a reduction in the end use energy demand of buildings. Point out that working together this group has helped me to adapt the technical aspect of the IVH to the British context.

The defined survey was constituted by twenty different questions that get the minimum information about the characteristics of householders and dwellings in order to apply the IVH. Two sections were defined: the first section gathers people and dwelling characteristics, while the second one assesses the health status of people. According to the data required to apply the IVH, in the first section, living city, household size, income, housing costs, council taxes, benefits, additional health expenditures, and tenure, were asked by eight questions, providing the economic data of the household. In

addition, nine questions about dwelling type, building age, floor area, type of fuel to heat, and type of retrofit improvements installed, gather the minimum information to calculate the energy and thermal comfort data. The second section, which is constituted by two main questions, were defined by using the five dimensions of the EQ-5D methodology (mobility, self-care, usual activities, pain/discomfort, and anxiety/depression), following the same criterion used to establish the different levels of vulnerability in the IVH. This survey is attached in Annex 1.

### 8.3.2. Analysis of the results

After analysing the results of the survey, twenty-nine out of seventy-two households (five different types of dwellings) were resident in the UK and suitable for analysis due to the limited data gathered from the responses to define different types of dwellings and householders. Considering that the section which assesses the health status of householders is divided into two parts: the first one defines the health status before an energy efficiency intervention; and the second one defines the resulting health status after a retrofit of the dwelling, each twenty-nine responses can define two different scenarios depending on whether an energy efficiency has been done and the type of measures installed, resulting in fifty-eight responses with households' health status. A basic analysis code, which is constituted by two digits, was defined leading those households who are good for the analysis to be identified. The following Table 34 summaries the typologies of households analysed.

**Table 34.** Typologies of households analysed.

Type of dwelling	Built year	Floor area (m <sup>2</sup> )	N <sup>o</sup> members		Number households
			Adults	Children	
Terraced	Before 1919	50-69	1	-	1
			2	-	2
			2	1	1
	70-89	1	-	6	
		2	-	9	
		2	1	7	
	90-109	2	1	1	
		> 110	2	-	1
	1965-1980	< 50	2	1	1

Then the application of the IVH was done following the explanation detailed in the IVH section. The following Tables 35 and 36 show the economic data depending on the type of households and the energy and comfort data depending on the type of dwelling (terraced house). The survey and the TABULA project [149] have been used to define Table 35 and 36.

**Table 35.** Economic data depending on the type of household.

Type of dwelling	Built year	Floor area (m <sup>2</sup> )	N° members		Number households	MPI results	
			Adults	Children			
Terraced	Before 1919	50-69	1	-	1	Poverty	
			2	-	2	Severe Poverty	
			2	1	1	Poverty	
		70-89	1	-	1	Poverty	
			1	-	5	Severe Poverty	
			2	-	3	Poverty	
			2	-	6	Severe Poverty	
			2	1	1	Poverty	
			2	1	6	Severe Poverty	
		90-109	2	1	1	Poverty	
			> 110	2	-	1	Poverty
		1965-1980	< 50	2	1	1	Poverty

**Table 36.** Energy and comfort data depending on the type of dwelling (terraced house).

Built year	Floor area (m <sup>2</sup> )	Energy consumption (kWh/year)	Enl Results	CI results	
				Summer	Remainder
Before 1919	50-69	16,725	IN	AD	IN
	70-89	22,347	IN	AD	IN
	90-109	27,969	IN	AD	IN
	> 110	30,921	IN	AD	IN
1965-1980	< 50	11,070	IN	AD	IN

IN: Inadmissible; AD: Admissible.

Table 37 shows the IVH's results and evidence from the survey, before and after the energy efficiency intervention, depending on the type of householders and the characteristics of dwelling. Note that the

same QALY reported from some households before and after the energy efficiency intervention (nine out of twenty-seven households), who are private renters except households seventeen and twenty-two (who are owners), is due to no energy efficiency intervention was carried out in the dwelling where they were living in.

**Table 37.** IVH results and evidence from the survey depending on the type of householders and dwelling (the sample is constituted by 29 households).

Built year	Floor area (m <sup>2</sup> )	Household size	IVH result (after retrofit)		Evidence QALY (after retrofit)
			Summer	Remainder	
Before 1919	50-69	Two adults and one child	7 (4)	8 (5)	0.778 (0.879)
		Two adults	10 (6)	11 (9)	0.585 (0.721)
		One adult	7 (4)	8 (5)	0.478 (0.721)
		Two adults	10 (6)	11 (9)	-0.158 (0.312)
	70-80	Two adults	7 (4)	8 (5)	0.879 (1.00)
		Two adults	10 (6)	11 (9)	0.269 (0.736)
		One adult	10 (6)	11 (9)	0.184 (0.736)
		One adult	7 (-)	8 (-)	0.711 (0.711)
		Two adults	10 (-)	11 (-)	0.696 (0.696)
		Two adults	10 (6)	11 (9)	0.585 (0.721)
		Two adults	10 (-)	11 (-)	0.478 (0.478)
		One adult	10 (6)	11 (9)	0.212 (0.312)
		Two adults and one child	10 (6)	11 (9)	0.212 (0.312)
		Two adults and one child	10 (6)	11 (9)	0.585 (0.689)

**Table 37.** Continued.

Built year	Floor area (m <sup>2</sup> )	Household size	IVH result (after retrofit)		Evidence
			SU	RE	QALY (after retrofit)
Before 1919	70-80	Two adults and one child	7 (4)	8 (5)	0.725 (0.837)
		Two adults	7 (-)	8 (-)	0.725 (0.725)
		Two adults	7 (-)	8 (-)	0.725 (0.725)
		Two adults	10 (-)	11 (-)	0.478 (0.478)
		One adult	10 (-)	11 (-)	-0.158 (-0.158)
		One adult	10 (-)	11 (-)	-0.158 (-0.158)
		Two adults and one child	10 (6)	11 (9)	0.689 (0.721)
		Two adults and one child	10 (-)	11 (-)	0.312 (0.312)
		Two adults and one child	10 (6)	11 (9)	0.585 (0.721)
		Two adults and one child	10 (6)	11 (9)	0.478 (0.721)
		One adult	10 (6)	11 (9)	0.212 (0.312)
		Two adults	10 (6)	11 (9)	0.212 (0.602)
			90-109	Two adults and one child	7 (4)
	> 110	Two adults	7 (4)	8 (5)	0.725 (0.837)
1965-1980	< 50	Two adults	7 (4)	8 (5)	0.373 (0.809)

SU: Summer; RE: Remainder.

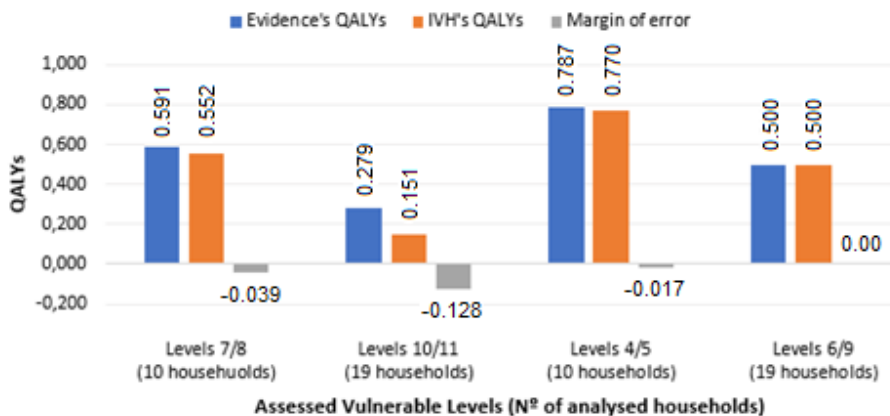
To analyse and validate the assessment done by the IVH, the QALY defined for each household by the IVH depending on the season were proportionally unified, resulting in a value of QALY for one year. This was done due to the assessment provided by households' evidence evaluates its health status for one year and not divided in different

seasons. The result is that households living in a vulnerable situation 7/8 would have a QALY's value of 0.552, while those living in 10/11, 6/9 and 4/5 would have a QALY's value of 0.151, 0.500 and 0.770, respectively. Gathering households into these four assessment groups provided by the IVH, levels 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, and 11 could be evaluated by using the average of QALY's values reported from them. The following Table 38 shows the QALY's value from the IVH according to the four assessment groups, the average QALY's value from households' reports, and the resulting margin of error. The gap between the QALY's values provided by the IVH and households' reports leads to calculate the margin of error's value. The negative value of the margin of error's value means that the assessment of household's health provided by the IVH, QALY's value, is lower than the assessment of household's health offered by evidence.

**Table 38.** QALY's value according to the IVH and evidence from the survey.

Nº households	IVH	Average of QALY's value from evidence	QALY's value from the IVH	Margin of error
10	7/8	0.591	0.552	-0.039
19	10/11	0.279	0.151	-0.128
10	4/5	0.787	0.770	-0.017
19	6/9	0.500	0.500	0.00

Figure 15 provides a graphic comparative analysis between the QALY's values according to the IVH and households' reports.



**Figure 15.** Graphic comparative analysis between QALYs for households according to the IVH and evidence.



To evaluate whether the assessment made by the IVH is acceptable to understand the possibly different vulnerable situation of households, the admissible margin of error was established. This work considers that a person would have at least slight pain/discomfort problems in some period for one year due to personal and professional problems, health issues (flu, cold, etc.), unexpected expenditures, etc., leading to establish that 0.163 is the minimum QALY's value that a person could lost for one year, according to the EQ-5D methodology index [97]. Then, analysing results in Table 38 and Figure 15 can be said that the resulting margin of error for each of the assessment group are *admissible* (the admissible margin of error is 0.163), since the margin of error's values for levels 7/8, 10/11, 4/5, and 6/9, are 0.039, 0.128, 0.017, and 0.00, respectively. Highlight the margin of error's value of 0.00 for level 6/9, meaning that the health condition of nineteen out of fifty-eight households would be the same than the health condition provided by the IVH.

### 8.3.3. Discussion

Noting that results from this survey must be carefully taken into consideration due to its subjective, culturally, and psychological aspects, it can be said that the assessment provided by the IVH about health status of those households identified in a vulnerable situation is acceptable.

There are many indicators and measures that assesses fuel and/or energy poverty, and even vulnerability in relation to economic, energy, thermal comfort, and environmental factors. However, there is not indicator that assesses vulnerability gathering as many factors as the IVH.

Considering that the maximum margin of error between the QALYs from evidence and the IVH is 0.128 (Levels 10/11, see Figure 15 for detail), when the maximum admissible is 0.163, the assessment provided by the IVH and the survey are closed. This work considers essential to take into consideration behaviour of households in order to analyse and understand the validity of these results. Concepts like "Take-back" effect [206], by means of the possibility of a retrofit disrupt households' habits leading to people increase their levels of comfort, so as their energy consumption, just because they believe that their dwelling are now more energy efficient, and behavioural and psychological mechanisms of coping [102] underpin the hypothesis

defined in this work to analyse the validity of results. Therefore, further research will be done when the subjective aspect must always be taken into consideration.

In the end, as far as it is known, it is impossible to define a measure only based on objective data, does not take into account the subjective aspect of people's behaviour, and provides a 100% of accurate when identifying situations of vulnerability. That is why this work show how the IVH can be considered a comprehensive approach to identify different situations of vulnerability.

# Chapter 9

## MAIN DIFFERENCES BETWEEN APPLICATION IN SPAIN AND ENGLAND

---

The main differences found between applying the IVH in Spain and England can be divided into two groups: Type of fuel used in the energy consumption of the dwelling and types of energy bills.

*Type of fuel used in the energy consumption of the dwelling:* Most of the households in Spain use electricity as main fuel type, while natural gas is the second most used. Note that fuel type used for heating is different depending on the area of Spain. Specifically, electricity is used as main fuel type in the South and natural gas in the North. It can be said that like in England, natural gas is used as main fuel type for heating and electricity for the rest of systems in the North of Spain. The different types of gas used in Spain are other important difference with England, mainly due to the type of system used for heating and hot water, leading to use other types of fuel like propane, butane and natural gas. In the end, it can be said that natural gas is the main type of fuel used for heating in England, while electricity is used for the rest of system dwelling, as opposed to Spain.

*Types of energy bills:* Water and municipal solid waste management, electricity and gas expenditures are paid in separated bills in Spain. In the England case, municipal solid waste management expenditure is included in household taxes, and water and sewerage, electricity, and gas expenditures are paid in different bills. It is important to take into consideration this aspect when calculating household net income.

Furthermore, the thermal-comfort analysis between the application of the IVH in Spain and England shows the great impact the climatologic factors of the studied area have in a vulnerable situation.

First case study set in the south of Spain shown a higher vulnerable situation during winter (short cold period), while the case study in England presents a higher vulnerable situation in spring, winter and autumn (longer cold period). As result, the energy efficiency measures for the Spanish case study aimed at the reduction of the energy consumption in hot seasons particularly, while the British case study focuses on reducing the energy consumption for heating in cold seasons. In relation to financial benefits, the application schedule for the Spanish case study would be much shorter (winter) than for the British case study (winter, spring and autumn).

Note that both case studies highlight the fact that the higher is household size and the lowest is household net income, the higher is the level of vulnerability. Important contributions these if a vulnerable situation depending on either the area (Seville/Salford) or region (Spain/England) where households are living can be analysed, and if most severely vulnerable households at risk of FP wanted to be prioritised by policy decisions.

# Chapter 10

## **CONCLUSIONS/CONCLUSIONES**

---

This study offers a novel multiple-indicator approach, the Assessment Model of Vulnerable Homes (AMVH), which leads to the development of the first multi-dimensional index, the Index of Vulnerable Homes (IVH), that assesses the home vulnerability situation to be in FP. The influence factors include: household monetary situation, quality of the dwelling, inefficiency in thermal comfort, inadequate usage of systems, poor choice of system equipment, fuel type, and fuel price used in energy consumption. FP has been traditionally related with countries where winters are very cold and long, but it is known that countries where summers are very hot have high energy consumption during the summer, which may result in an FP situation. The assessment of thermal comfort in the dwelling made by the IVH evidences a potential for understanding the seasonality of vulnerability, as well as for determining optimal energy efficiency measures. In addition, the relationship between FP and high energy consumption for cooling during warmer periods, could be assessed, leading to a richer multi-dimensional analysis of FP that considers social, environmental, climatological, and cultural factors.

The new IVH contributes towards the assessment of vulnerability in terms of its consequence or intensity and leads to the possibility of evaluating the optimal retrofit measurement in order to improve the quality of life of households, by promoting energy efficiency. In this context, the sensitivity analysis demonstrates how the IVH assesses real-life changes that could occur in a home, whether they are minor, as in Scenario 3 (modification in the type of housing systems and windows), or whether they are of greater impact, such as in Scenario 1 (with an increase in the household size), Scenario 2 (whereby the household suffers a reduction in its net income by €235 per month)

and Scenario 4 (significant increase in the energy consumption of the dwelling).

The adaptation and application of the IVH to the British context has led to an innovative methodology that identifies vulnerable homes at risk of FP regardless of whether or not it is in FP in England to be defined.

The comparative analysis with the 10% and LIHC indicators, which have been used for official statistics on FP in UK, highlights the weaknesses of current FP indicators to assess a FP situation properly and analyse a vulnerable situation fully, evidencing the limitation of the current tools, and suggesting that there is extent of improvement. And what is more, the IVH meets the last call from the EU Parliament to evaluate whether enough protection has been provided to citizens by current measures and indicators, recognising the source of the problem.

Regarding the current issue of prioritising the most severely fuel poor and vulnerable groups, the analysis provided by this work highlights the potential of the IVH to promote the improvement of the existing dwelling stock focusing on more vulnerable homes at risk of FP, as well as considering further measures and/or financial benefits after the energy efficiency intervention, ensuring that they would be able to afford the post-intervention situation. Furthermore, in relation to leading effective recommendations in action plans, national roadmap, and energy policies prioritising the most vulnerable households, this work has shown the possibility of establishing different prioritisation ranges depending on the vulnerable situation of the home by using the IVH's.

It is worth to highlight the economic analysis provided by the IVH that leads the savings to the NHS to be estimated, so as the amortization of funding allocated to an energy efficiency intervention, advancing position for the reflection of vulnerability and its economic impact for society in policy decision.

Focusing on the comparative analysis between the application of the IVH in Spain and England, these results show, throughout the thermal-comfort analysis, the great impact the climatologic factors of the studied area have in a vulnerable situation. First case study set in the south of Spain shown a higher vulnerable situation during winter (short cold period), while the case study in England presents a higher vulnerable situation in spring, winter and autumn (longer cold period).

As result, due to the cold period is shorter and warmer in the south of Spain, the energy efficiency measures for the Spanish case study aimed at the reduction of the energy consumption in hot seasons particularly, while the British case study focuses on reducing the energy consumption for heating in cold seasons. In relation to financial benefits, the application schedule for the Spanish case study would be much shorter (winter) than for the British case study (winter, spring and autumn). Furthermore, both case studies highlight the fact that the higher is household size and the lowest is household net income, the higher is the level of vulnerability. Important contributions these if a vulnerable situation depending on either the area (Seville/Salford) or region (Spain/England) where households are living can be analysed, and if most severely vulnerable households at risk of FP wanted to be prioritised by policy decisions.

On the other hand, it is important to take into consideration the two main differences found between the application in Spain and England: first, the type of fuel used in the energy consumption of the dwelling, it can be said that natural gas is the main type of fuel used for heating in England, while electricity is used for the rest of system dwelling, as opposed to Spain; and second, the types of energy bills in each country, water and municipal solid waste management, electricity and gas expenditures are paid in separated bills in Spain, while in England, municipal solid waste management expenditure is included in household taxes, and water and sewerage, electricity, and gas expenditures are paid in different bills.

In relation to the last part of this study, evaluation of the IVH's results, the lack of measures and definitions that provide a proper assessment of a vulnerable situation, gathering factors such as monetary, energy, thermal comfort, geographical location, health status of people, health-related quality-life cost, etc., let consider the IVH as an indicative approach to understand different situations of vulnerability, but never a statistically and robust conclusion. Then, this study considers essential to recognise the fact that people's behaviour in determinate situations is impossible to predict, due to the wide range of factors involved on (culture, age, educational level, physical and psychological aspects, etc.), leading therefore difficult to establish different situations of vulnerability.

In the end, while there are numerous FP and vulnerable consumer studies that strive to yield a solution to the addressed problem, this

study brings a new guide in the assessment and identification of vulnerable homes at risk of FP, the IVH, which can be considered a comprehensive approach to identify different situations of vulnerability. Furthermore, it raises new critical questions about the efficacy of current policies and projects aimed at reducing rates of FP and in particular the extent to which they have been able to reduce the incidence of FP. The IVH is therefore an innovative and internationally-relevant response to this contemporary socioeconomic challenge.



## Conclusiones

El presente estudio ofrece un novedoso enfoque de indicadores múltiples, el Modelo de Evaluación de Hogares Vulnerables (MEHV), que permite definir el primer índice multi-dimensional, el Índice de Hogares Vulnerables (IHV), el cual analiza la situación de vulnerabilidad de un hogar a padecer PE. Los factores que determinan una situación de vulnerabilidad son: situación monetaria familiar, calidad de la vivienda, confort térmico inadecuado, uso inadecuado de las instalaciones, elección inadecuada de los equipamientos, tipo y precio del combustible utilizado en el consumo energético. La PE ha sido tradicionalmente relacionada con países que sufren largos inviernos y muy fríos. Sin embargo, se ha constatado que países con veranos muy calurosos tienen altos consumos energéticos provocando, en definitiva, una situación de PE. El análisis del confort térmico realizado a través del IHV muestra un gran potencial para entender las diferentes situaciones de vulnerabilidad en función del periodo estacional y climatología, además de evaluar la medida de eficiencia energética óptima. En este contexto, la relación entre PE y altos consumos energético para refrigeración durante periodos de calor podría ser analizado, aportándose un análisis multi-dimensional de la PE que considera factores sociales, ambientales, climatológicos y culturales.

El nuevo IHV permite un análisis de la situación de vulnerabilidad en relación a sus consecuencias e intensidad, así como la posibilidad de evaluar la medida de rehabilitación energética óptima para mejorar la calidad de vida de los hogares, promoviendo la rehabilitación de eficiencia energética. En este contexto, el análisis de sensibilidad aportado en este estudio demuestra como el IHV evalúa cambios en las actividades del día a día que podrían ocurrir en un hogar, ya sean de un impacto menor como el escenario 3 (modificación de las instalaciones de la vivienda y ventanas existentes), o de un mayor impacto como el escenario 1 (incremento del número de miembros en la unidad familiar), escenario 2 (la unidad familia sufre una reducción en sus ingresos netos de 235€ al mes), y escenario 4 (se produce un incremento considerable del consumo energético en la vivienda).

La adaptación y aplicación del IHV al contexto británico ha motivado una innovadora metodología que identifica hogares en una situación de vulnerabilidad para padecer PE, padezcan o no dicha situación, de aplicación a Inglaterra.

El análisis comparativo realizado con los indicadores del 10% y el LIHC, los cuales son utilizados para elaborar los datos oficiales de PE en Inglaterra, muestra los puntos débiles de los indicadores de PE actuales para evaluar una situación de PE y analizar una situación de vulnerabilidad correctamente, así como las limitaciones de los mecanismos actuales, sugiriendo que aún hay un importante margen de mejora. A su vez, el IHV da respuesta al último llamamiento del parlamento europeo a través del cual se solicita evaluar si las actuales medidas e indicadores proporciona protección suficiente a los ciudadanos identificando el origen de la problemática.

En relación a la problemática actual de priorizar las ayudas en los grupos más vulnerables y con una mayor situación de PE, el análisis aportado por este trabajo muestra el potencial del IHV para promover la mejora del stock de viviendas existentes priorizando los grupos más vulnerables a padecer PE, así como la posibilidad de poder considerar medidas económicas adicionales que garanticen que dichas familias podrán permitirse seguir con sus actividades diarias tras una actuación de eficiencia energética. Además, el presente trabajo muestra, haciendo uso del IHV, la posibilidad de establecer diferentes rangos de prioridad en función de la situación de vulnerabilidad aportando recomendaciones en planes de acciones, hojas de rutas nacional y políticas energéticas.

Es importante resaltar el análisis económico que el IHV proporciona permitiendo estimar el ahorro para el Servicio Nacional Sanitario, así como la amortización de los fondos destinados a una intervención de rehabilitación energética, motivando la inclusión del concepto vulnerabilidad y su impacto económico para la sociedad en las decisiones políticas.

Centrándonos en el análisis comparativo entre la aplicación del IHV en España e Inglaterra, a través del análisis de confort térmico, resaltar el gran impacto que los factores climatológicos de la zona de estudio tienen en una situación de vulnerabilidad. El primer caso de estudio llevado a cabo en el sur de España indicaba una mayor situación de vulnerabilidad durante el invierno (corto periodo de frío), mientras que el caso de estudio en Inglaterra muestra una mayor situación de vulnerabilidad en primavera, invierno y otoño (largo periodo de frío). Como resultado, debido a que el periodo de frío para el caso de estudio de España es corto y cálido, las medidas de eficiencia energética definidas se centraron en reducir el consumo

energético en el periodo de calor, mientras que para el caso de estudio de Inglaterra se centran en reducir el consumo energético para calefacción durante el periodo de frío. En relación a programación de las ayudas económicas destinadas a hogares vulnerables durante los meses de frío, para el caso de estudio de España sería mucho más corto que para el caso de estudio de Inglaterra ya que el periodo de frío para España es mucho más corto (invierno) que para Inglaterra (primavera, invierno y otoño). Además, ambos casos de estudio muestran el hecho de que, con un mayor número de miembros en la familia y un menor ingreso familiar, la situación de vulnerabilidad será mayor. Ésta es una importante contribución cuando se quiere analizar una situación de vulnerabilidad en función de la ciudad (Sevilla/Salford) o país (España/Inglaterra), y se pretende priorizar los hogares en una mayor situación de vulnerabilidad.

Por otro lado, es importante tener en cuenta las dos principales diferencias encontradas en la aplicación del IHV en España e Inglaterra: en primer lugar, el tipo de combustible utilizado para el consumo energético de la vivienda, por lo general, y a diferencia que en España, en Inglaterra el gas natural es el combustible más utilizado para calefacción, mientras la electricidad es utilizada para el resto de las instalaciones de la vivienda; en segundo lugar, la tipología de facturas energética, que de forma general, en España el consumo de agua y gestión de residuos, electricidad y gas natural se pagan en facturas independientes, mientras que en Inglaterra la gestión de residuos se abona en los impuestos de los hogares, y el consumo de agua, electricidad y gas natural en facturas independientes.

En referencia a la última parte de este estudio, evaluación de los resultados aportados por el IHV, puede constatarse que el IHV es una aproximación significativa para entender diferentes situaciones de vulnerabilidad, aunque nunca una conclusión robusta y estadística, debido principalmente a la falta de medidas y definiciones que permitan un análisis de una situación de vulnerabilidad considerando factores tales como el monetario, energético, de confort térmico, localización geográfica, estado de salud de las personas, coste asociado a la calidad de vida, etc. Con ello, este trabajo considera esencial reconocer el hecho de que el comportamiento de las personas es imposible de predecir en determinadas situaciones debido al gran rango de factores involucrados (cultura, edad, nivel

educacional, aspectos físicos y psicológicos, etc.), dificultando, por tanto, establecer diferentes niveles de vulnerabilidad.

En conclusión, aunque hay un gran número de estudios de PE y consumidores vulnerables que intentan aportar una solución para solventar esta problemática, esta tesis proporciona una nueva guía para el análisis e identificación de hogares vulnerables para padecer PE, el IHV, considerándose, por tanto, una exhaustiva aproximación para identificar diferentes situaciones de vulnerabilidad. Además, abre la puerta a la crítica sobre como de efectivas son las políticas y proyectos destinados a reducir la PE. Con todo ello, el IHV es, por tanto, una innovadora y relevante respuesta al contemporáneo desafío socioeconómico internacional.

# Chapter 11

## **FUTURE LINES OF RESEARCH**

---

After the work shown throughout this thesis, unlike existing energy poverty indicators, the IVH can be considered a comprehensive approach to identify different situations of vulnerability at risk of fuel poverty. However, furthermore work is needed to make headway in the evaluation and improvement of the IVH's results, gathering more evidence from households who are living in a vulnerable situation, and including more new factors related to people's behaviour.

Then, following these results, the main lines of research to be embarked on can be listed as follow:

- Application of the IVH using Geographic Information Systems (GIS), depending on families and dwellings characteristics. This new line is reflected in the case study carried out in the Chapter 7, where an inner-city area of the Broughton ward within the East Salford neighbourhood with different typologies of families have been analysed. This would lead those areas with most vulnerable households to be identified, leading to a spatial analysis of vulnerability.
- The conclusions resulting after the application of the IVH to the Spanish and British context arise the idea of further applications in other countries with different social aspects and typologies of buildings.
- The analysis of households' vulnerability along the forthcoming years, it is a new interesting line of research which would lead to develop optimal financial benefits and study the most suitable characteristics of future dwellings, according to social and climatologic factors.
- The possibility of analysing the vulnerable situation of a family before going into its new house according to its economic situation and the characteristics of the house. This new line

would avoid households in a vulnerable situation who cannot afford the maintenance cost of its dwelling.

- In relation to social houses, studying the suitable typology of dwelling depending on the type of families would lead to avoid future vulnerable situations in social houses, and, the most important issue, it would allow to design affordable houses for the current social situation. In this context, the passive-house design increases special interest to this end.

# Chapter 12

## IMPACT AND CONTRIBUTION TO KNOWLEDGE

---

### 12.1. Papers

*A novel Index of Vulnerable Homes: Findings from application in Spain*, published in *Indoor and built Environment* in 2018, explains the methodology carried out to develop the IVH in the context of Spain.

*Towards a multiple-indicator approach of Energy Poverty in the European Union: a review*, in revision process in *Energy and Buildings*, provides a new approach to understand a FP situation beyond the traditional definition of FP, enabling to a starting point for the reflection of vulnerability in policy decisions and methodological implications.

*The Index of Vulnerable Homes: an innovative methodology for understanding vulnerability to fuel poverty in England*, in revision process in *Energy and Buildings*, aims on highlighting the IVH as a novel tool to identify and understand households in a fuel poverty situation or at risk of it. A case study in Salford with regard to a European context is analysed, and different options to improve current households' vulnerable situation are detailed: an energy efficiency intervention, and current financial benefits.

### 12.2. Conferences

*Housing Studies Association (HSA) Annual Conference 2018 in Sheffield, 11<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> April*: this opportunity came during the three-month stay at the Sustainable Housing & Urban Studies Unit (SHUSU) of the University of Salford, leading to present the IVH and its application to the Spanish context. This conference aimed on examining both the theoretical and practical responses to contemporary challenges: the decimation of the social housing sector, the stigmatisation of marginalised communities and the widespread cynicism about the effectiveness of political action. What kinds of

concepts are most appropriate to analyse contemporary change? What are the practical implications of reforms to the housing sector? What theory can inform practice? and How can practice influence new forms of conceptual analysis? were some of the key questions addressed at the conference.

*Conferencia Pobreza Energética y la Agenda 2030 del Desarrollo Sostenible en la Ciudad de Juárez, Chihuahua, México, 12<sup>th</sup> – 13<sup>th</sup> April 2018*: aimed on analysing theoretical and practical innovations to tackle fuel poverty broadly.



# Chapter 13

## MERITS

---

- Bursary for postgraduate students, school year 2017-18, from Eaga Charitable Trust (GB1088361), United Kingdom.
- Short-Term Scientific Mission (STSM) within the COST Action CA16232 “European Energy Poverty: Agenda Co-Creation and Knowledge Innovation (ENGAGER)”. STSM period: 15/02/2018 – 13/04/2018.

## REFERENCES

---

- [1] R.M. Isherwood, B.C., & Hancock, Household expenditure on fuel: distributional aspects., Econ. Advis. Off. DHSS, London. (1979).
- [2] B. Boardman, Fixing Fuel Poverty. Challenges and Solutions, Earthscan, London, 2010.
- [3] M. Braubach, A. Ferrand, Energy efficiency, housing, equity and health, International Journal of Public Health.. 58 (2013) 331–332. doi:10.1007/s00038-012-0441-2.
- [4] J. Rosenow, R. Platt, B. Flanagan, Fuel poverty and energy efficiency obligations - A critical assessment of the supplier obligation in the UK, Energy Policy. 62 (2013) 1194–1203. doi:10.1016/j.enpol.2013.07.103.
- [5] B. Boardman, Achieving zero. Delivering future-friendly buildings, Oxford, Oxford, 2012.
- [6] H. Thomson, C. Snell, C. Liddell, Fuel poverty in the European Union: a concept in need of definition?, People, Place & Policy. 10/1 (2016) 5–24. doi:10.3351/ppp.0010.0001.0002.
- [7] E. Commission, Energy Roadmap 2050, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. (n.d.) 1–20. doi:10.2833/10759.
- [8] T. Peneva, Mechanism for Protection of Vulnerable Consumers in Bulgaria, 2016. <http://fuelpoverty.eu/2016/10/18/mechanism-for-protection-of-vulnerable-consumers-in-bulgaria/> (accessed October 3, 2016).
- [9] A. De quero, B. Lapostolet, Plan Bâtiment Grenelle Groupe de travail Précarité énergétique Rapport, Paris, 2009.
- [10] Department of communications, energy & natural resources. A Strategy to Combat Energy Poverty, (2016). <http://www.dccae.gov.ie/energy/en-ie/Energy-Efficiency/Pages/Combating-Energy-Poverty.aspx#> (accessed October 3, 2016).
- [11] D. Strakova, Energy Poverty in Slovakia, 2014.

- doi:<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2546758>.
- [12] Departement of Energy and Climate Change (DECC), Fuel Poverty Methodology Handbook, (2010).
  - [13] Departement of Energy and Climate Change (DECC), Annual Report on Fuel Poverty Statistics, (2013).
  - [14] European Commission, European Fuel Poverty and Energy Efficiency (EPEE) Project, 2009. <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/epee> (accessed June 11, 2016).
  - [15] J.D. Healy, J.P. Clinch, Quantifying the severity of fuel poverty, its relationship with poor housing and reasons for non-investment in energy-saving measures in Ireland, *Energy Policy*. 32 (2004) 207–220.
  - [16] S. Tirado Herrero, J.L. López Fernández, P. Martín Gracia, Energy poverty in Spain. Employment generation potential derived from housing rehabilitation, 1<sup>a</sup>, Madrid, 2012.
  - [17] S. Tirado Herrero, L. Jiménez Meneses, J.L. López Fernández, J. Martín Gracia, E. Perero Van Hove, Energy poverty in Spain. Trend analysis, 1<sup>a</sup>, Madrid, 2014.
  - [18] S. Tirado Herrero, L. Jiménez Meneses, J.L. López Fernández, E. Perero Van Hove, V.M. Irigoyen Hidalgo, P. Savary, Poverty, vulnerability and energy inequality. New approaches to analysis, 1<sup>a</sup>, Madrid, 2016.
  - [19] J. Hills, Getting the measure of fuel poverty. Final Report of the Fuel Poverty Review. Centre for the Analysis of Social Exclusion, London, 2012.
  - [20] R. Moore, Definitions of fuel poverty: Implications for policy, *Energy Policy*. 49 (2012) 19–26. doi:10.1016/j.enpol.2012.01.057.
  - [21] J.D. Healy, Excess winter mortality in Europe: a cross country analysis identifying key risk factors, *Journal of Epidemiology & Community Health*. 57 (2003) 784–789. doi:10.1136/jech.57.10.784.
  - [22] J.C. Romero, P. Linares, X. López Otero, X. Labandeira, A. Pérez Alonso, Energy poverty in Spain. Economic analysis and proposals for action, Madrid, 2015.
  - [23] S. Bouzarovski, S. Petrova, A global perspective on domestic energy deprivation: Overcoming the energy poverty-fuel poverty binary, *Energy Research and Social Science*. 10 (2015) 31–40. doi:10.1016/j.erss.2015.06.007.
  - [24] D.S. Shonali Pachauri, Energy Use and Energy Access in Relation to Poverty, *Economic and Political Weekly*. 39 (2004) 271–278.
  - [25] S. Tirado Herrero, D. Üрге-Vorsatz, Trapped in the heat: A post-communist type of fuel poverty, *Energy Policy*. 49 (2012) 60–68.

- doi:10.1016/j.enpol.2011.08.067.
- [26] M. Bazilian, A. Sagar, R. Detchon, K. Yumkella, More heat and light, *Energy Policy*. 38 (2010) 5409–5412. doi:10.1016/j.enpol.2010.06.007.
- [27] F. Birol, Energy Economics: A Place for Energy Poverty in the Agenda?, *Energy Journal*. 28 (2007) 1–6.
- [28] S. Bouzarovski, Stefan, Petrova, Saska and Tirado-Herrero, From Fuel Poverty to Energy Vulnerability: The Importance of Services, Needs and Practices, Sciences Policy Research Unit Working Paper 2014; 25: 1-28.
- [29] G. O'Brien, A. Hope, Localism and energy: Negotiating approaches to embedding resilience in energy systems, *Energy Policy*. 38 (12) (2010) 7550-7558.
- [30] M. Welsh, Resilience and responsibility: governing uncertainty in a complex world, *The Geographical Journal*. 180 (2014) 15–26. doi:10.1111/geoj.12012.
- [31] S. Paugan, The spiral of precariousness: a multidimensional approach to the process of social disqualification in France, Policy Press. (1995) 47–79.
- [32] J. Hills, Fuel Poverty: The Problem and its Measurement – Interim Report of the Fuel Poverty Review, CASE Report 69, 2011.
- [33] C. Liddell, The impact of Fuel Poverty on Children, Save the Children. (2008).
- [34] R. Schuessler, Energy Poverty Indicators: Conceptual Issues, Centre for European Economic Research (ZEW), Discussion Paper Series. 14 (14) (2014) 37.
- [35] J. Bradshaw, S. Middleton, A. Davis, N. Oldfield, N. Smith, L. Cusworth, J. Williams, A Minimum Income Standard for Britain: What people think., Joseph Rowntree Foundation, York, 2008.
- [36] D.S. Johnson, J.M. Rogers, L. Tan, A Century of Family Budgets in the United States, *Monthly Labor Review*. (2001) 28–45.
- [37] I. Preston, V. White, K. Blacklaws, D. Hirsh, Fuel and poverty: A Rapid Evidence Assessment for the Joseph Rowntree Foundation, Bristol, 2014.
- [38] L. Middlemiss, A critical analysis of the new politics of fuel poverty in England, *Critical Social Policy*. 37 (2016) 425–443.
- [39] P. Heindl, Measuring Fuel Poverty: General Considerations and Application to German Household Data, *Finanz Arch*. 71 (2015) 178–215. doi:10.1628/001522115X14285723527593.
- [40] K. Rademaekers, J. Yearwood, A. Ferreira, S. Pye, P. Ian Hamilton, D.G. Agnolucci, J. Karásek, N. Anisimova, Selecting Indicators to Measure Energy Poverty, Rotterdam, 2016.
- [41] S. Friel, Housing, Fuel Poverty and Health: A Pan-european

- Analysis, *Health Sociology Review*. 30 (2006) 194–195. doi:10.5172/hesr.2007.16.2.195.
- [42] European Commission, *European Union Statistics on Income and Living Conditions (EU-SILC)*, Eurostat. (2014).
- [43] Spanish National Statistics Institute., *Survey on Living Conditions (SLC)*, Madrid, 2014.
- [44] B. Legendre, O. Ricci, Measuring fuel poverty in France: which households are the most vulnerable?, *Energy Economics*. 49 (2014) 620–628. doi:10.1016/j.eneco.2015.01.022.
- [45] R. Miniaci, C. Scarpa, P. Valbonesi, *Fuel Poverty and the Energy Benefits System: The Italian Case*, Milano, 2014.
- [46] S. Bouzarovski, J. Cauvain, Spaces of exception: governing fuel poverty in England’s multiple occupancy housing sector, *Space and Polity*. (2016). doi:10.1080/13562576.2016.1228194.
- [47] R. Walker, P. McKenzie, C. Liddell, C. Morris, Area-based targeting of fuel poverty in Northern Ireland: An evidenced-based approach, *Applied Geography*. 34 (2012) 639–649. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.04.002.
- [48] R. Walker, C. Liddell, P. McKenzie, C. Morris, Evaluating fuel poverty policy in Northern Ireland using a geographic approach, *Energy Policy*. 63 (2013) 765–774. doi:10.1016/j.enpol.2013.08.047.
- [49] R. Walker, P. McKenzie, C. Liddell, C. Morris, Estimating fuel poverty at household level: An integrated approach, *Energy and Buildings*. 80 (2014) 469/479. doi:10.1016/j.enbuild.2014.06.004.
- [50] T. Hatt, G. Saelzer, R. Hempel, A. Gerber, High indoor comfort and very low energy consumption through the implementation of the Passive House standard in Chile, *Revista de la Construcción*. 11 (2012) 123–134. doi:10.4067/S0718-915X2012000200011.
- [51] P.W. Martínez, M.T. Kelly, Integration of performance criteria in the energy-environmental improvement of existing social housing in Chile, *Ambiente Construido*. 15 (2015) 47–63. doi:10.1590/s1678-86212015000200013.
- [52] T. Van Hooff, B. Blocken, J.L.M. Hensen, H.J.P. Timmermans, Reprint of: On the predicted effectiveness of climate adaptation measures for residential buildings, *Building and Environment*. 83 (2015) 142–158. doi:10.1016/j.buildenv.2014.10.006.
- [53] J. Butcher, *Fuel Poverty How To Improve Health and Wellbeing Through Action on Affordable Warmth*, UK Health Forum 2014, London, 2014.
- [54] D. Kolokotsa, M. Santamouris, Review of the indoor environmental quality and energy consumption studies for low income households in Europe, *Science of the Total*

- Environment. 536 (2015) 316–330. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.07.073.
- [55] A.. Vilches, Á.. Barrios Padura, M.. Molina Huelva, Retrofitting of homes for people in fuel poverty: Approach based on household thermal comfort, *Energy Policy*. 100 (2017) 283–291. doi:10.1016/j.enpol.2016.10.016.
- [56] UNE-EN ISO 7730:2006. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, 2006.
- [57] A.M. Omer, Renewable building energy systems and passive human comfort solutions, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12 (2008) 1562–1587. doi:10.1016/j.rser.2006.07.010.
- [58] A. Sayigh, A.H. Marafia, Chapter 1—Thermal comfort and the development of bioclimatic concept in building design, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2 (1998) 3–24. doi:10.1016/S1364-0321(98)00009-4.
- [59] L. der Perre, R. Ness, S. Thoen, P. Vandenameele, M. Engels, Understanding the indoor environment, in: M. Engels (Ed.), *Wirel. OFDM Syst. How to Make Them Work.*, Springer US, Boston, MA, 2002: pp. 11–31. doi:10.1007/0-306-47685-1\_2.
- [60] W. Heijs, P. Stringer, Research on residential thermal comfort: some contributions from environmental psychology, *Journal of Environmental Psychology*. 8 (1988) 235–247. doi:10.1016/S0272-4944(88)80012-4.
- [61] P. M. Bluysen, *The Healthy Indoor Environment: How to assess occupants' wellbeing in buildings*, New York, 2014.
- [62] B.W. Olesen, M. Scholer, F. P.O., “Discomfort caused by vertical air temperature differences,” in: Danish Building Institute (Ed.), *Indoor Clim.*, Fanger P.O, Copenhagen, 1979.
- [63] D.P. Wvon, M. Sandberg, Discomfort due to Vertical Thermal Gradients, *Indoor Air* 1996. 6 (1996) 48–54. doi:10.1111/j.1600-0668.1996.t01-3-00006.x.
- [64] H. Zhang, C. Huizenga, E.A. Arens, T. Yu, Modeling thermal comfort in stratified environments, *Center for the Built Environment UC Berkeley*. (2005) 133–137. doi:10.1016/j.enbuild.2013.06.009.Keywords.
- [65] P. M. Bluysen, Understanding the indoor environment, in: Inaug. Speech May 22, 2013 Faculty of Architecture of the Delft University of Technology, 2013.
- [66] R.J. De Dear, G.S. Brager, Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revision to ASHRAE standards 55, *Energy and Buildings*. 34 (2002) 549–561.
- [67] L. Fang, P. Wargocki, T. Witterseh, G. Clausen, P.O. Fanger, Field study on the impact of temperature, humidity and

- ventilation on perceived air quality, in: Proc. Indoor Air'99a, Vol. 2, Edinburgh, Scotland, 1999: pp. 107–112.
- [68] G. Gan, Analysis of mean radiant temperature and thermal comfort, *Building Services Engineering Research and Technology*. 22 (2001) 95–101.
- [69] R. Bean, Thermal Comfort: Indeed a Condition of Mind, Healthy Heating. Educational Resource Site. (2012). Available at [http://www.healthyheating.com/Definitions/MeanRadiant.htm#.W\\_AzdZS2LTIV](http://www.healthyheating.com/Definitions/MeanRadiant.htm#.W_AzdZS2LTIV).
- [70] S. Schiavon, A.K. Melikov, Energy saving and improved comfort by increased air movement, *Energy and Buildings*. 40 (2008) 1954–1960. doi:10.1016/j.enbuild.2008.05.001.
- [71] V. Abrahamson, J. Wolf, I. Lorenzoni, B. Fenn, S. Kovats, P. Wilkinson, W.N. Adger, R. Raine, Perceptions of heatwave risks to health: interview-based study of older people in London and Norwich, UK, *Journal of Public Health*. 31 (2009) 119–126. doi:10.1093/pubmed/fdn102.
- [72] R.C. Hawkins, Human temperature regulation and the perception of thermal comfort, *Dissertation Abstracts International*. 36 (1976).
- [73] N. Hashiguchi, Y. Feng, Y. Tochihara, Gender differences in thermal comfort and mental performance at different vertical air temperatures, *European Journal of Applied Physiology*. 109 (2010) 41–48. doi:10.1007/s00421-009-1158-7.
- [74] C. Huizenga, Z. Hui, E. Arens, A model of human physiology and comfort for assessing complex thermal environments, *Building and Environment*. 36 (2001) 691–699. doi:10.1016/S0360-1323(00)00061-5.
- [75] S. Karjalainen, Thermal comfort and gender: a literature review, *Indoor Air*. 22 (2012) 96–109. doi:10.1111/j.1600-0668.2011.00747.x.
- [76] N.A. Oseland, Predicted and reported thermal sensation in climate chambers, offices and homes, *Energy and Buildings*. 23 (1995) 105–115. doi:10.1016/0378-7788(95)00934-5.
- [77] P.O. Fanger, J. Toftum, Thermal comfort in the future—excellence and expectation, in: *Moving Thermal Comfort Standards into the 21st Century*, Windsor, UK, 2001: pp. 11–19.
- [78] S. Burch, S. Ramadhyani, J. Pearson, Analysis of passenger thermal comfort in an automobile under severe winter conditions, *ASHRAE Trans*. 97 (1991) 11.
- [79] D.D. Richard, Thermal Comfort In Natural Ventilation - A Neurophysiological Hypothesis, in: *Adapting to Change: New Thinking on Comfort*, London, 2010. Available at <https://es.scribd.com/document/96814112/37-01-05-de-Dear>.
- [80] A. Sánchez-Guevara Sánchez, Carmen; Neila Gonzalez,

- Francisco Javier and Hernández Aja, Towards a fuel poverty definition for Spain, in: World Sustainable Building Conference 2014, Barcelona, 2014: pp. 11–17.
- [81] ASHRAE (2013) ANSI/ASHRAE Standard 55-2013, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, Atlanta, 2013.
- [82] BS/EN 15251:2007, Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, London: BSI, 2007, n.d.
- [83] Department for Communities and Local Government, English House Condition Survey 2004, London, 2004.
- [84] P. Florio, O. Teissier, Estimation of the Energy Performance Certificate of a housing stock characterised via qualitative variables through a typology-based approach model: A fuel poverty evaluation tool, *Energy and Buildings*. 89 (2015) 39–48. doi:10.1016/j.enbuild.2014.12.024.
- [85] K. Fabbri, Building and fuel poverty, an index to measure fuel poverty: An Italian case study, *Energy*. 89 (2015) 244–258. doi:10.1016/j.energy.2015.07.073.
- [86] C. Claret, F. López, Proyecto RELS: Rehabilitación energética de viviendas. Casos pilotos en Cataluña, 10 Junio 2015. (2015) 43. <http://www.coac.net/aus/bloc/?p=4324> (accessed February 10, 2016).
- [87] SQUARE - A System for Quality Assurance when Retrofitting Existing Building to Energy Efficient Buildings. “Quality Assurance System for Improvement of Indoor Environment and Energy Use when Retrofitting Social Housing”, Sweden, 2012. <http://www.iee-square.eu>.
- [88] Spanish National Statistics Institute., At Risk of Poverty and/or Exclusion (AROPE indicator), Europe 2020 strategy, Madrid National Statistics Institute. (2015).
- [89] OECD. (2013), OECD framework for statistics on the distribution of household income, consumption and wealth, París, n.d.
- [90] H. Thomson, S. Bouzarovski, C. Snell, Rethinking the measurement of energy poverty in Europe: A critical analysis of indicators and data, *Indoor and Built Environment*. (2017) 1–23. doi:10.1177/1420326X17699260.
- [91] Anthony Threlfall, Understanding the costs and benefits of fuel poverty interventions: A pragmatic economic evaluation from Greater Manchester, Manchester, 2011.
- [92] A. V Barker, A.A.V.B.B. A, M. Sc, D.M.S.P.G. Dip, Assessment of the Impact on Health and Health Costs due to Fuel Poverty in Bolton, Bolton, 2011.
- [93] Julia Earnshaw, G. Lewis, Guide to the methods of technology appraisal, *PharmacoEconomic*. 26 (2008) 725–727.



- [94] G.W. Torrance, D. Feeny, Utilities and Quality-Adjusted Life Years, *International Journal of Technology Assessment in Health Care*. 5 (2009) 559. doi:10.1017/S0266462300008461.
- [95] C. Phillips, *What is a QALY?*, London: Hayward Medical Communications. NPR09/1265 (2009) 6.
- [96] M. Malek, Implementing QALYs, *Evidence Based Medicine*. 2 (2001) 1–8. doi:10.1007/s10640-004-7437-1.
- [97] B. van Hout, M.F. Janssen, Y.-S. Feng, T. Kohlmann, J. Busschbach, D. Golicki, A. Lloyd, L. Scalone, P. Kind, A.S. Pickard, Interim scoring for the EQ-5D-5L: mapping the EQ-5D-5L to EQ-5D-3L value sets, *Value Health*. 15 (2012) 708–15. doi:10.1016/j.jval.2012.02.008.
- [98] R.R. Pinto JL, How much worth spending to win a year of quality-adjusted life? An empirical study, in: D.E. Puig-Junoy J, Pinto JL (Ed.), *El Valor Monetario de la Salud*, Springer-V, Barcelona, 2001: pp. 49–91.
- [99] J. a. Sacristán, J. Oliva, J. Del Llano, L. Prieto, J.L. Pinto, What is an efficient health technology in Spain?, *Gaceta Sanitaria*. 2002. 16 (n.d.) 334–343. doi:10.1016/S0213-9111(02)71933-X.
- [100] R. Pradas Velasco, F.A. Villar, M. Puy Martínez-Zárate, Using European Quality of Life Questionnaire-5 Dimensions (EQ-5D) to assess the variation in quality of life related to health due to flu, *Gaceta Sanitaria*. 2009. 23 (n.d.) 104–108.
- [101] G.M. Huebner, M. McMichael, D. Shipworth, M. Shipworth, M. Durand-Daubin, A. Summerfield, Heating patterns in English homes: Comparing results from a national survey against common model assumptions, *Building and Environment*. 70 (2013) 298–305. doi:10.1016/j.buildenv.2013.08.028.
- [102] D. Butler, G. Sherriff, 'It's normal to have damp': Using a qualitative psychological approach to analyse the lived experience of energy vulnerability among young adult households, *Indoor and Built Environment*. 26 (2017) 964–979. doi:10.1177/1420326X17708018.
- [103] A. Ambrose, L. McCarthy, J. Pinder, *Energy (In)Efficiency: what tenants expect and endure in private rented housing*, Rotherham, 2016.
- [104] K.M. Brunner, M. Spitzer, A. Christanell, Experiencing fuel poverty. Coping strategies of low-income households in Vienna/Austria, *Energy Policy*. 49 (2012) 53–59. doi:10.1016/j.enpol.2011.11.076.
- [105] R. Mould, K.J. Baker, Documenting fuel poverty from the householders' perspective, *Energy Research and Social Science*. 31 (2017) 21–31. doi:https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.06.004.
- [106] I. Hamilton, J. Milner, Z. Chalabi, P. Das, B. Jones, C.

- Shrubsole, M. Davies, P. Wilkinson, Health effects of home energy efficiency interventions in England: a modelling study, *BMJ Open*. 5 (2015). doi:10.1136/bmjopen-2014-007298.
- [107] L.M. Osman, J.G. Ayres, C. Garden, K. Reglitz, J. Lyon, J.G. Douglas, G. Kyle, K. Milne, A. Ludbrook, The effect of energy efficiency improvement on health status of COPD patients, Aberdeen, 2007.
- [108] WARMWORKS. Annual Report 2016/2017. A national scale, a lasting impact, Edinburgh, Scotland, n.d.
- [109] Gobierno de España (Government of Spain), Real Decreto 2429/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios, Boletín Oficial del Estado (BOE), España, 1979.
- [110] D. Sánchez-García, C. Sánchez-Guevara, El enfoque adaptativo del confort térmico en Sevilla. Trabajo de Fin de Máster. Máster en Medio Ambiente y Arquitectura Bioclimática, Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Arquitectura, 2015.
- [111] Institute for the diversification and saving of energy, User manual program energy rating of existing buildings CE3, Ministry of Industry, Energy and Tourism, Madrid, 2013.
- [112] Institute for the diversification and saving of energy, Energy rating scale for existing buildings, Madrid, 2013.
- [113] Spanish National Statistics Institute., Continuous Household Survey, Madrid, 2014.
- [114] Spanish National Statistics Institute., Spanish Household Budget Survey (HBS), Madrid, 2014.
- [115] Department Euroval estate studies., Study market rental housing for Sevilla capital., (n.d.). <http://www.euroval.com/temp/754.pdf>. (accessed January 1, 2016).
- [116] Municipalities of the Aljarafe, Regulatory standard tariffs for the provision of water supply and sanitation services, Official Gazette of the province of Seville, Seville, 2015.
- [117] D. Sánchez-García, C. Sánchez-Guevara, C. Rubio-Bellido, The adaptive approach to thermal comfort in Seville, *Anales de la Edificación*. 2015. 2 (n.d.) 38–48.
- [118] Gobierno de España (Government of Spain), Real Decreto 1171/2015, de 29 de Diciembre, por el que se fija el salario mínimo interprofesional para 2016 (Minimum wage for 2016), Boletín Oficial del Estado (BOE), España, 2016.
- [119] Eurostat, At-risk-of-poverty thresholds - EU-SILC survey., (n.d.). [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc\\_li01&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=ilc_li01&lang=en). (accessed December 26, 2016).
- [120] Gobierno de España (Government of Spain), Real Decreto-ley

- 1/2013, de 25 de Enero, por el que se prorroga el programa de recualificación profesional de las personas que agoten su protección por desempleo y se adoptan otras medidas urgentes para el empleo y la protección social de las personas des, Boletín Oficial del Estado (BOE), España, 2013.
- [121] Institute for the diversification and saving of energy., Analysis of energy consumption in the residential sector in Spain, Seville, 2013.
- [122] R. Castaño-Rosa, Module of Investments for Energy Efficiency of Buildings: Review and Application to Fuel Poverty Indicator, ETSIE, Seville, 2013.
- [123] Department of Energy and Climate Change (DECC), Annual fuel poverty statistics report 2017, London, 2017. Available at <https://www.gov.uk/government/collections/fuel-poverty-statistics>.
- [124] S.T. Herrero, Energy poverty indicators: A critical review of methods, *Indoor and Built Environment*. 26 (2017) 1018–1031. doi:10.1177/1420326X17718054.
- [125] T. Sefton, AIMING HIGH - An evaluation of the potential contribution of Warm Front towards meeting the Government's fuel poverty target in England, London, 2004. Available at <https://www.eagacharitytrust.org/app/uploads/2016/03/case-sefton-eagapct-finalreport031104.pdf>.
- [126] E. and I.S. Department for Business, NATIONAL ENERGY EFFICIENCY DATA-FRAMEWORK (NEED), London, 2017.
- [127] M.A. Humphreys, J.F. Nicol, Understanding the adaptive approach to thermal comfort, in: Anon (Ed.), ASHRAE, Oxford Univ, Oxford, United Kingdom, 1998: pp. 991–1004.
- [128] D. Ormandy, V. Ezratty, Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies, *Energy Policy*. 49 (2012) 116–121. doi:10.1016/j.enpol.2011.09.003.
- [129] National Institute for Health and Care Excellence (NICE), Appraising life-extending, end of life treatments, (2009).
- [130] W. Olsen, Triangulation in Social Research: Qualitative and Quantitative Methods Can Really Be Mixed, *Developments in Sociology*. (2004) 1–30. doi:10.1002/jhbs.20022.
- [131] M. Patton, *Qualitative Evaluation and Research Methods. Integrating Theory and Practice*. SAGE Publications, 4<sup>th</sup>, United States, 2001: pp. 832. ISBN: 978-1412972123.
- [132] M. Given, Lisa, *The SAGE Encyclopedia of Qualitative research Methods*. Vol. 1 y 2, London, 2008: pp. 1043. doi:10.4135/9781412963909.
- [133] National Records of Scotland, *Research: Catalogues and Indexes*, (2016). Available at <https://www.nrscotland.gov.uk/research/catalogues-and-indexes>

- (accessed February 14, 2018).
- [134] Scottish Government, Guidance to Local Authorities on Fuel Poverty, n.d. 2009: pp. 29. Available at <http://www.gov.scot/resource/doc/273887/0081849.pdf>.
  - [135] J. Adams, V. Ryan, M. White, How accurate are Townsend Deprivation Scores as predictors of self-reported health?. A comparison with individual level data, *Journal of Public Health (Oxf)*. 27 (2005) 101–106. doi:10.1093/pubmed/fdh193.
  - [136] A. Niggebrugge, R. Haynes, A. Jones, A. Lovett, I. Harvey, The index of multiple deprivation 2000 access domain: a useful indicator for public health?, *Social Science and Medicine*. 60 (2005) 2743—2753. doi:10.1016/j.socscimed.2004.11.026.
  - [137] Department of the Environment Transport and the Regions (DETR), *Measuring Multiple Deprivation at the Small Area Level: The Indices of Deprivation 2000*, London, 2000.
  - [138] W. Baker, G. Starling, D. Gordon, *Predicting Fuel Poverty at the Local Level: Final report on the development of the Fuel Poverty Indicator*, Centre for Sustainable Energy (CSE), Bristol, 2003.
  - [139] C. Robinson, S. Bouzarovski, S. Lindley, 'Getting the measure of fuel poverty': The geography of fuel poverty indicators in England, *Energy Research and Social Science*. 36 (2018) 79–93. doi:<https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.09.035>.
  - [140] S.G. Howieson, M. Hogan, Multiple deprivation and excess winter deaths in Scotland, *The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*. 125 (2005) 18–22. doi:10.1177/146642400512500110.
  - [141] Department for Communities and Local Government, *English Housing Survey, 2015: Housing costs and affordability*, London, 2017.
  - [142] Department for Communities and Local Government, *English Housing Survey, 2015: Housing Stock Data*, London, 2017. <http://doi.org/10.5255/UKDA-SN-8186-1> (accessed January 25, 2018).
  - [143] Salford City Council, *Strategic Housing Market Assessment*, Salford, 2012. Available at <https://www.salford.gov.uk/planning-building-and-regeneration/planning-policies/research-and-monitoring/housing/strategic-housing-market-assessment-shma/>.
  - [144] Salford City Council, *Broughton Ward Profile*, Salford, 2016. Available at <https://www.salford.gov.uk/people-communities-and-local-information/my-local-community/ward-profiles/>.
  - [145] Consumer Data Research Centre (CDRC), *Consumer Data Research Centre Maps*, (2018). [https://maps.cdrc.ac.uk/#/metrics/epc\\_current/default/BTTTTFTT/11/-2.3458/53.4516/](https://maps.cdrc.ac.uk/#/metrics/epc_current/default/BTTTTFTT/11/-2.3458/53.4516/) (accessed February 17, 2018).

- [146] The Area Based Analysis Unit. Office for National Statistics 1, Understanding patterns of deprivation, Regional Trends. 41 (2009) 93–114. doi:10.1057/rt.2009.7.
- [147] H. England, Energy Efficiency and Historic Buildings, Application of Part L of the Building Regulations to historic and traditionally constructed buildings, 2017th ed., Historic England, 2017: pp.1-44.
- [148] Department For Communities and Local Government, Energy Performance of Buildings Data: England and Wales, (n.d.). <https://epc.opendatacommunities.org/docs/guidance> (accessed February 18, 2018).
- [149] BRE Group, Building Typology Brochure England, TABULA Project, 2014. Available at <http://episcopes.eu/communication/download/>.
- [150] DesignBuilder, (2017). <https://www.designbuilder.com/> (accessed January 25, 2018).
- [151] EnergyPlus, EnergyPlus 7.0. (2017). <https://energyplus.net/> (accessed January 23, 2018).
- [152] TABULA Web Tool, Build. Typology Brochure of England. (2016). <http://webtool.building-typology.eu/#bm> (accessed January 24, 2018).
- [153] Building Research Establishment, The government's standard assessment procedure for energy rating of dwellings (SAP 2012), (2013).
- [154] Department for Business Energy and Industrial Strategy, English Housing Survey: Fuel Poverty Dataset, 2015, London, 2017. <http://doi.org/10.5255/UKDA-SN-8228-1> (accessed January 25, 2018).
- [155] UK Census Data, Salford, Broughton, (2011). Available at <http://www.ukcensusdata.com/broughton-e05000761#sthash.xYTcukSg.dpbs> (accessed February 18, 2018).
- [156] HM Revenue and Customs (HMRC), Personal Incomes Statistics 2014-15, London, 2017.
- [157] Average annual water and sewerage charges across England and Wales households, Water Discov. (2018). <https://discoverwater.co.uk/annual-bill> (accessed January 23, 2018).
- [158] The Office of the Deputy Prime Minister, Housing Health and Safety Rating System. Operating Guidance, (2006) 1–185.
- [159] I. Watson, J. Hulme, What do cold homes cost a country?, ENACT. ENERGY ACTION Project. (2018). <http://www.coldathome.today/what-do-cold-homes-cost-a-country> (accessed February 23, 2018).
- [160] C. Liddell, C. Morris, Fuel poverty and human health: A review

- of recent evidence, *Energy Policy*. 38 (2010) 2987–2997. doi:10.1016/j.enpol.2010.01.037.
- [161] P. Brown, W. Swan, S. Chahal, Retrofitting social housing: reflections by tenants on adopting and living with retrofit technology, *Energy Efficiency*. 7 (2014) 641–653. doi:10.1007/s12053-013-9245-3.
- [162] UK Government (GOV.UK), Winter Fuel Payment, (n.d.). <https://www.gov.uk/winter-fuel-payment> (accessed February 22, 2018).
- [163] J. Iparraguirre, Have winter fuel payments reduced excess winter mortality in England and Wales?, *Journal of Public Health (Bangkok)*. 37 (2015) 26–33. <http://dx.doi.org/10.1093/pubmed/fdu063>.
- [164] UK Government (GOV.UK), Cold Weather Payment, (n.d.). <https://www.gov.uk/cold-weather-payment> (accessed February 22, 2018).
- [165] UK Government (GOV.UK), Warm Home Discount Scheme, (n.d.). <https://www.gov.uk/the-warm-home-discount-scheme> (accessed February 22, 2018).
- [166] European Public Service Union (EPSU), The EU Parliament has included important measures to fight energy poverty but ruled out concrete measures to protect the most vulnerable, (2018). <https://www.epsu.org/article/european-parliament-fails-define-energy-poverty> (accessed February 25, 2018).
- [167] N. Shortt, J. Rugkasa, “The walls were so damp and cold” fuel poverty and ill health in Northern Ireland: results from a housing intervention., *Health and Place*. 13 (2007) 99–110. doi:10.1016/j.healthplace.2005.10.004.
- [168] J. Evans, S. Hyndman, S. Stewart-Brown, D. Smith, S. Petersen, An epidemiological study of the relative importance of damp housing in relation to adult health, *Journal of Epidemiology and Community Health*. 54 (2000) 677–686. doi:10.1136/jech.54.9.677.
- [169] S. Hajat, W. Bird, A. Haines, Cold weather and GP consultations for respiratory conditions by elderly people in 16 locations in the UK. *European Journal of Epidemiology*. 19 (10) (2004) 959–968.
- [170] J. Rudge, Indoor cold and mortality, in: D. Braubach, M., Jacobs, D.E., Ormandy (Ed.), *Environment Burden of Disease Associated with Inadequate Housing. Methods for Quantifying Health Impacts of Selected Housing Risks in the WHO European Region*, WHO Europe, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2011: pp. 81–95.
- [171] P. Wilkinson, M. LandonSimon Stevenson, Housing and winter death: epidemiological evidence, in: J. Rudge, F. Nicol (Eds.),

- Cut. Cost Cold Afford. Warmth Heal. Homes, Taylor & Francis, London, 2000.
- [172] G.W. Evans, Housing quality and mental health, in: D. Braubach, M., Jacobs, D.E., Ormandy (Ed.), Environment Burden of Disease Associated with Inadequate Housing. Methods for Quantifying Health Impacts of Selected Housing Risks in the WHO European Region, WHO Europe, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2011: pp. 173–177.
- [173] J. Rudge, R. Gilchrist, Measuring the health impact of temperatures in dwellings: Investigating excess winter morbidity and cold homes in the London Borough of Newham, Energy and Buildings. 39 (2007) 847–858. doi:<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2007.02.007>.
- [174] P. Wilkinson, M. Landon, B. Armstrong, S. Stevenson, M. McKee, Cold comfort: the social and environmental determinants of excess winter death in England, 1986-1996, Bristol: P, Joseph Rowntree Foundation, York, 2001.
- [175] V. Press, Fuel poverty + health. A guide for primary care organisations, and public health and primary care professionals, (2003) 1–69.
- [176] Public Health England, The Cold Weather Plan for England Protecting health and reducing harm from cold weather, (2014) 1–56.
- [177] M. Afza, S. Bridgman, Winter emergency pressures for the NHS: Contribution of respiratory disease, experience in North Staffordshire district, Journal of Public Health Medicine. 23 (2001) 312–313.
- [178] S. Hajat, R.S. Kovats, K. Lachowycz, Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk?, Occupational and Environmental Medicine. 64 (2) (2007) 93–100. doi:10.1136/oem.2006.029017.
- [179] Public Health England, Local action on health inequalities: fuel poverty and cold home-related health problems. Health Equity Evidence Review 7, (2014) 1–40.
- [180] G. Green, J. Gilbertson, Warm Front Better Health - Health Impact Evaluation of the Warm Front Scheme, Centre for Regional, Economic and Social Research. Sheffield Hallam University, 2008.
- [181] V. Mason, M. Roys, The Health Costs of cold dwellings, Watford: BRE, 2011. Available at [https://friendsoftheearth.uk/sites/default/files/downloads/warm\\_homes\\_nhs\\_costs.pdf](https://friendsoftheearth.uk/sites/default/files/downloads/warm_homes_nhs_costs.pdf).
- [182] N. Pierse, R. Arnold, M. Keall, P. Howden-Chapman, J. Crane, M. Cunningham, Modelling the effects of low indoor temperatures on the lung function of children with asthma,

- Journal of Epidemiology and Community Health. 67 (11) (2013) 918–925. doi:10.1136/jech-2013-202632.
- [183] W.J. Fisk, Q. Lei-Gomez, M.J. Mendell, Meta-analyses of the associations of respiratory health effects with dampness and mold in homes, *Indoor Air*. 17 (2007) 284–296. doi:10.1111/j.1600-0668.2007.00475.x.
- [184] K. Collins, Cold, cold housing and respiratory illnesses, in: N. Fergus, J. Rudge (Eds.), *Cutting the Cost of Cold. Affordable Warmth for Healthier Homes*, Taylor & Francis, London, 2000: p. 12.
- [185] J.W. Andriessen, B. Brunekreef, W. Roemer, Home dampness and respiratory health status in european children, *Clinical and Experimental Allergy: journal of the British Society for Allergy and Clinical Immunology*. 28 (1998) 1191–1200.
- [186] O.M. Koskinen, T.M. Husman, T.M. Meklin, A.I. Nevalainen, Adverse health effects in children associated with moisture and mold observations in houses, *International Journal of Environmental Health Research*. 9 (2) (1999) 143–156. doi:10.1080/09603129973281.
- [187] I.J. Williamson, C.J. Martin, G. McGill, R.D. Monie, A.G. Fennerty, Damp housing and asthma: a case-control study, *Thorax*. 52 (1997) 229–234.
- [188] P. Howden-Chapman, A. Matheson, J. Crane, H. Viggers, M. Cunningham, T. Blakely, C. Cunningham, A. Woodward, K. Saville-Smith, D. OtextquoterightDea, M. Kennedy, M. Baker, N. Waipara, R. Chapman, G. Davie, Effect of insulating existing houses on health inequality: cluster randomised study in the community, *BMJ*. 334 (2007) 460. doi:10.1136/bmj.39070.573032.80.
- [189] P.R. Woodhouse, K.T. Khaw, M. Plummer, A. Foley, T.W. Meade, Seasonal variations of plasma fibrinogen and factor VII activity in the elderly: winter infections and death from cardiovascular diseases., *Lancet (London, England)*. 343 (1994) 435–439.
- [190] K.J. Collins, J.C. Easton, H. Belfield-Smith, A.N. Exton-Smith, R.A. Pluck, Effects of age on body temperature and blood pressure in cold environments, *Clinical Science (London, England)*. 69 (1985) 465–470.
- [191] J. Milner, Z. Chalabi, P. Wilkinson, B. Armstrong, J. Cairns, P. Das, M. Davies, S. Duffy, B. Eggen, S. Hajat, I. Hamilton, L. Jones, M. Petticrew, N. Scovronik, J. Taylor, S. Vardoulakis, Evidence review and economic analysis of excess winter deaths. Review 1: Factors determining vulnerability to winter- and cold-related mortality/morbidity, (2014) 1–269.
- [192] P.J. Neild, D. Syndercombe-Court, W.R. Keatinge, G.C.



- Donaldson, M. Mattock, M. Caunce, Cold-induced increases in erythrocyte count, plasma cholesterol and plasma fibrinogen of elderly people without a comparable rise in protein C or factor X, *Clinical Science*. (London, England). 86 (1994) 43–48.
- [193] W.R. Keatinge, S.R. Coleshaw, F. Cotter, M. Mattock, M. Murphy, R. Chelliah, Increases in platelet and red cell counts, blood viscosity, and arterial pressure during mild surface cooling: factors in mortality from coronary and cerebral thrombosis in winter, *British Medical Journal (Clinical Research Ed)*. 289 (1984) 1405–1408.
- [194] S. Platt, R. Mitchell, J. Walker, J. Hopton, *The Scottish Executive Central Heating Programme: Assessing Impacts on Health*, Edinburgh, Scotland, 2007. Available at <http://www.gov.scot/Resource/Doc/166025/0045176.pdf>.
- [195] Public Health England, *Cold weather Plan for England. Making the case: why long-term strategic planning for cold weather is essential to health and wellbeing*, (2014) 1–56. Available at [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/652568/Cold\\_Weather\\_Plan\\_Making\\_the\\_Case\\_2017.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/652568/Cold_Weather_Plan_Making_the_Case_2017.pdf).
- [196] L. Harker, *Chance of a lifetime: The impact of housing on children's lives*, Shelter, London, 2006.
- [197] G.W. Evans, H. Saltzman, J.L. Cooperman, *Housing Quality and Children's Socioemotional Health*, *Environment and Behaviour*. 33 (3) (2001) 389–399. doi:10.1177/00139160121973043.
- [198] NEA and The Children's Society (for National Grid Affordable Warmth Solutions), *Making a House a Home: Providing affordable warmth solutions for children and families living in fuel poverty*, 2015. Available at <http://www.nea.org.uk/wp-content/uploads/2016/01/Making-a-House-a-Home.pdf>.
- [199] J.L. Hopton, S.M. Hunt, *Housing conditions and mental health in a disadvantaged area in Scotland*, *Journal of Epidemiology and Community Health*. 50 (1) (1996) 56–61.
- [200] C. Grey, S. Jiang, W. Poortinga, *Arbed recipient's views and experiences of living in hard-to-heat, hard-to-treat houses in Wales: results from three focus groups conducted in South Wales*, Cardiff, 2015.
- [201] H. Thomson, S. Thomas, E. Sellstrom, M. Petticrew, *Housing improvements for health and associated socio-economic outcomes*, *The Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2 (2013). doi:10.1002/14651858.CD008657.pub2.
- [202] H. Thomson, *Housing improvements and their health effects*, in: D. Braubach, M., Jacobs, D.E., Ormandy (Ed.), *Environmental burden of disease associated with inadequate housing*. *Methods*

for quantifying health impacts of selected housing risks in the WHO European Region, WHO Europe, WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2011: pp. 179–195.

- [203] T. Beatty, L. Blow, T. Crossley, Is there a “heat or eat” trade-off in the UK?, London, 2011. Available at <https://www.ifs.org.uk/wps/wp1109.pdf>.
- [204] W. Anderson, V. White, “You just have to get by” Coping with low incomes and cold homes, Bristol, 2019.
- [205] G. Sherriff, Changes4Warmth: Lessons Learned & Directions Forward, Salford, 2017.
- [206] A. Stafford, C. Gorse, L. Shao, The Retrofit Challenge: Delivering Low Carbon Buildings, UK, 2011. Available at [http://www.superhomes.org.uk/wp-content/uploads/2012/01/Retrofit\\_Challenge\\_2011.pdf](http://www.superhomes.org.uk/wp-content/uploads/2012/01/Retrofit_Challenge_2011.pdf).

## **SIGLAS**

IHV: Índice de Hogares Vulnerables  
IVH: Index of Vulnerable Homes  
PE: Pobreza Energética  
EP: Energy Poverty  
FP: Fuel Poverty  
LIHC: Low Income High Cost  
MEHV: Modelo de Evaluación de Hogares Vulnerables  
AMVH: Assessment Modelo of Vulnerable Homes  
MIS: Minimum Income Standard  
AFCP: After Fuel Cost Poverty  
OCDE: Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico  
OECD: Organization for Economic Co-operation and Development  
HEP: Hidden Energy Poverty  
EU-SILC: Encuestas de ingresos y condiciones de vida de la Unión Europea  
ECV: Encuestas de percepciones y declaraciones del hogar  
HMOs: Homes in Multiple Occupancy  
GIS: Sistemas de Información Geográfica  
DOE: Department of the Environment  
RELS: Rénovation Energétique des LogementS (Rehabilitación energética de viviendas)  
IPM: Indicador de Pobreza Monetaria  
ARPE: At Risk of Poverty and/or Exclusion  
UPM: Umbral de Pobreza Monetaria  
UPMS: Umbral de Pobreza Monetaria Severa  
I: Ingresos  
B: Beneficios  
GV: Gasto de vivienda  
OG: Otros gastos adicionales en la vivienda  
GARSU: Gastos de agua y gestión de residuos  
RSU: Residuos Sólidos Urbanos  
U: Umbral de pobreza  
WHO: World Health Organization (Organización mundial de la salud)  
IN: Ingresos netos  
IEn: Indicador Energético  
SAP: Standard Assessment Procedure  
CE: Consumo energético requerido  
CME: Mediana del consumo energético requerido  
IC: Indicador de Confort

UC: Umbral de Confort  
AVAC: Años de vida ajustados por calidad  
AWARM: Affordable Warmth Access Referral Mechanism  
NICE: National Institute for Health and Care Excellence  
CAVAC: Coste de años de vidas ajustados por calidad  
SNS: Sistema Nacional de Salud  
NV: Nivel de vulnerabilidad  
IDEA: Instituto para Diversificación y Ahorro de la Energía  
ACS: Agua caliente sanitaria  
EPF: Encuesta de presupuestos familiares  
INE: Instituto Nacional de Estadísticas  
MPI: Monetary Poverty Indicator  
EnI: Energy Indicator  
CI: Confort Indicator  
HRQLC: Health-Related Quality-Life Cost  
MPT: Monetary Poverty Threshold  
SMPT: Severe Monetary Poverty Threshold  
EPC: Energy Performance Certificate  
MEES: Minimum Energy Efficiency Standard  
QALY: Quality-Adjusted Life Year  
IMD: Index of Multiple Deprivation  
HHSRS: Housing Health and Safety System  
TABULA: Typology Approach for Building Stock Energy Assessment  
BRE: Building Research Establishment  
EHS: English Housing Survey  
BPIE: Buildings Performance Institute Europe  
NEED: National Energy Efficiency Data-Framework  
WFP: Winter fuel payments  
EWM: Excess winter mortality  
CWP: Cold weather payments  
WHD: Warm home discount  
SMP: Severe Monetary Poverty  
MP: Monetary Poverty  
NP: No poverty  
IS: Income Support  
JAP: Jobseeker's allowance and personal independence payment  
CB: Child benefits  
CTC: Child tax credit  
MP: maternity/paternity allowance.  
SHUSU: Sustainable Housing & Urban Studies Unit  
ABERG: Applied Buildings and Energy Research Group

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Metodología de la tesis .....	<b>8</b>
<b>Figura 2.</b> Indicador Low Income High Cost (LIHC) .....	<b>21</b>
<b>Figura 3.</b> Factores del confort térmico .....	<b>30</b>
<b>Figura 4.</b> Modelo de Evaluación de Hogares Vulnerables (MEHV)....	<b>37</b>
<b>Figura 5.</b> Niveles de vulnerabilidad del Índice de Hogares Vulnerables (IHV) .....	<b>52</b>
<b>Figura 6.</b> Localización espacial y planta de la vivienda evaluada .....	<b>54</b>
<b>Figura 7.</b> Límites superior e inferior de confort térmico en la fachada sudeste en primavera .....	<b>57</b>
<b>Figura 8.</b> Límites superior e inferior de confort térmico en la fachada sudeste en invierno.....	<b>57</b>
<b>Figure 9.</b> Broughton analysis combining people deprived situation and dwelling characteristics .....	<b>71</b>
<b>Figure 10.</b> Pre-1919 terraced housing .....	<b>72</b>
<b>Figure 11.</b> Dwellings simulation model .....	<b>72</b>
<b>Figure 12.</b> Front bedroom indoor temperature.....	<b>77</b>
<b>Figure 13.</b> Analysis of the savings to the NHS.....	<b>82</b>
<b>Figure 14.</b> Comparative analysis: IVH, LIHC, 10%, HEP and "heating or eating" effect.....	<b>86</b>
<b>Figure 15.</b> Graphic comparative analysis between QALYs for households according to the IVH and evidence .....	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Análisis crítico de los indicadores basados en gastos e ingresos del hogar .....	<b>24</b>
<b>Tabla 2.</b> Resumen de las medidas-indicadores analizados .....	<b>34</b>
<b>Tabla 3.</b> Categorías de confort en función de los tipos de ocupantes y la antigüedad del edificio .....	<b>42</b>
<b>Tabla 4.</b> Ejemplo del cálculo de los AVAC.....	<b>45</b>
<b>Tabla 5.</b> Niveles de vulnerabilidad.....	<b>47</b>
<b>Tabla 6.</b> Características constructivas de la vivienda.....	<b>54</b>
<b>Tabla 7.</b> Datos energéticos de la vivienda .....	<b>55</b>
<b>Tabla 8.</b> Datos económicos del hogar .....	<b>55</b>
<b>Tabla 9.</b> Resumen de los datos para la aplicación del IHV .....	<b>56</b>
<b>Tabla 10.</b> Umbrales de pobreza para Sevilla (España).....	<b>58</b>
<b>Tabla 11.</b> Tanto por ciento de horas de confort .....	<b>59</b>
<b>Tabla 12.</b> Resultados obtenidos tras la aplicación del IHV .....	<b>59</b>
<b>Tabla 13.</b> Escenarios del análisis de sensibilidad de IHV .....	<b>62</b>
<b>Table 14.</b> Monetary thresholds for the UK .....	<b>66</b>
<b>Table 15.</b> QALYs and HRQLC depending on the studied country.....	<b>68</b>
<b>Table 16.</b> Required data for the IVH application .....	<b>68</b>
<b>Table 17.</b> Broughton analysis 2016 .....	<b>70</b>
<b>Table 18.</b> Description of dwelling construction (Pre-1919 terraced house) .....	<b>72</b>
<b>Table 19.</b> Characteristics of dwelling systems .....	<b>73</b>
<b>Table 20.</b> Occupancy profile used in the simulation.....	<b>73</b>
<b>Table 21.</b> Energy data of the dwellings.....	<b>74</b>
<b>Table 22.</b> Characteristics of analysed householders.....	<b>74</b>
<b>Table 23.</b> Income distribution by decile after tax.....	<b>75</b>
<b>Table 24.</b> Results of the MPI depending on the type of household ....	<b>75</b>
<b>Table 25.</b> Results of the EnI depending on the characteristics of dwellings.....	<b>76</b>
<b>Table 26.</b> Analysis hours of comfort by living space .....	<b>77</b>

<b>Table 27.</b> Results of the IVH application .....	<b>78</b>
<b>Table 28.</b> Energy efficiency measures installed .....	<b>79</b>
<b>Table 29.</b> Energy data of the dwellings after the energy efficiency intervention .....	<b>80</b>
<b>Table 30.</b> Results of the EnI after the intervention depending on the characteristics of dwellings .....	<b>80</b>
<b>Table 31.</b> Post-intervention analysis of thermal-comfort hours by living space .....	<b>80</b>
<b>Table 32.</b> Results of the IVH application after the energy efficiency intervention .....	<b>81</b>
<b>Table 33.</b> IVH results after applying financial benefits.....	<b>83</b>
<b>Table 34.</b> Typologies of households analysed .....	<b>92</b>
<b>Table 35.</b> Economic data depending on the type of household.....	<b>93</b>
<b>Table 36.</b> Energy and comfort data depending on the type of dwelling (terraced house) .....	<b>93</b>
<b>Table 37.</b> IVH results and evidence from the survey depending on the type of householders and dwelling .....	<b>94</b>
<b>Table 38.</b> QALY's value according to the IVH and evidence from the survey.....	<b>96</b>

## How effective an energy efficiency intervention is?

I am Raúl Castaño-Rosa, PhD student at the University of Seville, and currently a visiting research student at the University of Salford. This survey, focused on the British context, is part of my PhD research. It aims to assess the level of household vulnerability and their relationship to the quality of life of tenants. You don't have to supply any personal information. (For further details contact [raucasde@alum.us.es](mailto:raucasde@alum.us.es)/[R.Castano@salford.ac.uk](mailto:R.Castano@salford.ac.uk)).

### 1. 1. What city/town/village are you living in?

---

### 2. 2. Indicate members of your household

Mark only one oval per row.

	0	1	2	3	4	5
Children (<16 years old)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adults (between 16-65 years old)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Adults (+65 years old)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Male	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Female	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

### 3. 3. Could you indicate household income per month?

Mark only one oval.

- < 1100 £
- 1100-1400 £
- 1400-1600 £
- 1600-1800 £
- 1800-2100 £
- > 2100 £

### 4. 4. Could you indicate your housing costs (rent or mortgage) per month?

Mark only one oval.

- None
- < 500 £
- 500-700 £
- 700-900 £
- > 900 £



**5. 5. Could you indicate your council taxes per month?**

*Mark only one oval.*

- Don't know
- < 50 £
- 50-150 £
- 150-250 £
- > 250 £

**6. 6. What benefits are you currently receiving?**

*Tick all that apply.*

	Yes	No	Don't know
Bereavement Allowance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Career's Allowance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Child Benefit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Child Tax Credit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Disability Living Allowance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Employment and Support Allowance Work Related Activity Group	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Employment and Support Allowance Support Group	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Housing Benefit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Incapacity Benefit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Income Support	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Industrial Injuries Disablement Benefit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Jobseeker's Allowance	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Maternity / Paternity Allowance / Adoption Pay	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Personal Independence Payment	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Statutory Sick Pay	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Universal Credit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Working Tax Credit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Other	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**7. 7. Could you indicate whether you have other additional health expenditures per month (disable relative expenditure, health drug expenditure, health insurance, etc.)?**

*Mark only one oval.*

- Don't know
- < 50 £
- 50-150 £
- 150-250 £
- > 250 £

**8. 8. Are you?**

*Mark only one oval.*

- Onwer
- Private renter
- Social renter
- Other

**9. 9. What type of house do you live in?**

*Mark only one oval.*

- Detached
- Semi-detached
- Mid-terraced
- End-terraced
- Terraced
- Other

**10. 10. In what year was your home built?**

*Mark only one oval.*

- Before 1919
- 1919-1944
- 1945-1964
- 1965-1980
- 1981-1990
- 1991-2003
- Post 2004

**11. 11. What is the floor area of your home?**

*Mark only one oval.*

- Don't know
- less than 50 m<sup>2</sup>
- 50-69 m<sup>2</sup>
- 70-89 m<sup>2</sup>
- 90-109 m<sup>2</sup>
- 110 m<sup>2</sup> or more

12. 12. What is the main fuel used to heat your property?

Mark only one oval.

- Don't know
- Mains gas
- Mains electricity
- Biomass
- Oil
- House coal

13. 13. What type of retrofit improvements have been installed in?

Mark only one oval per row.

	Uninsulated	Insulated
Roof	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ground floor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

14. 14. What type of retrofit improvements have been installed for external walls?

Mark only one oval.

- Uninsulated
- Cavity filled wall insulation
- Solid wall insulation

15. 15. What type of retrofit improvements have been installed for windows?

Mark only one oval.

- Unchanged
- Double glazing
- Double glazing low emission

16. 16. What type of retrofit improvements have been installed for the systems?

Mark only one oval per row.

	Unchanged	New condensing boiler	Other
Heating system	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hot water system	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

17. 17. What other retrofit improvements have you had or made?

\_\_\_\_\_

### Health perception

The following section tries to estimate the minimum health-status improvement of household before and after the energy-efficiency interventions. Please indicate your health status on the base of 5 different levels of health (1 the best and 5 the worst) depending on you perceive any problems. If your health status can't be described by one of the option, indicate shortly how do you feel at the end section comments.

**18. Before the energy efficiency intervention**

*Mark only one oval per row.*

	No problems	Slight problems	Moderate problems	Severe problems	Extreme problems
Mobility (e.g. carry out different activities in particular rooms of the house)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Self-care (e.g. washing, dressing, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Usual activities (e.g. work, study, housework, family or leisure activities)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pain/Discomfort	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anxiety/Depression	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**19. After the energy efficiency intervention**

*Mark only one oval per row.*

	No problems	Slight problems	Moderate problems	Severe problems	Extreme problems
Mobility (e.g. carry out different activities in particular rooms of the house)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Self-care (e.g. washing, dressing, etc.)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Usual activities (e.g. work, study, housework, family or leisure activities)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pain/Discomfort	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Anxiety/Depression	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**20. Commentary:**

---



---



---



---



---