



# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Dimensiones de pobreza energética y modelos de  
optimización de largo plazo: una categorización  
para una transición energética justa.

Autor: Carmen Banqueri Camy

Director: Roberto Barrella

Co-Director: Miguel Ángel Rios Ocampo

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Dimensiones de pobreza energética y modelos de optimización de largo plazo: una  
categorización para una transición energética justa.  
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2022/2023 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.  
El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido  
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Carmen Banqueri Camy

Fecha: 04/ 07/ 2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR Y EL

CODIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Roberto Barrella y Miguel Ángel Ríos

Fecha: 04/ 07/ 2023





**COMILLAS**

UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

# GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Dimensiones de pobreza energética y modelos de  
optimización de largo plazo: una categorización  
para una transición energética justa

Autor: Carmen Banqueri Camy

Director: Roberto Barrella

Co-Director: Miguel Ángel Rios Ocampo

Madrid

# Agradecimientos

Me gustaría agradecer a todas las personas que han hecho posible la entrega de este trabajo. En primer lugar, a mi familia, especialmente a mis padres y mis hermanas, que me han dado la oportunidad de estudiar ingeniería industrial en la Universidad Pontificia de Comillas (ICAI) y he recibido su apoyo incondicional durante los 4 años de grado. En segundo lugar, a mis compañeros y profesores, de los que he aprendido conocimientos y valores. En último lugar, a mi director Roberto y subdirector Miguel Ángel, gracias por haberme dedicado vuestro tiempo y haberme apoyado a lo largo del desarrollo del proyecto.

Muchas gracias.



# Dimensiones de pobreza energética y modelos de optimización de largo plazo: una categorización para una transición energética justa

**Autor: Banqueri Camy, Carmen.**

Director: Barrella, Roberto.

Co-Director: Rios Ocampo, Miguel Ángel

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

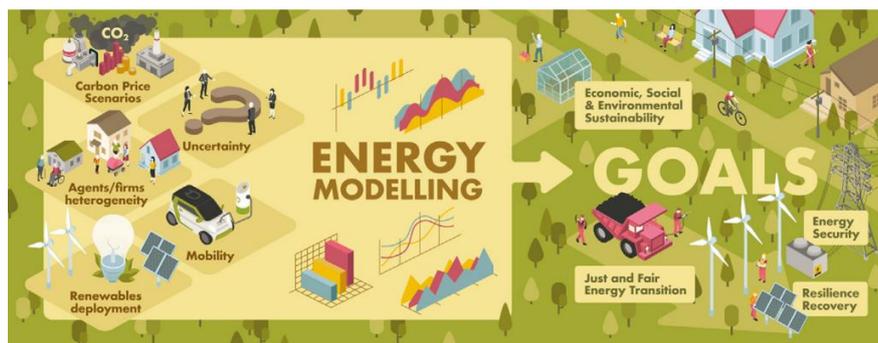
## RESUMEN DEL PROYECTO

En este trabajo buscamos que los modelos de planificación energética que son la herramienta que nos permite ver como se responde o como se debería responder ante la forma en que generamos, distribuimos y consumimos energía, lo hagan de manera equitativa, justa e inclusiva. Para esto abogamos por la inclusión de la pobreza energética como parámetro en los modelos y hemos estudiado si estos actualmente la tienen en cuenta o no.

**Palabras clave:** transición energética, pobreza energética, modelos de planificación energética

## 1. Introducción

Con motivo de la crisis ecológica, se produce el cambio de las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles a fuentes de energía renovables, es decir, la transición energética. Sin embargo, dicha crisis no solo tiene un impacto ambiental sino que también afecta directamente a la sociedad. Por esta razón, necesitamos garantizar una transición energética justa, basada en las necesidades de las personas y que beneficie a todos los individuos y comunidades.



[1]

## 2. Definición del proyecto

Con el objetivo de conseguir una transición energética justa hemos categorizado la transición energética, la pobreza energética y los modelos de planificación energética. El

estudio de estas tres categorizaciones nos ha permitido analizar que para una transición energética justa es necesaria la inclusión de la pobreza energética como parámetro en los modelos de planificación para poder tener en cuenta el efecto de la transición en la sociedad, consiguiendo que la misma sea justa.

Hemos realizado un estudio de 15 tipos de modelos y analizado cuántos de ellos incluyen variables de pobreza energética. Además, hemos llevado a cabo un segundo estudio sabiendo como base las conclusiones del primero. Hemos calculado la energía consumida por habitante en los países desarrollados y en desarrollo, y a partir de estos resultados, apostar por la inclusión de determinadas variables de pobreza energética según el contexto.

### **3. Descripción del modelo/sistema/herramienta**

Para poder llevar a cabo el proyecto hemos utilizado tres herramientas distintas. En primer lugar, para realizar la revisión bibliográfica de los modelos y el estudio de si incluyen o no la pobreza energética como parámetro hemos empleado: LiteratureMaps y Elicit. En segundo lugar, para cuantificar los resultados y dibujar gráficos de barras que permiten ver los resultados de forma visual hemos utilizado Excel.

### **4. Resultados**

Hemos observado que el peso de la pobreza energética en los modelos es mínimo. A su vez, hemos podido ver como la energía consumida por habitante en los países desarrollados es mucho mayor que en los que se encuentran en vías de desarrollo.

### **5. Conclusiones**

A partir de los resultados obtenidos, hemos concluido que la no inclusión de la pobreza energética se debe a que los modelos de planificación energética actuales se centran en la optimización de los beneficios y no en la inclusión de parámetros de justicia social y ambiental. Abogamos por la inclusión de variables relacionadas con la pobreza energética, y concluyendo que, debido a la faceta multidimensional de la pobreza energética, habrá que distinguir que parámetro incluir en los modelos según el país donde tenga lugar.

### **6. Referencias**

- [1] Ignacio Cazcarro, Diego Iribarren, Diego Iribarren, Pedro Linares, José Carlos Romero, Pablo Arocena, Iñaki Arto, Santacruz Banacloche, Yolanda Lechón, Luis J. de Miguel, Jorge Zafrilla, Luis Antonio López, Raquel Langarita, María-Ángeles Cadarso (2021, Septiembre) Energy-socio-economic-environmental modelling for the EU energy and post-COVID-19 transitions. DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2021.150329

# Dimensions of energy poverty and long-term optimisation models: a categorisation for a just energy transition

**Author: Banqueri Camy, Carmen.**

Supervisor: Barrella, Roberto.

Co-Supervisor: Rios Ocampo, Miguel Ángel

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

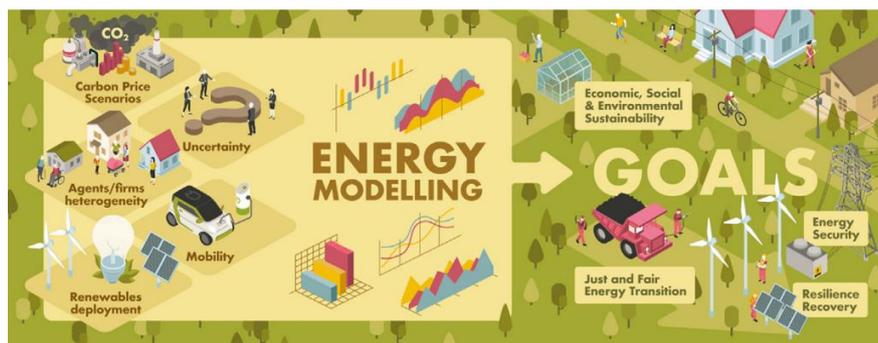
## ABSTRACT

In this work we seek that energy planning models, which are the tool that allows us to see how we respond or how we should respond to the way we generate, distribute and consume energy, do so in an equitable, fair and inclusive manner. To this end, we advocate the inclusion of energy poverty as a parameter in the models and we have studied whether these currently take it into account or not.

**Keywords:** Energy transition, energy poverty, energetic models

## 1. Introduction

The ecological crisis has led to a shift from fossil fuel-based energy sources to renewable energy sources, in other words, the energy transition. However, this crisis not only has an environmental impact but also directly affects society. For this reason, we need to ensure a just energy transition, based on people's needs and benefiting all individuals and communities.



[1]

## 2. Definition of the project

In order to achieve a just energy transition, we have categorized energy transition, energy poverty and energy planning models. The study of these three categorizations has allowed us to analyze that for a just energy transition it is necessary to include energy

poverty as a parameter in planning models in order to take into account the effect of the transition on society, making it fair..

We have carried out a study of 15 types of models and analyzed how many of them include energy poverty variables. In addition, we have carried out a second study based on the conclusions of the first one. We calculated the energy consumed per inhabitant in developed and developing countries, and based on these results, we decided to include certain energy poverty variables according to the context.

### **3. Description of the model/system/tools**

In order to carry out the project we have used three different tools. Firstly, to carry out the literature review of the models and the study of whether or not they include energy poverty as a parameter, we have used LiteratureMaps and Elicit. Secondly, to quantify the results and draw bar graphs that allow us to see the results visually, we have used Excel.

### **4. Results**

We have observed that the weight of energy poverty in the energy planning models is minimal. At the same time, we have seen that the energy consumed per inhabitant in developed countries is much higher than in developing countries.

### **5. Conclusion**

From the results obtained, we have concluded that the non-inclusion of energy poverty is due to the fact that current energy planning models focus on the optimization of benefits and not on the inclusion of social and environmental justice parameters. We advocate the inclusion of variables related to energy poverty, and conclude that, due to the multidimensional facet of energy poverty, it will be necessary to distinguish which parameter to include in the models according to the country where it takes place.

### **6. References**

- [1] Ignacio Cazcarro, Diego Iribarren, Diego Iribarren, Pedro Linares, José Carlos Romero, Pablo Arocena, Iñaki Arto, Santacruz Banacloche, Yolanda Lechón, Luis J. de Miguel, Jorge Zafrilla, Luis Antonio López, Raquel Langarita, María-Ángeles Cadarso (2021, Septiembre) Energy-socio-economic-environmental modelling for the EU energy and post-COVID-19 transitions. DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2021.150329



# Índice de la memoria

## Tabla de contenido

<i>Índice de la memoria</i> .....	<i>I</i>
<i>Índice de figuras</i> .....	<i>III</i>
<i>Índice de tablas</i> .....	<i>IV</i>
<b>Capítulo 1. Introducción</b> .....	<b>5</b>
1.1 Planteamiento del problema .....	5
1.2 Estado del arte .....	7
1.3 Motivación .....	9
1.4 Revisión bibliográfica .....	10
1.5 Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) .....	11
<b>Capítulo 2. Transición energética</b> .....	<b>13</b>
2.1 ¿Qué es la transición energética? .....	13
2.2 Justicia energética .....	16
2.3 Transición energética justa .....	23
<b>Capítulo 3. Pobreza energética</b> .....	<b>27</b>
3.1 ¿Qué es la pobreza energética? .....	27
3.2 Medir la pobreza energética .....	34
3.3 Desafíos y oportunidades de incluir la pobreza energética en la transición energética .....	39
<b>Capítulo 4. Modelos de Transición energética justa</b> .....	<b>45</b>
4.1 Revisión literaria de modelos de transición energética .....	45
4.2 ¿Qué se requiere en los modelos si queremos incluir la pobreza energética en ellos? .....	51
<b>Capítulo 5. Pobreza energética en la Transición energética justa</b> .....	<b>56</b>
5.1 Inclusión de la pobreza energética en los modelos de transición energética .....	56
<b>Capítulo 6. Análisis de resultados</b> .....	<b>61</b>
<b>Capítulo 7. Conclusiones y trabajos futuros</b> .....	<b>65</b>

*Capítulo 8. Bibliografía..... 67*

## *Índice de figuras*

Ilustración 1 Publicaciones sobre la transición energética [11] .....	14
Ilustración 2 Legado de Injusticia Energética en India [16].....	20
Ilustración 3 Legado de Injusticia Energética en Europa del Este [16].....	20
Ilustración 4 . Indicador de pobreza energética oculta severa (HEP – GET/4) por CC.AA. en España 2021 [22].....	28
Ilustración 5 Porcentaje de la población total sin acceso a combustibles limpios para cocinar(2000-2019) [24].....	30
Ilustración 6 Grupos de Riesgo de Pobreza Energética y Transporte [27].....	33
Ilustración 7 MEPI para países seleccionados de África [29].....	37
Ilustración 8 Muertes prematuras anuales (millones) por contaminación del aire doméstico y otras .....	42
Ilustración 9 Inclusión de las variables de PE en los modelos de planificación energética	58
Ilustración 10 Consumo de la energía por millón de habitantes de países desarrollados y en desarrollo .....	60

## *Índice de tablas*

Tabla 1 Un marco conceptual de justicia energética [16] .....	22
Tabla 2 La escalera energética horizontal para el uso doméstico de energía [23] .....	29
Tabla 3 Factor de riesgo que causan muerte para países de bajos ingresos, 2004 [26].....	32
Tabla 4 Dimensiones y respectivas variables con cortes, incluyendo pesos relativos (entre paréntesis)[28] .....	35
Tabla 5 Tipos de Modelo de planificación energética, equilibrio y contexto .....	51
Tabla 6 Parámetros a incluir en los modelos de planificación energética.....	55
Tabla 7 Tipos de modelos de planificación energética y variables de PE que incluyen .....	58
Tabla 8 Energía total consumida y población de países desarrollados y en vías de desarrollo .....	59
Tabla 9 Porcentaje de modelos que incluyen 0, 1,2 o 3 variables .....	62
Tabla 10 Energía consumida por millón de habitantes ordenadas de mayor a menor consumo "(elaboración propia a partir de [41])" .....	63

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### ***1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA***

La crisis ecológica es un desafío actual en nuestra sociedad. La crisis ecológica se trata del desequilibrio entre la naturaleza y el impacto humano en el medio natural. Por un lado, la crisis ecológica se ha manifestado a través de evidencias medioambientales como el calentamiento global. La actividad humana tal como la conocemos, que contamina y destruye, produce desequilibrios ecológicos. Muchas acciones humanas han impactado gravemente el planeta donde vivimos. Se ha conseguido la destrucción de ecosistemas, debido a la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo, la deforestación, la contaminación del aire, el agua y el suelo, la acidificación de los océanos, etc[1]. Por otro lado, la crisis ecológica no solo afecta simplemente al medioambiente de nuestro planeta sino que a su vez tiene un gran impacto en la sociedad. Como consecuencia de esta crisis y las desigualdades que conlleva se generan numerosas crisis sociales.

Una de las respuestas para combatir la crisis ecológica es la transición energética. Se trata del conjunto de cambios en los modelos de producción, distribución y consumo de la energía para alcanzar una mayor sostenibilidad, conociendo como sostenibilidad el mantenimiento de esta transición durante un largo tiempo sin agotar los recursos o generar daños al medio ambiente. Es decir, consiste en reducir las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles y potenciar fuentes de energías renovables y otras formas de reducción de emisiones. La transición energética busca la creación de sistemas energéticos sostenibles más eficientes y resilientes.

La transición energética supone no solamente retos a nivel tecnológico-matemático, que llevan a desarrollos de nuevos modelos de optimización, sino también retos a nivel socio-ambiental (como la inclusión de la justicia) que suelen quedar excluidos de dichos modelos. Como dice Natalia Rubiano et al. (2022): “Los modelos integrados

de evaluación no están destinados a tratar con la justicia, pero los supuestos y la estructura de los modelos tienen implicaciones de justicia que no se han discutido explícitamente” [2].

La no inclusión de parámetros de justicia en los modelos conlleva a la generación de desigualdades en el sistema energético. Como dice Roberto Barrella: “Hoy en día, la energía suele reconocerse como un bien básico para el pleno desarrollo humano y una cuestión estratégica y geopolítica. De hecho, la falta de energía asequible hace que las personas no puedan llevar una vida digna y participar adecuadamente en la sociedad. Por tanto, abordar esta la privación de energía mejorando la asequibilidad y el acceso de las personas a este bien esencial es una de las cuestiones sin resolver del mundo moderno. No debe considerarse sólo una individual, sino como el deber de la sociedad de garantizar "el acceso a unos servicios energéticos asequibles, fiables y modernos", como establece el 7º Objetivo de Desarrollo Sostenible de la ONU (ODS7) de la Declaración Universal de Derechos Humanos”[3]. Para poder garantizar la asequibilidad y el acceso a unos servicios energéticos asequibles, fiables y modernos, necesitamos considerar la pobreza energética como dimensión que permite evidenciar las desigualdades para poder mitigarlas. A su vez, necesitamos incluir en los modelos nuevos parámetros sociales y de justicia ya que no se tenían en cuenta y se conseguía que dichos modelos llegaran a agravar situaciones injustas.

En este trabajo trataremos de entender el problema de transición energética con criterios de justicia, entender la pobreza energética y hacer un análisis de los parámetros más relevantes a la hora de incluir la pobreza energética en modelos de planificación energética a largo plazo.

La estructura del trabajo comienza con una categorización de la transición energética. Nos hemos centrado en la definición de la misma, en que se basa la justicia energética y lo que conlleva y distingue una transición energética justa. A continuación, hemos realizado una categorización de la pobreza energética, es decir, la explicación del concepto, la medición de la misma destacando que se trata de un parámetro multidimensional y estudiando los desafíos y oportunidades de incluirla en la

transición energética. Posteriormente, hemos llevado a cabo una categorización de los modelos de planificación energética.

Los modelos son una herramienta que nos permite ver como se responde o como se debería responder ante la forma en que generamos, distribuimos y consumimos energía, y es por esto que son la base de la transición energética. Si los modelos no incluyen una base de justicia quienes toman decisiones, con los modelos como herramienta, van a tener una visión sesgada. Hemos realizado una revisión literaria de los modelos a partir de la cual hemos estudiado 15 tipos de ellos y hemos estudiado que se requiere para la inclusión de la pobreza energética en los mismos. Como consecuencia, hemos identificado 5 variables a tener en cuenta en los modelos que permitirán una transición energética justa. Una vez hechas la revisión literaria de los modelos e identificado las variables a incluir en ellos, hemos realizado un estudio que permite ver si los modelos incluyen o no la pobreza energética como parámetro. Además, hemos estudiado la faceta multidimensional de la pobreza energética analizando que parámetro incluir en los modelos según el país donde tenga lugar.

## ***1.2 ESTADO DEL ARTE***

La transición energética es una medida “revolución” contra la crisis ecológica. Con la transición energética se realizarán cambios en modelos de producción, consumo, etc, de la energía para hacer frente a los retos climáticos. Hemos podido observar la variedad y cantidad de informes sobre el tema de distintas organizaciones, como la Agencia Internacional de la Energía (IEA) o del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC). Habitualmente, dicha transición se centra en la efectividad y costes como principios para impulsar la mitigación de la temperatura global y no aborda cuestiones de justicia. A través de la falta de un compromiso explícito con las preocupaciones de justicia, los modelos integrados de evaluación y sus críticas actuales pueden continuar perpetuando o incluso

amplificando viejas injusticias y prejuicios ocultos [2].

La no inclusión de la justicia da lugar a que fenómenos se abran paso en las sociedades incrementando los niveles de desigualdad y de precariedad en la prestación de servicios. No es la primera vez que alguien propone este enfoque, por ejemplo Rockström et al. (2023) abogan que la estabilidad y resiliencia del sistema terrestre y el bienestar humano son inseparables. Se requiere nada menos que una transformación global justa en todos los Límites del Sistema Terrestre (ESB) para garantizar el bienestar humano. Tales transformaciones deben ser sistémicas en los sectores energético, alimentario, urbano y otros, abordando los aspectos económicos, impulsores tecnológicos, políticos y de otro tipo del cambio del sistema terrestre, y garantizar el acceso de los pobres a través de reducciones y reasignaciones del uso de recursos [4]. Otro ejemplo sería Simone Abram et al. (2022) apostando por un enfoque de sistemas completos para una transición justa, que abarque dimensiones clave de la justicia como un marco para dirigir el diseño y la evaluación de políticas, al tiempo que reconoce las diferentes dimensiones espaciales, temporales e institucionales de las transiciones múltiples y simultáneas [5].

Como dijo Sovacool: La realidad es que los sistemas energéticos basados en el carbono contribuyen a crear y fomentar un amplio rango de desigualdades e injusticias tanto en los mercados como en las sociedades [6]. Por otro lado, en referencia a la afirmación de Sovacool, Clark A. Miller propone por tanto, que quienes lideren las transiciones energéticas tienen la obligación ética de reparar estas desigualdades e injusticias existentes, además de abordar de manera proactiva cualquier daño adicional potencial creado por la transición proceso, contribuyendo así a sociedades y mercados más justos y equitativos. [7].

Para conseguir una transición energética justa nos debemos apoyar en el uso de principios éticos y de justicia para el diseño o rediseño de los sistemas energéticos. Según Clark A. Miller: Se deben promover la creación de arreglos socio-energéticos que creen y mejoren condiciones sociales, políticas y económicas positivas [7]. A su vez, debemos tener en cuenta aquellas comunidades desfavorecidas y aquellas con los

ingresos más bajos, en lugar de continuar sin considerarlas.

La transición energética justa nos ofrece una oportunidad única para reducir lo que los sistemas energéticos han estado contribuyendo a alimentar hasta el día de hoy: reforzar la pobreza y desigualdad. Debemos aprovechar los nuevos diseños para fomentar una mayor seguridad económica y bienestar en los hogares más desfavorecidos y con un menor número de ingresos. Estudiar las implicaciones de justicia en el modelado de sistemas energéticos es una oportunidad para evaluar el impacto de los cambios en políticas energéticas sobre los hogares vulnerables y plantear soluciones para mitigarlos [8].

### **1.3 MOTIVACIÓN**

El proyecto se realiza para profundizar en el conocimiento sobre la transición energética y para elaborar una categorización para una transición energética justa. Esta categorización nos va a permitir poner sobre la mesa la discusión sobre pobreza energética en el marco de la transición y daremos un poco de luz sobre cómo se está abordando desde quienes modelan la transición. De esta manera, abogamos por la inclusión de la pobreza energética en la toma de decisiones a corto plazo no estructurales que se estaba teniendo escasamente en cuenta y especialmente en las decisiones a largo plazo para no perpetuar las desigualdades que vienen implantadas con el sistema energético y así poder conseguir una igualdad y justicia entre las comunidades.

Además, el proyecto sigue la motivación de ver los resultados efectivos y beneficiarios de mejorar la sociedad mediante una transición energética justa, alineándose con varios objetivos de desarrollo sostenible. La motivación de este trabajo se basa en poner en el centro de la transición energética a las personas, y así conseguir una transición energética justa que ayude a mejorar la sociedad en la que vivimos, y que

beneficie a todos los individuos.

## ***1.4 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA***

La necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de combatir la crisis ecológica, así como de fomentar la eficiencia energética y el uso de fuentes de energía renovable, ha llevado a la promoción de políticas y estrategias para lograr una transición energética [9]. Dicha transición no suele incluir parámetros de justicia social y/o ambiental. Por esta razón, en este trabajo buscamos que dicha transición energética sea justa e igualitaria para las comunidades y con esta finalidad proponemos la inclusión de la pobreza energética como parámetro en los modelos de planificación energética. Tenerla en cuenta consigue alcanzar un objetivo de una transición energética justa: la influencia en la sociedad a través de tener en cuenta aquellas personas más vulnerables y garantizar la asequibilidad y el acceso a unos servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

Para conseguir nuestro objetivo, se requiere de una revisión bibliográfica rigurosa que analice las políticas, estrategias y prácticas existentes en relación con la transición energética justa y la pobreza energética.

Con esta revisión bibliográfica identificaremos las barreras que deben superarse para incluir la pobreza energética como parámetro en las políticas y estrategias de la transición energética, y examinar cómo se pueden aplicar estas prácticas para lograr una igualdad y justicia en todas las comunidades. Con esta revisión bibliográfica, se espera contribuir al desarrollo de políticas y estrategias que permitan una transición energética justa e igualitaria para todas las comunidades, y se espera que este análisis crítico de la literatura sea un recurso valioso para los investigadores, políticos y ONGs interesados en este tema crítico.

La selección de la literatura de esta revisión ha consistido en documentos que traten sobre la transición energética justa y pobreza energética. A continuación, se ha llevado a cabo la evaluación crítica de la literatura, para este proyecto se trata de 53 artículos.

Con la finalidad de que el análisis de la literatura sea de una manera más efectiva, la hemos dividido en cuatro partes. En primer lugar, hemos analizado la literatura que identifica lagunas, retos y problemas en las transiciones energéticas. Con esto conseguiremos el planteamiento del problema de nuestro trabajo. En segundo lugar, hemos estudiado la literatura que nos permita definir y entender completamente a qué nos referimos con transición energética justa y qué aspectos cubre o no cubre una transición energética “convencional”. En tercer lugar, hemos analizado la literatura correspondiente a la pobreza energética. Estudiamos la pobreza energética como dimensión de la injusticia energética para entender cómo se mide, qué parámetros necesita y por qué su lucha es relevante para conseguir una transición energética justa. En último lugar hemos estudiado los modelos matemáticos para la transición energética. Pretendemos identificar qué tipo de modelos existen que permitan incluir los parámetros de pobreza energética en ellos.

## ***1.5 ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)***

El proyecto se alinea principalmente con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible:

- Objetivo 1: Fin de la pobreza. El modelo que se va a llevar a cabo tiene como finalidad reducir la pobreza energética a través de una transición energética justa.
- Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante. Se busca reducir las fuentes de energía basadas en combustibles fósiles y potenciar fuentes de energías renovables y

más sostenibles. Además, se incluye la pobreza energética con el objetivo de conseguir una energía más asequible.

- **Objetivo 10: Reducción de las desigualdades.** Se busca a través de los principios éticos y de justicia la reducción de las desigualdades con el fin de obtener una sociedad más justa y equitativa.

Este proyecto también se alinea de manera indirecta con los siguientes objetivos:

- **Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.** La implementación de una transición energética justa va a conllevar a que las comunidades más desfavorecidas puedan llegar a ser sostenibles.
- **Objetivo 12: Producción y consumo responsables.** El objetivo es que el consumo en las viviendas sea responsable y sostenible. Para disminuir la pobreza es necesario que el consumidor sea consciente del uso energético y la emisión de gases a la atmósfera.
- **Objetivo 13: Acción por el clima.** La razón y objetivo de la transición energética es la lucha contra el cambio climático.

## **CAPÍTULO 2. TRANSICIÓN ENERGÉTICA**

### **2.1 ¿QUÉ ES LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA?**

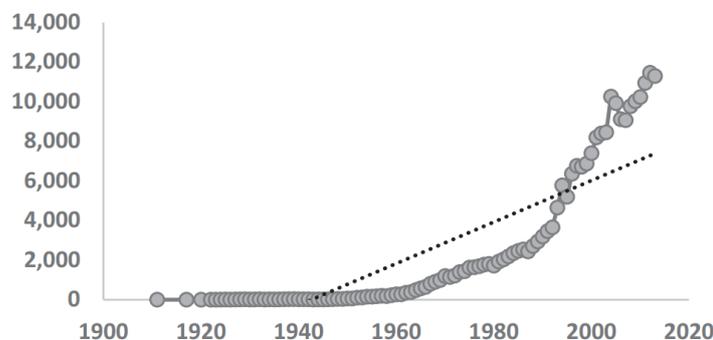
El objetivo principal de la transición energética es cambiar la forma en que se produce, distribuye y consume la energía en la sociedad. La transición energética se traduce en la transformación de los sistemas energéticos existentes; en específico, se reemplazan todos los sistemas energéticos que dependen de combustibles fósiles por fuentes de energía renovables. El cambio hacia fuentes de energía más sostenibles implica reemplazar las fuentes de energía fósiles, que son limitadas y altamente contaminantes, por fuentes de energía renovables, que son limpias, no contaminantes y sostenibles para el futuro. Por lo tanto, la transición energética es la herramienta clave para enfrentar dos fenómenos cruciales a los que nos enfrentamos en la actualidad: la crisis ecológica y el cambio climático. Estos dos grandes problemas pueden ser cubiertos gracias a la transición hacia las fuentes de energía renovables, las cuales promueven un desarrollo sostenible a largo plazo.

Cada vez es más evidente en nuestra sociedad la importancia de la transición energética. La prolongada y generalizada utilización de combustibles fósiles ha generado cambios significativos en la vida en el Planeta Tierra. El cambio climático y el aumento de la temperatura han demostrado esto mencionado anteriormente. De acuerdo con la investigación científica disponible, podemos concluir que las emisiones de gases de efecto invernadero son la causa del fenómeno del cambio climático. De esta manera surge la transición energética, como resultado de la necesidad de enfrentar la crisis ecológica y disminuir la gran cantidad de gases perjudiciales en la atmósfera. Por esta razón, los modelos son una herramienta que nos permite ver como se responde o como se debería responder ante la forma en que

generamos, distribuimos y consumimos energía y constituyen la base de la transición energética.

La transición energética se basa en estos nuevos modelos de optimización de la energía. Estos buscan generar cambios en los sistemas de producción, distribución y consumo de la energía. En primer lugar, los modelos nos permiten evidenciar un mayor desarrollo, investigación e inversión en fuentes de energía renovables: energía solar, energía eólica, energía hidroeléctrica, biomasa y biocarburantes, energía geotérmica y la generada merced a las olas, mareas y corrientes marinas [10]. El uso de energías renovables en vez de combustibles fósiles es imprescindible para la transición energética ya que estas no generan emisiones de gases de efecto invernadero y son sostenibles a largo plazo. Estas fuentes de energía más sostenibles las podemos encontrar de forma masiva en la naturaleza, es decir, pueden aprovecharse abundantemente de manera sostenible sin agotar los recursos naturales, y cada vez, mediante la investigación y el desarrollo de las mismas, se trata de fuentes de energía más eficaces.

Como hemos podido observar, la transición energética es un cambio imprescindible en nuestra sociedad si queremos lograr combatir la crisis ecológica y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta relevancia se ve reflejada en la imagen a continuación:



*Ilustración 1 Publicaciones sobre la transición energética [11]*

La ilustración 1 nos muestra el número de las publicaciones literarias acerca de la transición energética según el año en el que se publican. Podemos observar como el número de publicaciones aumenta exponencialmente. Esto refleja como la transición energética cada vez es más importante y como consecuencia se escriben más publicaciones y artículos sobre ella.

Ahora bien, la transición energética no se trata simplemente del cambio de combustibles fósiles a fuentes de energía renovables. La transición energética aboga por un cambio que suponga mejoras significativas en la eficiencia energética. Esto quiere decir que la transición energética tiene como objetivo fomentar el consumo de la energía a través de prácticas más eficientes. Con en el reto de cumplir este fin de eficiencia es imprescindible el uso de tecnologías y equipos energéticamente eficientes en los sectores residencial, industrial y de transporte.

Según todo lo previamente dicho acerca de la transición energética, podemos extraer conclusiones evidentes acerca de sus beneficios medioambientales. La reducción de los gases de efecto invernadero, consigue el claro y tan buscado objetivo medioambiental: combatir la creciente crisis ecológica. Sin embargo, la transición energética no se queda en el factor medioambiental, sino que también implica amplios e importantes beneficios económicos y sociales. Uno de los beneficios sociales que se generaría es la creación de nuevos puestos de trabajo. El nuevo uso de las energías renovables requiere nuevo personal, que se dedicará a la instalación, operación y mantenimiento de los nuevos sistemas que surgen como resultado de la transición energética. Además, como consecuencia de un mayor desarrollo e inversión en las energías sostenibles se generan numerosos empleos en el desarrollo e investigación de las energías renovables. La clave de la transición energética es que se consiga reconvertir los empleos en los sectores "fósiles" en empleos verdes. Estos beneficios sociales consiguen un gran impulso del crecimiento económico y por tanto se consigue una mejora en la calidad de vida de las comunidades locales.

Otro beneficio es la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles importados. En cuanto a la importación de petróleo y gas natural, muchos países dependen de dicha importación y podría llegar a generar vulnerabilidad económica y riesgos geopolíticos. La promoción de las energías renovables permite a los países diversificar su matriz energética y aumentar su autonomía energética.

## **2.2 JUSTICIA ENERGÉTICA**

La justicia energética hace referencia a la distribución equitativa de los recursos, beneficios y riesgos energéticos entre individuos, comunidades y naciones. Cuando tratamos con el término de justicia energética estamos abordando los principios de equidad, inclusión y sostenibilidad en el sector energético. Estos principios tienen lugar con la finalidad de eliminar las desigualdades sociales, económicas y ambientales que surgen como consecuencia del suministro, producción y consumo de la energía. La justicia energética ha surgido como una nueva agenda transversal de investigación en ciencias sociales que busca aplicar los principios de justicia a la política energética, la producción y los sistemas energéticos, consumo energético, activismo energético, seguridad energética y cambio climático [12]

En definitiva, definimos la justicia energética como el marco para discutir temas de equidad entre las personas, tanto a escala local como mundial, en relación con el suministro, producción y consumo de la energía. De esta manera, la literatura científica relacionada con el término de justicia energética intenta establecer su concepto como una herramienta para aquellos planificadores y expertos en políticas. Con esta intención se conseguiría dar a las personas el derecho a tomar decisiones relacionadas con la energía a la vez que compartir equitativamente el acceso a los beneficios asociados a los nuevos sistemas energéticos como consecuencia de la transición energética.

La justicia energética además de reconocer las necesidades de los diferentes individuos, se centra en reconocer que el acceso a energía limpia y asequible es necesario para el bienestar humano, el desarrollo de la sociedad y la prosperidad económica. El trabajo de Heffron et al. (2016) demuestra que la justicia energética ofrece, en primer lugar, una oportunidad para explorar dónde ocurren las injusticias, desarrollando nuevos procesos de evitación y remediación y reconocimiento de nuevos sectores de la sociedad. En segundo lugar, ilustran que la justicia energética proporciona un nuevo marco estimulante para unir la investigación existente y futura sobre la producción de energía y el consumo cuando los enfoques de sistemas energéticos completos se integran en los diseños de investigación [13].

Por otro lado, la mayoría de los sistemas energéticos no tienen en cuenta la justicia energética. En esto se basa el estudio de Wang et al. (2021), en el cual estudiosos y practicantes de justicia ambiental han ampliado su trabajo no solo para responder a los peligros ambientales inmediatos, sino incluir enfoques orientados al futuro para la justicia socioeconómica y la sostenibilidad, como pasar de una economía extractiva a una regenerativa [14]. Esto quiere decir que los sistemas perpetúan las desigualdades, sin tener en cuenta a aquellas poblaciones más vulnerables o marginadas. El estudio de Wang et al. afirma que la distribución de daños y beneficios dentro del sistema energético actual son desiguales [14]. La justicia energética busca remitir dichas desigualdades, consiguiendo que todo el mundo tenga acceso a servicios energéticos asequibles. Es necesario saber que el acceso a la energía tiene que ser mundial, sin importar el estatus socioeconómico, los antecedentes culturales o la ubicación geográfica de un individuo o población.

Una dimensión de la justicia energética se enfoca en garantizar que todo el mundo pueda permitirse el acceso a la energía necesaria para su salud y bienestar. Otra dimensión se centraría en los bajos ingresos. En muchas ocasiones, en las poblaciones más vulnerables, para los hogares de bajo ingresos les supone una carga muy

significativa los costes de la energía. Esto obliga a dichos hogares a que una gran parte de sus ingresos sea destinada a satisfacer sus necesidades energéticas básicas. Esta problemática es tan relevante para muchas personas, que ellas mismas sufren una serie de desventajas. Estas desventajas serían: en primer lugar, la salud y bienestar de dichas personas se encontrarían comprometidas, en segundo lugar, sus oportunidades educativas estarían limitadas y por último, su perspectiva económica disminuiría. La justicia energética tiene como objetivo erradicar esta serie de problemas. De esta manera, ayuda a promover políticas e iniciativas cuyo único objetivo es conseguir la asequibilidad mundial de la energía. Para lograr este objetivo se necesitan medidas de eficiencia energética y programas de asistencia basados en los ingresos.

Por otro lado, la justicia energética hace hincapié en la importancia del acceso mundial a la energía, particularmente en aquellas áreas remotas y desatendidas. Es muy común, especialmente en los países en desarrollo, que muchas comunidades no tienen acceso a servicios energéticos modernos. Esto lo confirma Mikel González-Eguino abogando que los países más ricos tienden a tener varias fuentes disponibles, mientras que en los países más pobres (y en particular en las zonas rurales dentro de esos países) puede haber pocas alternativas o incluso ninguna en absoluto. La fuente de energía primaria más utilizada en los países más pobres tiende a ser madera [15].

De esta manera, dichas poblaciones dependen de fuentes tradicionales y normalmente contaminantes, como por ejemplo el queroseno. Dependiendo de energías contaminantes, aparte de perjudicar la calidad de vida de las personas que dependen de ellas, consigue continuar el ciclo de pobreza y degradación ambiental en el que desgraciadamente nos encontramos. La justicia energética quiere conseguir que estas comunidades puedan llegar a tener acceso completo a la energía y por eso propone soluciones descentralizadas de energía renovable, que den lugar a mejorar sus condiciones de vida y reducir los impactos ambientales.

Una dimensión crucial de la justicia energética que es imprescindible tener en cuenta es la justicia ambiental. La producción, distribución y el consumo de la energía tienen relevantes consecuencias ambientales, las cuales son: emisiones de gases de efecto invernadero, contaminación del aire y del agua y la destrucción de hábitats. Estas consecuencias no tienen el mismo impacto en todas las comunidades, es decir, afectan de manera negativamente desproporcionada a las comunidades marginadas. Un ejemplo de estas comunidades son aquellas que viven cerca de centrales eléctricas o sitios de extracción. La justicia energética quiere eliminar estas desigualdades a través de la promoción de energía más limpias y sostenibles, la transición lejos de los combustibles fósiles y el apoyo al desarrollo de infraestructura de energía renovable de manera ambientalmente justa. Esto significa tener en cuenta a las comunidades locales a la hora de tomar una decisión, es decir, asegurar que tienen una opinión relevante en las decisiones sobre implementación y planificación de proyectos energéticos que puedan llegar a afectarles.

La justicia energética no solo aporta soluciones a las desigualdades derivadas de la accesibilidad a la energía y de los impactos medioambientales, sino que a su vez reconoce la relevancia de dar a poder a las comunidades, promoviendo que las estructuras de gobernanza sean inclusivas. Esto quiere decir que aboga por los procesos participativos que incluyen a distintos interesados, incluyendo: miembros de la comunidad, grupos indígenas o minorías, organizaciones de base y organizaciones de la sociedad civil. Incluyendo a todos los interesados mencionados anteriormente, la justicia energética pretende fomentar un sentido de responsabilidad, propiedad y transparencia en la planificación energética, la formulación de políticas y el desarrollo de proyectos. Se aboga que para que los sistemas energéticos sean verdaderamente equitativos y justos se han de tener en cuenta los valores culturales, el conocimiento local y las necesidades sociales.

En último lugar, es necesario ser conscientes de que la justicia energética es un concepto en constante evolución. Con el paso del tiempo, va consiguiendo más peso

en la investigación académica, los movimientos de base y los debates sobre políticas. Sin embargo, no tiene el peso suficiente ya que, aunque cada vez va adquiriendo más protagonismo, la mayoría de las veces no se tiene en cuenta en la planificación de los modelos de la transición energética, consiguiendo que esta transición energética no sea justa.



*Ilustración 2 Legado de Injusticia Energética en India [16]*



*Ilustración 3 Legado de Injusticia Energética en Europa del Este [16]*

En la figura número 2 podemos observar cómo un niño de tan sólo 9 años extrae carbón de una mina. Esta acción la realiza durante 16 horas al día y cobra lo equivalente a 0,50\$ en el salario del Norte de la India. Por otro lado, en la figura 3 se está ilustrando el departamento de postoperatorio del Centro Cardiológico Infantil de

Minsk, Bielorrusia, donde solo el 15-20% de los bebés nacen sanos debido al accidente nuclear de Chernobyl.

Pese a que cada vez la justicia energética va adquiriendo más protagonismo podemos observar tanto en la figura 2 como en la figura 3 dos claros ejemplos ilustrados de injusticia energética. Según Sovacool et al. (2017) muy comúnmente, hay situaciones obvias donde los principios de justicia se erosionan o conducen al despojo de personas o de sus medios de subsistencia. Con demasiada frecuencia, los impactos de las intervenciones energéticas tienen impactos devastadores en los grupos vulnerables [16], generando situaciones de injusticia energética como se puede observar en la ilustración 2 y 3.

Como conclusión de observar las dos figuras y ver las consecuencias de la injusticia energética, podemos afirmar que necesitamos la justicia energética como marco para analizar y abordar las dimensiones sociales, económicas y ambientales de los sistemas energéticos, promoviendo una transición energética totalmente inclusiva, sostenible y equitativa. Luchar por la inclusión de la justicia energética en los debates de transición nos va a permitir crear un futuro en el cual el acceso a la energía asequible y limpia sea un derecho para todas las personas. También nos permitiría que las cargas y los beneficios de los sistemas energéticos se repartan justamente entre las sociedades.

En resumen, la justicia energética es imprescindible como marco para una transición energética justa. Para poder establecer el marco de la justicia es necesario apoyarse en una serie de principios, los que proponen B.K. Sovacool et al. (2017) se citan en la tabla siguiente:

Nº	Principio	
1	Disponibilidad	Las personas merecen suficientes recursos energéticos de alta calidad (adecuados para satisfacer sus usos finales)

2	Asequibilidad	Todas las personas, incluidas aquellas con bajos recursos deberían tener acceso a unos servicios energéticos asequibles cuyo gasto asociado no grave de manera desproporcionada en sus ingresos [17] o que no los obligue a reducir su consumo energético por debajo de un nivel mínimo vital [18]
3	Debido Proceso	Los países deben respetar el debido proceso y los derechos humanos en su producción y uso de energía
4	Transparencia y rendición de cuentas	Todas las personas deben tener acceso a información de alta calidad sobre energía y medio ambiente, justa, transparente y responsable en forma de toma de decisiones energéticas
5	Sostenibilidad	Los recursos energéticos deben agotarse teniendo en cuenta el ahorro, el desarrollo comunitario y la precaución
6	Equidad intrageneracional	Todas las personas tienen derecho a acceder equitativamente a los servicios energéticos
7	Equidad intergeneracional	Las generaciones futuras tienen derecho a disfrutar de una buena vida sin ser perturbadas por el daño que nuestros sistemas energéticos infligen al mundo actual
8	Responsabilidad	Todos los actores tienen la responsabilidad de proteger el entorno natural y minimizar las amenazas ambientales relacionadas con la energía
9	Resistencia	Las injusticias energéticas deben ser objeto de oposición activa y deliberada
10	Interseccionailidad	Expandir la idea de justicia de reconocimiento para encapsular identidades nuevas y en evolución en las sociedades modernas, así como reconocer cómo se vincula la realización de la justicia energética con otras formas de justicia.

*Tabla 1 Un marco conceptual de justicia energética [16]*

Tener en cuenta la justicia energética, y por lo tanto todos los principios que conlleva enunciados en la Tabla 1, es una aproximación que consideramos que nos permitirá alcanzar una transición energética justa y equitativa para todas las comunidades. Hay que ser conscientes que el término de justicia energética actualmente no tiene el peso suficiente en debates de transición energética. Esto quiere decir que hay que cambiar este hecho y darle una mayor importancia ya que es la única manera de conseguir que esta misma sea justa.

### **2.3 TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA**

La transición energética justa es un proceso fundamental que busca cambiar la forma en la que se produce, distribuye y se consume la energía de una forma equitativa y justa en la sociedad. La diferencia entre una transición energética justa y una “convencional” se basa en que la justa a diferencia de la “convencional”, no solo busca enfrentar los retos de una transición energética que permita mitigar los efectos del cambio climático y la crisis ecológica, sino que con el mismo objetivo le añade una necesidad de mitigar las desigualdades sociales. Es decir, una transición energética justa es una decisión de vivir en un tipo diferente de sociedad, no simplemente una versión del mundo más baja en carbono de la actual. La transición energética justa tiene como principal objetivo conseguir un futuro justo a la vez que sostenible.

En estos últimos años, la transición energética justa ha ido adquiriendo cada vez más importancia y ha sido cada vez más relevante en términos de investigación científica. Esto se debe a la creciente y urgente necesidad de aportar soluciones al cambio climático y conseguir un futuro más sostenible para todos. Una transición energética justa es el proceso por el cual se cambian los sistemas de energías basados en combustibles fósiles y pasan a depender de fuentes de energía renovables, sin dejar de lado que este cambio se produzca de manera equitativa, inclusiva y que considere las

necesidades de todos los individuos y comunidades [19]. Los beneficios y cargas de dicha transición se deben de distribuir de manera equitativa y justa entre todas las personas.

Garantizar la equidad social es uno de los principios fundamentales de la transición energética justa. A lo largo de la historia, los hogares con bajos ingresos y las comunidades marginadas, han sido quienes han sufrido desproporcionalmente los efectos de la degradación ambiental y los impactos de las industrias contaminantes. Además, lo que ocurre en estas comunidades es su falta de acceso a fuentes de energía eficientes y limpias, lo cual acentúa las desigualdades ya existentes y consigue aumentar aún más las diferencias socioeconómicas. La transición energética justa busca erradicar estas desigualdades, y por esto prioriza las necesidades de las poblaciones más vulnerables abogando por otorgarles más poder en los procesos de toma de decisiones y planificación.

Lograr una transición energética justa no es un reto sencillo y para poder conseguirlo es necesario involucrar a todas las partes relacionadas, sin dejar de lado a las comunidades locales, los trabajadores, los pueblos indígenas y los demás grupos marginados. Si todos estos grupos son tenidos en cuenta en la planificación, el desarrollo y la implementación de proyectos de energía renovable, se conseguirá que puedan opinar y que estén incluidos. Otra manera de garantizar una transición justa para todos los individuos es aportar la capacitación y oportunidad de conseguir un empleo en el sector de la energía limpia, ya que esto puede solventar las preocupaciones de todos aquellos trabajadores de las industrias tradicionales de combustibles fósiles, muy contaminantes y contrarias a la transición energética.

Un derecho fundamental de la persona es el acceso a la energía limpia y asequible, derecho concorde con la transición energética justa que prioriza el acceso universal a la energía. Las fuentes de energía renovable constituyen un papel crítico en la transición energética, estas son cada vez más eficientes y competitivas en costes. Sin embargo, es necesario asegurar que estas nuevas fuentes de energía no suponen un aumento de

costes de energía para aquellos hogares con los ingresos más bajos. Con la finalidad de evitar esto se aboga por la implementación de políticas y mecanismos para ofrecer ayuda financiera, como subsidios y programas de eficiencia energética, para garantizar que nadie se quede atrás en el cambio hacia fuentes de energía más limpias.

Por otro lado, la crisis ecológica, el cambio climático y todos sus impactos desproporcionados en los países en desarrollo, son otro factor muy importante a tener en cuenta para lograr una transición energética justa. En muchas ocasiones, la falta de recursos y de la tecnología necesaria, generan en los países en desarrollo la inhabilidad de lograr la transición energética independientemente. Este hecho no se debe pasar por alto, al contrario crea una responsabilidad en los países desarrollados de cooperar, aportando asistencia financiera que pueda permitir conseguir una transición energética justa mundial. Con respecto a esta ayuda, debe ser un apoyo que respete tanto la soberanía como la autodeterminación de los países receptores, asegurando que sean ellos los que posean la propiedad sobre sus planes de transición energética.

La justicia medioambiental es otro aspecto crucial en términos de la transición energética justa ya que debe abordar todas las preocupaciones derivadas de la misma. Los impactos ambientales y de salud de la extracción y combustión de combustibles fósiles afectan a la población, pero lo hacen de manera desproporcionada afectando negativamente a las comunidades de primera línea. Es por esto que es imprescindible reducir todo lo posible estos impactos desproporcionales. Para esto es necesario la eliminación gradual de las prácticas nocivas y los elementos contaminantes, a su vez que promover alternativas de energía renovable y limpia. Asimismo, no solo hay que establecer cómo reducir los impactos negativos, sino que también hay que hacer un esfuerzo para restaurar todo aquello que ha sido impactado negativamente por los sistemas energéticos anteriores. Además, hay que asegurar que estas comunidades afectadas participen y opinen en los procesos de toma de decisiones y así se puedan beneficiar de estos esfuerzos de restauración.

En conclusión, una transición energética justa no se trata simplemente de hacer una transición a energía renovable y limpia; se trata de crear un futuro justo y sostenible para todos los individuos. La transición energética justa se basa en principios de equidad social, inclusión y justicia, y de esta manera puede asegurar que la transición beneficie a todos los miembros de la sociedad, especialmente a aquellos que a lo largo de la historia han sido marginados. Heffron et al. (2018) dividen la justicia energética en pobreza energética, seguridad energética, accesos a la energía y democracia energética [13].

Dar voz a las comunidades cuando haya que tomar una decisión, va a permitir que se discutan todas las preocupaciones de los trabajadores, especialmente de los más vulnerables, y así poder conseguir el acceso universal a la energía y tener en cuenta la equidad global y la justicia medioambiental. Si conseguimos que la transición energética sea justa estaremos apostando por un sistema energético verdaderamente justo y sostenible y que funcione para todos los individuos.

En resumen, para conseguir que la transición energética sea justa debe considerar el efecto que tiene en la sociedad. Es por esto, que en este trabajo abogamos que esto se cumpliría con la inclusión de la pobreza energética como parámetro en los modelos de planificación energética. Con la inclusión de la pobreza energética se consideraría el efecto de la transición en la sociedad, ya que permitiría tener en cuenta aquellas personas más vulnerables y garantizar la asequibilidad y el acceso a unos servicios energéticos asequibles, fiables y modernos para todos los individuos.

## **CAPÍTULO 3. POBREZA ENERGÉTICA**

### **3.1 ¿QUÉ ES LA POBREZA ENERGÉTICA?**

La pobreza energética es una manifestación de vulnerabilidad energética en un espacio y tiempo determinado, la cual afecta a un gran número de los hogares a nivel mundial y que debe investigarse para reducir el impacto social y desarrollar políticas energéticas adecuadas. Esta labor no consiste únicamente en implementar medidas de ahorro energético o el suministro de edificios con energía renovable. La pobreza energética se manifiesta como resultado de situaciones como bajos ingresos, altos precios de la energía y la ineficiencia de las viviendas.

La pobreza energética se produce cuando las facturas de energía representan un alto porcentaje de los ingresos de los consumidores y puede afectar a su capacidad para cubrir otros gastos. También puede darse cuando los consumidores se ven obligados a reducir el consumo energético de sus hogares y, en consecuencia, esto afecta a su salud física y mental y a su bienestar. Además, la inasequibilidad, la insuficiente renta disponible, el elevado gasto energético y la escasa eficiencia energética de los hogares contribuyen a agravar el problema. El Centro de Asesoramiento sobre Pobreza Energética (EPAH) calcula que unos 35 millones de personas en la Unión Europea no pueden mantener sus hogares adecuadamente calientes, siendo los grupos demográficos más vulnerables los más afectados [20].

El concepto de la pobreza energética defiende el derecho humano a la energía y promueve una ciudadanía capacitada en consumo y producción responsable de energía. Esta idea como abogan Clavijo-Núñez et al. (2022) contrasta con la visión dominante de la mayoría de las políticas energéticas, donde los servicios energéticos

se rigen por criterios de mercado y la maximización de los beneficios privados para empresas de energía [20].

La pobreza energética surge como consecuencia del acceso desigual a los servicios energéticos modernos. Este concepto fue definido por Brenda Boardman en 1990 como: “incapacidad para un hogar de obtener una cantidad adecuada de servicios de la energía por el 10% de la renta disponible” [21]. Esta definición introdujo el concepto del gasto energético desproporcionado en los países. Como consecuencia, surge como una dimensión clave de la pobreza energética es el infragasto o pobreza energética oculta (HEP), es decir todos aquellos hogares que reducen su consumo por debajo de un nivel mínimo o requerido de servicios energéticos por falta de asequibilidad de los mismos. En la ilustración número 4, obtenida del Informe de Indicadores de Pobreza Energética en España 2021, podemos observar un mapa de España mostrando los resultados de los indicadores de la pobreza energética severa en 2021 y observar su disparidad [22].



*Ilustración 4 . Indicador de pobreza energética oculta severa (HEP – GET/4) por CC.AA. en España 2021*

[22]

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) ha publicado que en España en 2021 el porcentaje de pobreza energética escondida es un 9,3% de los hogares. La pobreza energética conlleva a dificultar el desarrollo económico, de dichos individuos o poblaciones, acentúa las desigualdades sociales, y no permite el bienestar general de las personas y comunidades. La pobreza energética es un fenómeno multidimensional, una de las mencionadas dimensiones se refiere al uso de fuentes de energía ineficientes y contaminantes. Por ejemplo, multitud de hogares con bajos ingresos emplean estas fuentes de energía ineficientes y contaminantes para cocinar, calentar y otras necesidades esenciales.

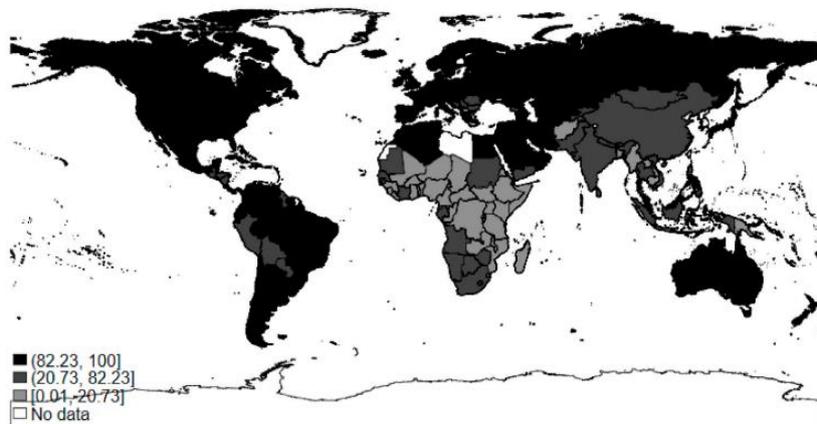
Energy service	Developing countries			Developed countries
	Low income households	Middle income households	High income households	
Cooking	Wood (including wood chips, straw, shrubs, grasses, and bark), charcoal, agricultural residues, and dung	Wood, agricultural residues, coal, kerosene, and biogas	Wood, kerosene, biogas, liquefied petroleum gas, natural gas, electricity,	Electricity, natural gas
Lighting	Candles, kerosene (sometimes none)	Kerosene, electricity	Electricity	Electricity
Space heating	Wood, agricultural residues, and dung (often none)	Wood, agricultural residues	Wood, coal, and electricity	Oil, natural gas, or electricity
Other appliances	None	Electricity, batteries	Electricity	Electricity

*Tabla 2 La escalera energética horizontal para el uso doméstico de energía [23]*

En la Tabla 2, obtenida del documento de Sovacool: La economía política de la pobreza energética: Un repaso a los principales retos [24], podemos observar como el acceso a los servicios energéticos depende en primer lugar de la localización de los hogares, si se encuentran en países desarrollados o en desarrollo, y en segundo lugar depende del número de ingresos de cada hogar. Aquellos hogares en países en desarrollo y con un bajo número de ingresos tienen acceso a escasos servicios energéticos que les permitan su bienestar. Cabe destacar un dato de la tabla 2 que se trata de que rara vez un hogar de bajos ingresos en los países en desarrollo tiene acceso fuentes de energía modernas. Este dato es impensable en países en desarrollo

lo que evidencia que hay países en los que existe una pobreza energética que llega al extremo que se manifiesta en una de sus múltiples dimensiones: la falta de acceso a fuentes eficientes y modernas.

La pobreza energética define la importancia de la energía como derecho, es decir, los hogares que sufren la pobreza energética son aquellos que no poseen el acceso a servicios energéticos adecuados para satisfacer sus necesidades básicas. Por ejemplo, una manifestación de una dimensión de la pobreza energética sería la dependencia de fuentes de energía tradicionales y dañinas, como el queroseno, y la incapacidad de pagar los servicios de energía debido a los elevados costes de los mismos. Se puede llegar a manifestar de distintas maneras, desde la privación total de energía hasta el acceso parcial o el suministro poco confiable.



*Ilustración 5 Porcentaje de la población total sin acceso a combustibles limpios para cocinar(2000-2019)*

[24]

Un ejemplo de manifestación de pobreza energética habitual es en la cocina. La cocina es una de las necesidades básicas del ser humano, y para poder cocinar es necesario la energía en forma de calor. La ilustración 4 muestra el porcentaje de la población total sin acceso a combustibles limpios para cocinar. Podemos observar como una gran mayoría del mapa mundial posee un alto porcentaje, es decir, no tiene combustibles limpios a la hora de cocinar. Esto es una manifestación de la pobreza energética.

La calefacción, el agua caliente, la refrigeración, la iluminación y la energía para alimentar los electrodomésticos son servicios esenciales necesarios para garantizar hogares energéticamente eficientes, niveles básicos y niveles decentes de vida y salud [25]. Numerosos factores contribuyen a la existencia de la pobreza energética.

Un primer factor sería la falta de infraestructura, en muchas áreas marginadas y excluidas no poseen las infraestructuras necesarias que les permita el acceso a fuentes eficientes y modernas. Estas infraestructuras necesarias serían por ejemplo redes de distribución y redes eléctricas. En segundo lugar, la pobreza y asequibilidad. Aquellos hogares con bajos ingresos tienen problemas para pagar los costes de los servicios energéticos modernos, esto los hace muy vulnerables ante la pobreza energética. El tercer factor son los desafíos geográficos. Aquellos territorios con mayor índice de desastres naturales, situaciones climáticas extremas o barreras geográficas, poseen una dificultad añadida a la hora de tener acceso a la energía y desarrollar infraestructuras. Por último, un factor es la política y gobernanza. Las brechas en las políticas, la regulación insuficiente y la gobernanza débil generan un obstáculo a la hora del desarrollo y planificación de estrategias eficaces de acceso a la energía.

Aquellos afectados por la pobreza energética, son afectados por sus impactos negativos. La pobreza energética tiene consecuencias a largo plazo más allá de la ausencia de servicios energéticos básicos. En primer lugar, implicaciones para la salud y el bienestar. Depender de fuentes de energía contaminantes para acciones diarias, como cocinar o calentar, fomenta la contaminación del aire interior de los hogares, pudiendo llegar a causar enfermedades respiratorias y muertes prematuras. En segundo lugar, en la educación y desarrollo humano. La capacidad de los estudiantes para acceder a tecnologías de la información y la comunicación, está limitada a la capacidad del acceso a la energía. Otro impacto tiene lugar en la economía. El acceso insuficiente a la energía es una complicación para la productividad económica, especialmente en áreas rurales, al limitar las oportunidades para actividades

generadoras de ingresos, la productividad agrícola y el crecimiento de pequeñas empresas.

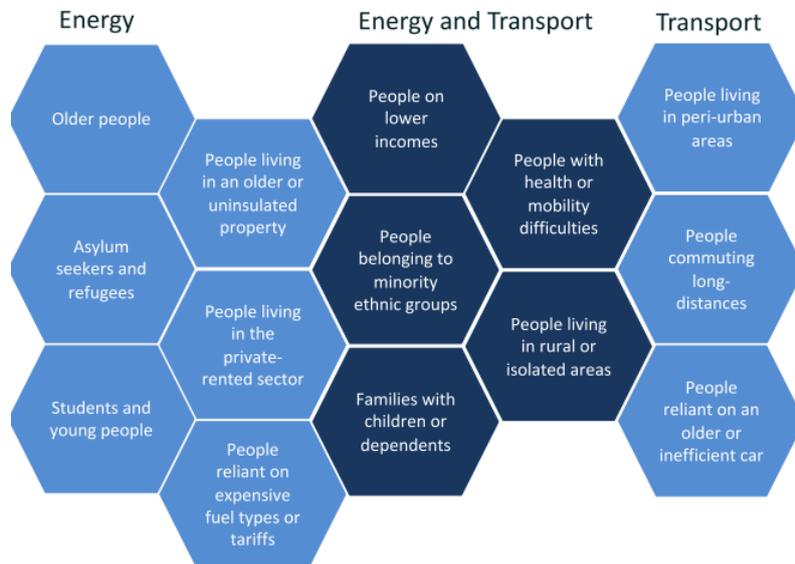
Risk factor	Deaths (millions)	Percentage of total
1 Childhood underweight	2.0	7.8
2 High blood pressure	2.0	7.5
3 Unsafe sex	1.7	6.6
4 Unsafe water, sanitation, hygiene	1.6	6.1
5 High blood glucose	1.3	4.9
6 Indoor smoke from solid fuels	1.3	4.8
7 Tobacco use	1.0	3.9
8 Physical inactivity	1.0	3.8
9 Suboptimal breastfeeding	1.0	3.7
10 High cholesterol	0.9	3.4

*Tabla 3 Factor de riesgo que causan muerte para países de bajos ingresos, 2004 [26]*

Como hemos mencionado anteriormente la pobreza energética tiene grandes implicaciones en la salud. La tabla 3 muestra aquellos factores de riesgo que causaron la muerte en aquellos países con bajos ingresos en 2004. Podemos observar cómo los factores de riesgo están altamente relacionados con la pobreza energética, es decir, vemos como ésta influye directa y negativamente en la salud de un gran porcentaje de todos aquellos que viven en ella.

Otros impactos negativos generados debido a la pobreza energética serían: la desigualdad de género y el impacto ambiental. Habría un impacto negativo ya que en muchos países en desarrollo son las mujeres las que tienen la responsabilidad de realizar las tareas domésticas. La pobreza energética les afecta desproporcionadamente ya que son ellos las que tienen que cocinar o buscar agua, a menudo de manera insegura. Por otro lado, también se impacta negativamente al medioambiente. Depender de fuentes de energía contaminantes e ineficientes contribuye a la deforestación, las emisiones de carbono y el cambio climático, lo que agrava la degradación ambiental y la vulnerabilidad de las comunidades.

Cómo hemos podido observar la pobreza energética es un fenómeno que actualmente afecta a un gran número personas, tanto en países desarrollados como en desarrollo. Sin embargo, cabe destacar que cómo hemos visto no afecta a todo el mundo de la misma manera. Hay grupos que son más afectados ya sea por diversas razones como pueden ser las geográficas.



*Ilustración 6 Grupos de Riesgo de Pobreza Energética y Transporte [27].*

En la ilustración 6 podemos ver cómo hay distintos grupos de riesgo dentro de los afectados por la pobreza energética entendida como falta de asequibilidad (países desarrollados). Tal y cómo vemos en la imagen hay numerosos factores que influyen en el impacto de la pobreza energética. De esta manera, sabiendo ya de que se trata la pobreza energética y que afecta a numerosas comunidades e individuos, es

imprescindible poder medirla para así poder identificar los grupos que son más vulnerables.

## **3.2 MEDIR LA POBREZA ENERGÉTICA**

Como hemos visto anteriormente la pobreza energética es un problema grave, actual y que afecta a millones de personas. Para poder combatirla, esta necesidad es apoyada tanto desde un enfoque de justicia como de enfoques de cálculos. La pobreza energética es multidimensional y no hay una sola forma de medirla, por eso existen diferentes índices que permiten su medición.

Estos indicadores de pobreza energética son realmente imprescindibles y necesitamos que sean precisos. Es tan crucial poder medir la pobreza energética ya que no solo radica en la falta de acceso a fuentes de energía asequibles y limpias, sino que afecta a la salud, al desarrollo socioeconómico, acentúa las desigualdades y crea problemas graves tanto como para el bienestar humano como para la sostenibilidad medioambiental. Es por esto que afecta en varios aspectos a las personas que la sufren: la salud, educación, igualdad de género, etc. Los indicadores de pobreza energética que se usan en países en vía de desarrollo (falta de acceso a la energía) son distintos a los que se usan en países desarrollados (falta de asequibilidad de los servicios energéticos).

En primer lugar, esta medición de la pobreza energética se ve altamente limitada por la escasez de datos. Es por esto, que comenzaremos con la revisión de todos aquellos datos que nos facilitarán poder sustentar una medida de la pobreza energética. Para la obtención de estos datos necesarios hemos revisado diversas fuentes. La Agencia Internacional de la Energía (IEA) recopila datos sobre el acceso a la energía a nivel nacional desde 2004. Otra fuente es la Medida DHS (encuestas demográficas y de salud), este es un proyecto fundado por La Agencia de los Estados Unidos para el

desarrollo internacional (USAID). Esta fuente analiza datos a nivel nacional en relación a diversos aspectos: la nutrición, la malaria, la fertilidad, la salud materna e infantil, la planificación familiar, el género y el VIH. Como consecuencia de estas encuestas, tenemos información recopilada en los hogares que incluye unos indicadores de la pobreza energética entendida como falta de acceso a energía o servicios energéticos modernos y limpios. Por otro lado, UNICEF Childinfo también aporta unos indicadores muy parecidos.

Dimension	Indicator (weight)	Variable	Deprivation cut-off (poor if...)
Cooking	Modern cooking fuel (0.2)	Type of cooking fuel	Use any fuel beside electricity, LPG, kerosene, natural gas, or biogas
	Indoor pollution (0.2)	Food cooked on stove or open fire (no hood/chimney) if using any fuel beside electricity, LPG, natural gas, or biogas	True
Lighting	Electricity access (0.2)	Has access to electricity	False
	Services provided by means of household appliances	Has a fridge	False
Entertainment/education	Household appliance ownership (0.13)	Has a radio OR television	False
	Entertainment/education appliance ownership (0.13)	Has a radio OR television	False
Communication	Telecommunication means (0.13)	Has a phone land line OR a mobile phone	False

*Tabla 4 Dimensiones y respectivas variables con cortes, incluyendo pesos relativos (entre paréntesis)[28]*

Nussbaumer et al. (2011) se centran en proponer indicadores para cada una de las dimensiones que podemos observar en la tabla 4. Estas cuatro dimensiones son: cocina, iluminación, servicios aportados por electrodomésticos, entretenimiento/educación y comunicación. Para cada dimensión los autores proponen unos indicadores y variables que les permiten medir la pobreza energética [28].

El conjunto de todos los datos recogidos lo podemos dividir en dos, por un lado el conjunto de datos a través de encuestas y el que obtenemos a nivel nacional para indicadores preseleccionados. En cuanto a términos de pobreza energética, una ventaja de las encuestas es que además de proporcionar datos sobre la energía nos aporta a su vez un contexto. Esto nos da la oportunidad de poder realizar distintos

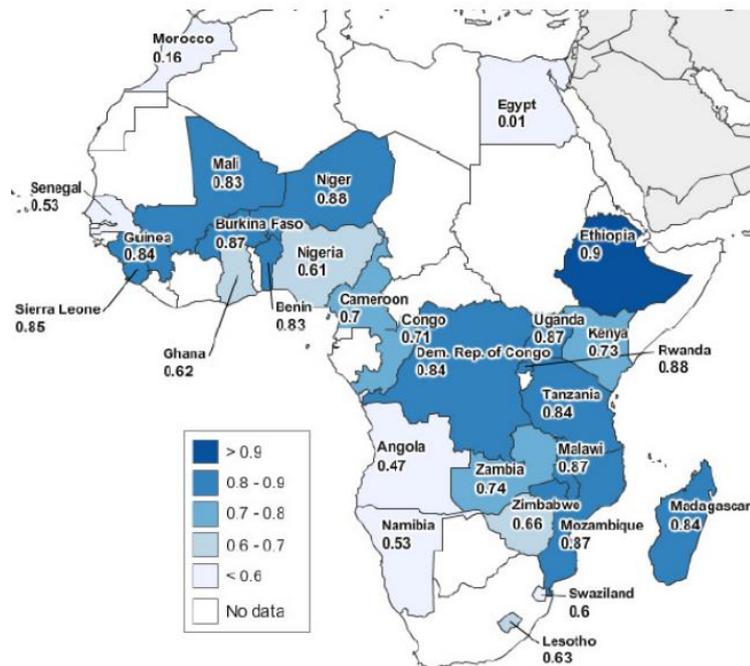
tipos de análisis por ejemplo: a nivel sub-nacional, dividir entre zonas urbanas o rurales o según el número de ingresos o gastos. Esto nos da una nueva visión del desarrollo de las medidas adoptadas y políticas existentes.

Sin embargo, para poder obtener indicadores de pobreza energética, que nos permitan la recopilación de datos, necesitamos seleccionar minuciosamente una serie de variables que nos permitan la constitución de los mismos. Con este objetivo nos centraremos en dos enfoques, uno cuantitativo y el otro cualitativo. Tomaremos estos dos caminos para poder centrarnos en las fortalezas, implicaciones y limitaciones de cada uno con la intención de brindar apoyo para la formulación, desarrollo e implementación de políticas.

En cuanto a la medición de la pobreza energética, es imprescindible llevar a cabo un enfoque cuantitativo. Este enfoque nos permite basarnos en indicadores relacionados con el consumo, gasto y acceso a la energía. Aquellos indicadores que se centran en el consumo de la energía evalúan la proporción de los ingresos de los hogares que se gasta en energía. Por otro lado, también dentro del consumo de la energía, los indicadores de intensidad energética miden la cantidad de energía utilizada por unidad de producción económica. El enfoque del requerimiento mínimo de energía estima la energía mínima necesaria para satisfacer las necesidades humanas básicas [16]. En cuanto a los indicadores relacionados con el acceso a la energía, son aquellos que se centran en la disponibilidad, confiabilidad y calidad de la electricidad y los combustibles modernos para cocinar. Nos centramos en la cocina ya que es una de las necesidades más básicas: la alimentación. Se necesita energía, en forma de calor, para preparar las comidas. Hay muchos índices compuestos que combinan múltiples dimensiones de la pobreza energética en una sola medida, tres ejemplos son: el Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI), el Índice de Pobreza Energética (EPI) y el Índice de Energía Doméstica (HEI).

Como hemos mencionado anteriormente, hay muchos índices compuestos que reúnen varias dimensiones de la pobreza energética en una sola medida. Un ejemplo dado

anteriormente y en el que nos centraremos es el Índice de Pobreza Energética Multidimensional (MEPI). El MEPI captura el conjunto de privaciones de energía que pueden afectar a una persona y está compuesto de cinco dimensiones que representan servicios básicos de energía con seis indicadores. Se identifica una persona como afectada por la pobreza energética si la combinación de las privaciones enfrentadas supera un umbral predefinido. El MEPI es el producto de un índice de recuento (porcentaje de personas identificadas como pobres en energía) y la intensidad promedio de privación de los pobres energéticamente.



*Ilustración 7 MEPI para países seleccionados de África [29]*

La pobreza energética es un concepto multidimensional que se abarca de distinta manera según diferentes factores. Uno de estos factores sería la disposición geográfica. Por esta razón, nos gustaría centrarnos en este párrafo en los indicadores para medir la pobreza energética en el continente europeo. Estos se explican en el documento de Roberto Barrella:” Para comprender el alcance y la profundidad de la

pobreza energética en un país es necesario cuantificar el número de hogares en situación de pobreza energética. Estos indicadores pueden clasificarse en tres grupos principales: (1) indicadores basados en datos sobre ingresos y gastos (indicadores objetivos); (2) indicadores autodeclarados (subjetivos) y (3) indicadores de "enfoque directo que controlan parámetros como la temperatura interior o la humedad" [9].

Los indicadores hacen posible la medición de la pobreza energética a partir de un enfoque cuantitativo, ahora bien, es necesario llevar a cabo un enfoque cualitativo que complemente al anteriormente estudiado mediante experiencias subjetivas e información contextual. Este enfoque nos permitirá una visión más participativa a través de las discusiones de grupos focales y el mapeo energético comunitario. Esto conlleva una implicación con las personas y comunidades ya que se hace el esfuerzo de comprender sus necesidades, desafíos y aspiraciones energéticas. Este enfoque brinda unos indicadores, pero esta vez al tratarse de magnitudes cualitativas, se trata de indicadores por su mayoría subjetivos. Dos ejemplos serían la satisfacción y la asequibilidad energética, ambos proporcionan información sobre las percepciones y experiencias de las personas relacionadas con la pobreza energética. Para una comprensión más profunda e individual, se deben llevar a cabo entrevistas cualitativas y el estudio de casos individuales. Esto nos conseguirá una mejor dinámica social, económica y cultural más amplia de la pobreza energética.

Cabe mencionar, que la pobreza energética es un problema que ha estado presente a lo largo de la historia, y ahora los avances tecnológicos han hecho factibles nuevas posibilidades para remediarla. En primer lugar, el análisis geoespacial y las imágenes satelitales nos proporcionan una información muy valiosa en términos de pobreza energética ya que podemos observar detalladamente la infraestructura energética y el acceso a la energía en áreas remotas. Por otro lado, los enfoques de aprendizaje automático y big data nos ofrecen conjuntos de datos masivos para identificar patrones, tendencias y correlaciones relacionadas con la pobreza energética [26]. En tercer lugar, otros avances muy favorecedores son el monitoreo en tiempo real y las tecnologías de detección remota. Estos avances permiten el monitoreo continuo del

acceso y consumo de la energía. Por último, los sistemas de medición inteligente y el blockchain nos hacen capaces de realizar un seguimiento preciso y transparente de las transacciones y uso de la energía.

La medición de la pobreza energética tiene implicaciones directas en las políticas y por esto mismo ha de ser precisa. Si esto se consigue constituye una ayuda para los formuladores de políticas, ya que podrán orientar las intervenciones que vayan a realizar hacia las poblaciones más vulnerables y a su vez podrán priorizar la asignación de recursos a aquellos que más los necesiten. La evaluación de la efectividad de los programas de acceso a la energía, permitirá a los formuladores de políticas tomar decisiones altamente informadas sobre la extensión de iniciativas que hayan sido exitosas y la modificación de aquellas que han resultado ser ineficaces.

Conseguir llevar a cabo una precisa, real y eficaz medición de la pobreza energética, genera un importante progreso en el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Especialmente, se alinea con el Objetivo número 7, cuyo objetivo es garantizar una energía asequible y no contaminante.

### ***3.3 DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES DE INCLUIR LA POBREZA ENERGÉTICA EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA***

Habiendo definido la transición energética y la pobreza energética previamente, debemos estudiar los desafíos y oportunidades de la inclusión de la pobreza energética como parámetro en dicha transición con el objetivo de analizar si conseguiremos que la misma sea justa. Siguiendo las dimensiones de justicia energética, se garantiza la seguridad energética, igualmente el acceso y la democracia se pueden incluir como un análisis post de modelos. Por ejemplo, la pobreza recopila los efectos que tiene la

volatilidad de los precios a causa de una situación, por ejemplo, Rusia-Ucrania. Es decir, es un aspecto de justicia energética que nos interesa analizar exhaustivamente en el contexto de la transición. Entendemos como transición energética justa el proceso fundamental que busca cambiar la forma en la que se produce, distribuye y se consume la energía de una forma equitativa y justa en la sociedad. Es decir, es una decisión de vivir en un tipo diferente de sociedad, no simplemente una versión del mundo más baja en carbono de la actual.

Sin embargo, esta inclusión de la pobreza en la transición energética con la finalidad de que sea justa no es un proceso sencillo. El proceso presenta numerosos desafíos, pero a su vez multitud de oportunidades que se generan a partir de la inclusión de la pobreza.

En primer lugar, nos gustaría enumerar los desafíos que surgen a partir de la inclusión de la pobreza energética como parámetro en la transición energética. Los retos se pueden dividir en dos partes: tecnológicos y regulatorios/políticos. Si bien hay medidas paliativas contra la pobreza energética, necesitamos medidas estructurales que la acaben. Los principales desafíos tecnológicos que se hacen partícipes son: la limitación de infraestructuras y las barreras tecnológicas presentes en multitud de países. Por otro lado, los retos regulatorios o políticos serían: la desigualdad socioeconómica y la asequibilidad de la energía.

La pobreza energética en muchas ocasiones es generada o agravada por la falta de infraestructuras necesarias. La posesión de una infraestructura energética inadecuada conlleva problemas como la ausencia de conectividad a la red o un suministro de energía poco confiable. Esto es gran desafío ya que para poder abordar la pobreza energética serían necesarias unas inversiones muy significativas en todas aquellas comunidades, normalmente remotas y marginadas, que no tienen las infraestructuras necesarias.

Otro reto a la hora de incluir la pobreza energética en la transición es la asequibilidad. Muchos hogares identificados como pobres energéticamente se encuentran en esta situación debido a que sus bajos ingresos, los altos precios de la energía y/o la ineficiencia de sus viviendas no les permiten poder pagar los servicios energéticos modernos. El cambio de energías de combustibles fósiles, muy contaminantes, a fuentes de energías renovables constituye un reto económico para muchos hogares. Como consecuencia, se dificulta garantizar la asequibilidad para aquella población pobre energéticamente.

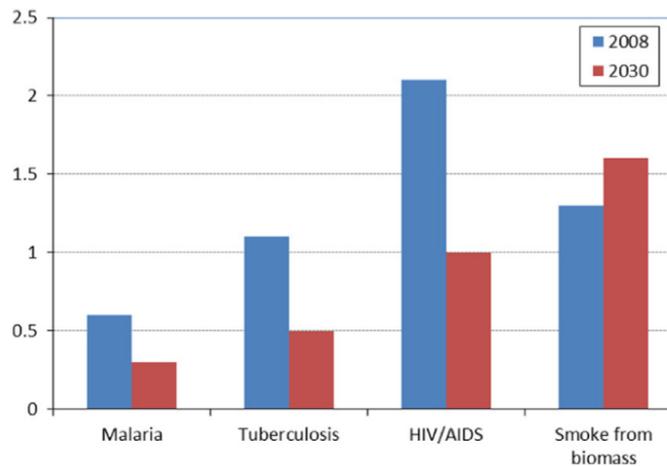
El tercer reto al que nos enfrentamos es la desigualdad socioeconómica. La pobreza energética está estrechamente vinculada con cuestiones más amplias de desigualdad socioeconómica. Dejar de lado y no considerar las necesidades de las comunidades marginadas durante la transición energética es un problema, ya que acentuaría las desigualdades ya existentes, y esto generaría una mayor exclusión social y profundizaría la pobreza energética. Es por esto que se trata generado por la ya existente desigualdad socioeconómica, y que debemos de tratar de erradicar y no exacerbar.

Las barreras tecnológicas presentes en multitud de países es el último reto en cuanto a la inclusión de la pobreza energética. Aquellas personas que viven en un entorno de pobreza poseen unas limitaciones tecnológicas y la falta de conocimiento sobre las tecnologías energéticas que son verdaderamente eficientes. Esto supone un reto ya que para eliminar estas barreras tecnológicas necesitamos soluciones innovadoras que sean accesibles para todo el mundo, fáciles de usar debido a la falta de conocimientos y culturalmente apropiadas.

Pese a todos los retos que supone incluir la pobreza energética en la transición, superar estos retos y conseguirlo nos permitiría abordar una transición energética justa hacia un futuro sostenible. Algunas de las diversas oportunidades que nos brindaría esta

inclusión serían: la mejora de la salud y bienestar de todos los individuos que lo necesiten, un desarrollo económico, mitigación de la crisis ecológica y del cambio climático de una manera justa y una mayor resiliencia social y empoderamiento.

La primera oportunidad generada a mencionar es la mejora de la salud y el bienestar de todas aquellas personas que lo necesiten. Las personas que viven en pobreza energética a menudo están expuestas a energías de combustibles fósiles muy contaminantes. Conseguir que puedan acceder a servicios de energía limpios y modernos conllevaría una mejora significativa en sus resultados de salud. Por ejemplo, la electrificación y las energías limpias orientadas a la hora de cocinar conllevan una gran mejora en la calidad del aire interior de los hogares. Esto reduciría las enfermedades respiratorias y las muertes prematuras.



*Ilustración 8 Muertes prematuras anuales (millones) por contaminación del aire doméstico y otras enfermedades [30].*

Con la figura número 8 podemos comparar el número de muertes causadas por varias enfermedades (malaria, tuberculosis y HIV/AIDS) con el número de muertes causadas por la contaminación interior. A partir de los resultados, observamos que mueren más personas a causa de la contaminación interior que de malaria y tuberculosis. De hecho,

la contaminación interior solo es superada por el VIH/SIDA en 2008. Sin embargo, la OCDE espera que el número de muertes por contaminación interior aumentar ligeramente en un futuro, de modo que en realidad pueden superar las muertes por VIH/SIDA en 2030. La expectativa es que tanto los ingresos como el uso de servicios energéticos modernos aumenten en muchos países, pero esa mejora será insuficiente para compensar el aumento de la población a menos que se tomen medidas específicas [14]. En este trabajo abogamos que una medida específica, que conseguirá la reducción de la mortalidad, es la inclusión de la pobreza energética ya que su inclusión reduciría la contaminación interior de los hogares.

El crecimiento económico sería la segunda oportunidad que nos brindaría la inclusión previamente mencionada. Es necesario saber que el acceso a fuentes eficientes y modernas, es un catalizador crítico para el desarrollo económico. Al tener en cuenta la pobreza energética en la transición, y por tanto incluir las comunidades pobres en energía, se obtendrían nuevas oportunidades para la generación de ingresos, la creación de empleo y el espíritu salarial. Estas tres nuevas oportunidades aliviarían la pobreza de dichas oportunidades y favorecerían a un crecimiento económico sostenible.

En tercer lugar, la mitigación de la crisis ecológica y del cambio climático de una manera justa sería la siguiente oportunidad. Luchar contra la crisis ecológica y el cambio climático ayudaría abordar la pobreza energética en el contexto de la transición energética. Viceversa, al poder asegurar el acceso universal, sin marginar a ninguna comunidad ni individuo, a fuentes de energía renovable, eficiencia energética y prácticas sostenibles, las emisiones de gases de efecto invernadero se pueden reducir al mismo tiempo que se proporciona energía limpia a todos aquellos que la necesitan.

La resiliencia social y empoderamiento sería la última oportunidad generada como consecuencia de la inclusión de la pobreza energética en la transición. Tener acceso a servicios energéticos asequibles y confiables genera un empoderamiento de las

personas y comunidades. Esto conlleva que puedan satisfacer sus necesidades básicas, continuar con su educación y participar en actividades productivas. Incluir aquellas poblaciones que se encuentran en pobreza energética fomenta la cohesión social y reduce sus vulnerabilidades. Esto fortalecería la resiliencia social, es decir, se fomentaría la capacidad de las personas para superar esas situaciones difíciles que se generaban como consecuencia de sus vulnerabilidades.

En conclusión, una vez analizados todos los retos y oportunidades generados de incluir la pobreza energética en la transición podemos afirmar que es la única manera de conseguir que la transición energética sea justa y equitativa para todos los individuos. Los modelos matemáticos destinados a llevar a cabo la transición deben incluir como parámetro la pobreza energética si quieren que la misma sea justa, ya que incluirla garantiza un objetivo de la transición energética justa: tener en cuenta su impacto en la sociedad. La inclusión de la pobreza energética consigue tener en cuenta el efecto de la transición en la sociedad ya que se garantiza el acceso a unos servicios energéticos asequibles, fiables y modernos para todos los individuos, especialmente de aquellos más vulnerables.

## **CAPÍTULO 4. MODELOS DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA**

### **4.1 REVISIÓN LITERARIA DE MODELOS DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA**

Actualmente, nos encontramos en una etapa especialmente significativa en términos de transformación energética. Esto se debe a la crucial y creciente necesidad de combatir la crisis ecológica, mitigar el cambio climático y reducir la dependencia en los combustibles fósiles. Con objetivo de lograr estos propósitos mencionados se lleva a cabo la elaboración de modelos para la transición energética. Estos modelos suponen retos no solo a nivel tecnológico-matemático, que llevan a desarrollos de nuevos modelos de optimización, sino también retos a nivel socioambiental como la inclusión de la justicia, social y/o ambiental, un concepto que suele desaparecer en debates sobre transición energética.

Fodstad et al. (2022) [31] abogan que el modelado de sistemas energéticos es cada vez más importante para planificar una economía neutral en carbono en el futuro. Esto nos hace presente que los modelos de transición energética tienen un papel imprescindible en la misma transición ya que nos permiten el desarrollo de estrategias y planes efectivos para conseguir todos los resultados deseados y la comprensión de la dinámica, tan compleja, de esta transición. Uno de los resultados que queremos resaltar en este trabajo es conseguir que la transición energética sea justa y equitativa. De esta manera, hemos llevado a cabo una revisión de la literatura de los modelos energéticos. Esta revisión nos permite explorar los modelos de la transición

energética, sus metodologías, limitaciones, cómo podrán desarrollarse en futuro y si incluyen o no el parámetro de pobreza energética.

El cambio de pasar de fuentes de energía basadas en combustibles fósiles a fuentes de energía renovables y sostenibles se lleva a cabo mediante modelos de transición energética. Estos modelos nos proporcionan un enfoque estructurado para analizar y simular la transición. Con el objetivo de conceptualizar y cuantificar las diversas y complejas interacciones entre diferentes sectores, tecnologías e intervenciones políticas se han propuestos diferentes marcos que lo permitan. Un ejemplo sería el marco de la perspectiva multinivel (MLP). Este marco examina las transiciones como procesos sociotécnicos en los que tienen una gran influencia los actores, redes e instituciones. Otro ejemplo de marco relevante es el enfoque de modelados de evaluación integrada (IAM). Este marco incorpora factores ambientales, tecnológicos y económicos para evaluar la transición energética a largo plazo.

Tras realizar una exhausta revisión literaria de diversos modelados de transición energética podemos concluir que cada modelo emplea diferentes técnicas de modelado. Estas técnicas van desde metodologías cuantitativas y cualitativas hasta enfoques híbridos. Un enfoque de modelaje energético es el modelado basado en agentes (ABM), este recoge el comportamiento y las interacciones entre varios actores, como industrias, hogares y legisladores, para simular las transiciones del sistema energético. Por otro lado, los modelos de dinámica de sistemas dan lugar a realizar el análisis de bucles de retroalimentación, retrasos y relaciones no lineales dentro de sistemas de energía complejos. Otro enfoque sería los modelos de optimización, como la programación lineal y la programación lineal entera mixta. Este enfoque nos permite identificar estrategias óptimas de inversión y política basadas en objetivos y restricciones previamente definidos. Un último enfoque que hemos podido resaltar, gracias a la revisión literaria, es el modelado basado en escenarios. Estos modelos permiten la investigación de vías alternativas y la evaluación de las incertidumbres que rodean las trayectorias de transición energética.

Los modelos de transición energética para poder llevarse a cabo consideran un gran abanico de variables e indicadores que permitan evaluar una serie de factores: los costes, la viabilidad y los impactos generados por la transición a un sistema energético sostenible. Centrándonos en las variables, previamente mencionadas, estas son especialmente relevantes para los modelos ya que incluyen patrones de oferta y demanda de energía, costes de tecnología, requisitos de infraestructura energética, emisiones de gases de efecto invernadero, e instrumentos de política. Por otro lado, tenemos los indicadores que son aquellos como por ejemplo la intensidad energética, las acciones de energía renovable y las métricas de seguridad energética se utilizan para evaluar el progreso, la intensidad de carbono y la eficacia de las estrategias de transición energética. Estos indicadores consiguen facilitar el análisis comparativo, la prueba de escenarios y la evaluación de políticas dentro de los modelos de transición energética.

Las aplicaciones de los modelos energéticos han sido muy diversas ya que estos se han aplicado a distintas escalas geográficas. Es decir, los modelos se han llevado a cabo desde un contexto global y nacional hasta otros muchos más reducidos como regionales y locales. La revisión literaria nos ha permitido el estudio de los casos en los distintos contextos. En dicha revisión hemos visto varios informes en los que se presentan resultados de los modelos de transición energética a escala global, como por ejemplo el World Energy Outlook y el Global Energy Assessment de la Agencia Internacional de Energía (IEA). Esta perspectiva proporciona información y datos sobre el sistema energético global y las posibles vías de descarbonización a nivel mundial. Por otro lado, la literatura de los modelos nacionales y regionales hace referencia a la ayuda que estos modelos aportan a los formuladores de políticas mediante la identificación de desafíos y oportunidades concretos del sector para la transición energética.

Una gran parte de la literatura científica de los modelos de transición energética se trata de estudios de casos centrados en un país o región específica. Esto permite el análisis de factores como la disponibilidad de recursos renovables, los marcos de

políticas y las condiciones socioeconómicas para desarrollar estrategias de transición energética centradas en una región específica. Estas regiones pueden ser grandes, como por ejemplo un continente, como se estudia en la literatura de Thomsom et al. (2017) [32]. El artículo de Thomson et al. se centra en Europa y examina críticamente las opciones estadísticas disponibles para monitorear la pobreza energética, al tiempo que propone mejoras en los datos existentes.

Por otro lado, la mayor parte de literatura se centra en el estudio de países. Santos Ayllón et al. (2022) [33] analizan cómo se conceptualiza la justicia en la práctica política a través de un análisis de estudio de caso de la formulación de políticas energéticas en Escocia. David et al. (2023) [34] se centran en que, en la República Checa, buscando proporcionar una perspectiva faltante al examinar las experiencias vividas por los hogares y conectarlas con las narrativas oficiales sobre la pobreza energética. El documento de Das et al. (2022) [35] examina las iniciativas llevadas a cabo en Ontario, Canadá, entre 2003 y 2018 para ayudar a los hogares pobres y vulnerables en términos de energía. El documento de Bode [36] examina la pobreza energética en Alemania y analiza los impulsores y factores que pueden limitar o facilitar la inclusión de consumidores vulnerables en proyectos de energía comunitaria. Maswabi et al. (2021) [37] argumentan que la transición energética en Botswana, enfocada en reducir la dependencia de la electricidad generada por carbón y aumentar la adopción de energía solar, solo puede lograrse mediante reconfiguraciones impulsadas por el gobierno y una voluntad política deliberada. Un último ejemplo del estudio de un caso centrado en un país sería el artículo de Kamp [38] que describe el enfoque de transición energética en los Países Bajos como un ejemplo de política industrial para lograr un crecimiento sostenible. Este enfoque se basa en la colaboración entre empresas y busca impulsar cambios en el sistema energético hacia la sostenibilidad.

Si bien el mayor número de estudio de casos se centra en países, también hay una cierta parte de la literatura que se centra en regiones más pequeñas. Un ejemplo sería el documento de Li et al. (2022) [39] que se centra en Sihuan, provincia del oeste de

China. Este estudio propone un marco de transición energética que considera diversos factores de impacto. Los autores analizan el consumo de energía sectorial, la conversión y el suministro de energía, y se realiza un análisis empírico en la provincia de Sichuan.

A través del estudio de la literatura de los modelos de transición energética podemos ver su gran utilidad, como dice Chang et al. (2021) [40] existen diversas herramientas de modelado disponibles, que ofrecen a los profesionales, planificadores y tomadores de decisiones múltiples opciones para representar el sistema energético mediante diferentes técnicas y metodologías. Sin embargo, pese a todas las ventajas que los modelos presentan, a su vez se enfrentan a numerosas limitaciones y desafíos. Un gran desafío al que nos enfrentamos es el modelado a largo plazo debido a las incertidumbres asociadas con los futuros avances tecnológicos, las condiciones económicas y la dinámica política. Una limitación presente en el modelado de sistemas de transición energética es que este modelado depende de la calidad y disponibilidad de los datos, las suposiciones realizadas y las simplificaciones del modelo. Por otro lado, La integración de factores sociales, de comportamiento y políticos complejos en los modelos de transición energética continúa siendo un desafío.

Sin embargo, el mayor desafío presente en los modelos de transición energética es que la mayor parte de ellos no tienen en cuenta las implicaciones distributivas y de equidad de la transición energética. Sin tener en cuenta parámetros de justicia, es imposible conseguir una transición justa e inclusiva. A través de la revisión literaria hemos podido observar la falta de inclusión de la justicia como parámetro en los modelos. Natalia Rubiano Rivadeneira et al. (2022) [2] confirma lo dicho anteriormente enfocándose en cómo los Modelos de Evaluación Integrada (IAM) han llegado a ser la principal herramienta para evaluar diferentes escenarios de mitigación, pero que en los cuales no se han considerado explícitamente las dimensiones de justicia.

Como consecuencia de la no inclusión de la justicia en los modelos obtenemos una transición energética muy lejos de ser justa y equitativa para lo sociedad. Para poder solventar esto necesitamos que los modelos incorporen dimensiones de justicia. La propuesta de este trabajo es la inclusión de la pobreza energética como parámetro. Este reto permitirá tener en cuenta a todos los individuos menos favorecidos energéticamente. Incluir a aquellas personas más vulnerables y fortalecer su situación energética nos permitirá alcanzar una transición justa y equitativa para toda la sociedad.

Tras llevar a cabo la revisión literaria de diversos modelos energéticos, hemos podido realizar la siguiente tabla en la que se muestran 15 tipos de modelo. A su vez, en cada modelo se indica su equilibrio, es decir, si es de equilibrio general o parcial, y el contexto en el cual se usa el modelo.

<i>Modelos</i>	<i>Equilibrio</i>	<i>Contexto</i>
BESOM	General	Nacional
EFOM	Parcial	Regional
NEMS	General	Nacional/Regional
PAMER	-	Regional
POLES	Parcial	Regional
SRIME	Parcial	Nacional
HOMER	General	-
OREM	Parcial	Nacional/Regional
LEAP	-	Nacional/Regional

MESSAGE	Parcial	Global/Nacional/Regional
MARKAL	Parcial	-
TESOM	General	Nacional/Regional
INTIGIS	Parcial	Nacional/Regional
SURE	Parcial	Regional/Local
MAED	Parcial	Nacional/Regional

*Tabla 5 Tipos de Modelo de planificación energética, equilibrio y contexto*

## **4.2 ¿QUÉ SE REQUIERE EN LOS MODELOS SI QUEREMOS INCLUIR LA POBREZA ENERGÉTICA EN ELLOS?**

Actualmente, la pobreza energética afecta a un 20,2% del total de la población española. Es decir, casi 10 millones de personas en España no tienen acceso a servicios energéticos asequibles, fiables, eficientes y sostenibles. Con el proceso de la transición energética se están cambiando sistemas de energía basados en combustibles fósiles a fuentes de energía renovables y sostenibles. Durante este proceso, implementado por los modelos de transición energética, es imprescindible que dichos modelos tengan como objetivo abordar la pobreza energética. La inclusión de la pobreza energética como parámetro en los modelos conseguirá llevar a cabo transiciones energéticas inclusivas y equitativas sin marginar a ningún individuo.

Conseguir la inclusión de la pobreza energética en los modelos es un reto, pero se trata de un reto imprescindible si queremos conseguir una transición energética justa. Para

poder lograrlo es necesario en primer lugar entender la naturaleza multidimensional del problema. El acceso, la asequibilidad y la fiabilidad de los servicios energéticos son tres dimensiones propias de la pobreza energética. Esta pobreza, a su vez se caracteriza por disparidades regionales y tiene profundos impactos socioeconómicos, lo que genera dificultades en el progreso en salud, educación e igualdad de género. Para poder tener en cuenta la pobreza energética, es imprescindible ser consciente de estas dimensiones y así poder diseñar soluciones eficientes que las abarquen.

Como hemos visto en la revisión literaria, los modelos energéticos se centran en el cambio hacia fuentes de energía renovable y la descarbonización, centrándose simplemente en lo que esto conlleva económica y medioambientalmente. De esta manera, dejan de lado a todas aquellas sociedades pobres energéticamente. Es por esto, que abogamos que es imprescindible comenzar a incluir en los modelos energéticos la pobreza energética como parámetro, con la finalidad de erradicarla y lograr una transición energética justa. Incluir la pobreza energética tendría como consecuencia que los formuladores de las políticas puedan garantizar que la transición energética beneficie a aquellos que lo necesitan.

Sin embargo, esta inclusión de la pobreza energética propuesta conlleva una serie de actos necesarios para conseguirlo. En primer lugar, es necesaria una sólida, cierta y extensa recopilación de datos, a su vez que un mapeo de estos. Es imprescindible examinar la pobreza energética a nivel local y nacional, permitiendo intervenciones específicas y una toma de decisiones informada. Para poder priorizar la pobreza energética, es necesario también la alineación de políticas. Esto conlleva incluir los objetivos de reducir la pobreza energética en las políticas energéticas nacionales y garantizar la coherencia con los objetivos de desarrollo sostenible.

Un factor muy importante a tener en cuenta para poder abordar la pobreza energética son todas las consideraciones tecnológicas. Como medio para lograr la transición energética, nos apoyamos en las fuentes de energía renovables, por lo que debemos conseguir que estas se adapten a diferentes contextos y necesidades locales. Esto puede desembocar en el desarrollo de soluciones fuera de la red, minirredes y sistemas

de energía descentralizados. El desarrollo, investigación e innovación de la tecnología no debe focalizarse solo en la eficiencia y la rentabilidad económica, es necesario que a su vez y con la misma importancia se centre en la accesibilidad y la idoneidad de todas aquellas comunidades pobres energéticamente.

Otros factores muy relevantes y necesarios a considerar son los mecanismos de financiación para incorporar la pobreza energética en los modelos de transición energética. Es imprescindible la movilización de inversiones para transiciones energéticas inclusivas. Esto quiere decir, que es necesario la exploración de mecanismos de financiación innovadores que consigan atraer el capital público y privado hacia todos los proyectos con el objetivo de reducir la pobreza energética. El acceso a financiamiento asequible generaría una facilitación de la adopción de soluciones de energía renovable por parte de las comunidades pobres energéticamente.

Una transición justa e inclusiva es un reto en cual tienen un papel fundamental el desarrollo de capacidades y el intercambio de conocimientos. Dar más voz y poder a las comunidades e individuos a través de programas de desarrollo de habilidades e intercambio de conocimientos, esto les ayudará a desarrollar su capacidad y apropiación local. Con esto, lo que estamos proponiendo es que las comunidades o personas pobres en energía al tener más poder y voz puedan participar activamente en los procesos de toma de decisiones. Esto generaría que todas las propuestas y soluciones energéticas también les favorezcan a ellos, y las soluciones se puedan adaptar a sus necesidades.

La inclusión de la pobreza energética sería muy beneficiosa para todos ya que conseguiríamos una transición energética justa y equitativa. Sin embargo, para poder conseguirlo de una manera efectiva es necesario afrontar varios retos y barreras. En primer lugar, las barreras institucionales y los marcos reguladores pueden llegar a dificultar este proceso de inclusión. Es necesario poder afrontar las restricciones financieras, para esto el acceso al capital es fundamental especialmente para todas

aquellas sociedades pobres energéticamente ya que habitualmente poseen recursos limitados. Otros desafíos nos los encontramos en las limitaciones tecnológicas y la falta de infraestructura necesaria. A su vez, cuando llega el momento de adaptarse a las soluciones sostenibles basadas en fuentes de energía renovables tienen un gran papel todos los factores socioculturales. En último lugar, un reto a la hora de incluir la pobreza energética es que haya una voluntad política y una buena gobernanza. Estos dos factores son cruciales para impulsar los cambios incluyendo la pobreza energética y conseguir la implementación de estos cambios en la sociedad.

Por todo lo mencionado anteriormente podemos observar todos los retos a los que nos enfrentamos a la hora de incluir la pobreza energética como parámetro en los modelos. Es por esto por lo que es necesario aportar soluciones y estrategias eficaces. Para poder crear una situación favorable para todos aquellos que sufren pobreza energética es imprescindible poseer unos marcos de políticas inclusivos y estructuras de gobernanza que brinden apoyo. Para poder conseguir nuestro objetivo de la inclusión de la pobreza energética es necesario unas grandes inversiones, como consecuencia nos harán falta mecanismos de financiación innovadores y contribuyentes a la causa. Como hemos visto en párrafos anteriores necesitamos conseguir más poder en las comunidades pobres energéticamente, es decir, abogar por un enfoque liderado también por miembros de la comunidad e imprescindiblemente optar por soluciones energéticas descentralizadas. Esto conllevaría que estas comunidades pudieran tener acceso a fuentes de energía sostenibles. Abogamos que todas las sociedades deberían tener voz en todos los procesos de toma de decisiones energéticas que les influyen y así poder beneficiarse. Con esta finalidad se podrían llevar a cabo programas de desarrollo de capacidades para aumentar el conocimiento y mejorar las habilidades técnicas, esto permitirá a los individuos contribuir de una manera activa, eficaz y justa en la toma de decisiones.

En conclusión, pese a todos los retos que nos conllevaría la inclusión de la pobreza energética como parámetro en la transición energética es necesaria la inclusión de la misma si queremos conseguir una transición justa y equitativa. Ahora bien, para poder

incluir la pobreza energética como parámetro es necesario que los modelos de planificación energética incluyan una serie de variables.

*Parámetros a incluir en los modelos de planificación energética*

Ingresos

Gasto Energético (real y requerido)

Eficiencia energética de las viviendas

Inclusión de todos los individuos

Asequibilidad energética

*Tabla 6 Parámetros a incluir en los modelos de planificación energética*

## **CAPÍTULO 5. POBREZA ENERGÉTICA EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA**

### ***5.1 INCLUSIÓN DE LA POBREZA ENERGÉTICA EN LOS MODELOS DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA***

Una transición energética justa asume tres retos, los cuales podrían ser considerados mutuamente excluyentes: 1. Que sea rápida (retos a 2050) 2. Que vaya a favor del medio ambiente. 3. Que considere el efecto en la sociedad. En este trabajo, nos centramos en el reto número 3, viendo que es imprescindible centrarnos en todos los individuos en especial en aquellos más vulnerables, y es por esto que consideramos la pobreza energética. Por esta razón, aquellos que se encuentren en una situación más vulnerable deben tener un papel dentro de la transición energética. La inclusión de la pobreza energética en los modelos de transición energética, como hemos estudiado anteriormente, conseguirá erradicar las desigualdades presentes en la sociedad y conseguir una situación más justa y equitativa.

En este trabajo, hemos realizado la revisión literaria de los modelos de planificación energética y qué variables se deben incluir para mitigar las desigualdades presentes como consecuencia de la pobreza energética. De esta manera, procedemos a realizar un análisis de qué modelos incluyen las variables que hemos propuesto para considerar la pobreza energética, siendo estas variables: ingresos, gasto energético, eficiencia de las viviendas, inclusión de todos los individuos y asequibilidad energética.

<i>Modelos</i>	<i>VARIABLES propuestas de PE que tienen en cuenta</i>
BESOM	Ninguna
EFOM	Gasto energético
NEMS	Gasto energético
PAMER	Ninguna
POLES	Gasto energético
SRIME	Asequibilidad energética
HOMER	Ninguna
OREM	Gasto energético y eficiencia
LEAP	Ninguna
MESSAGE	Ninguna
MARKAL	Gasto Energético
TESOM	Gasto energético y eficiencia
INTIGIS	Ingresos
SURE	Inclusión de todos los individuos
MAED	Gasto energético y eficiencia

Tabla 7 Tipos de modelos de planificación energética y variables de PE que incluyen

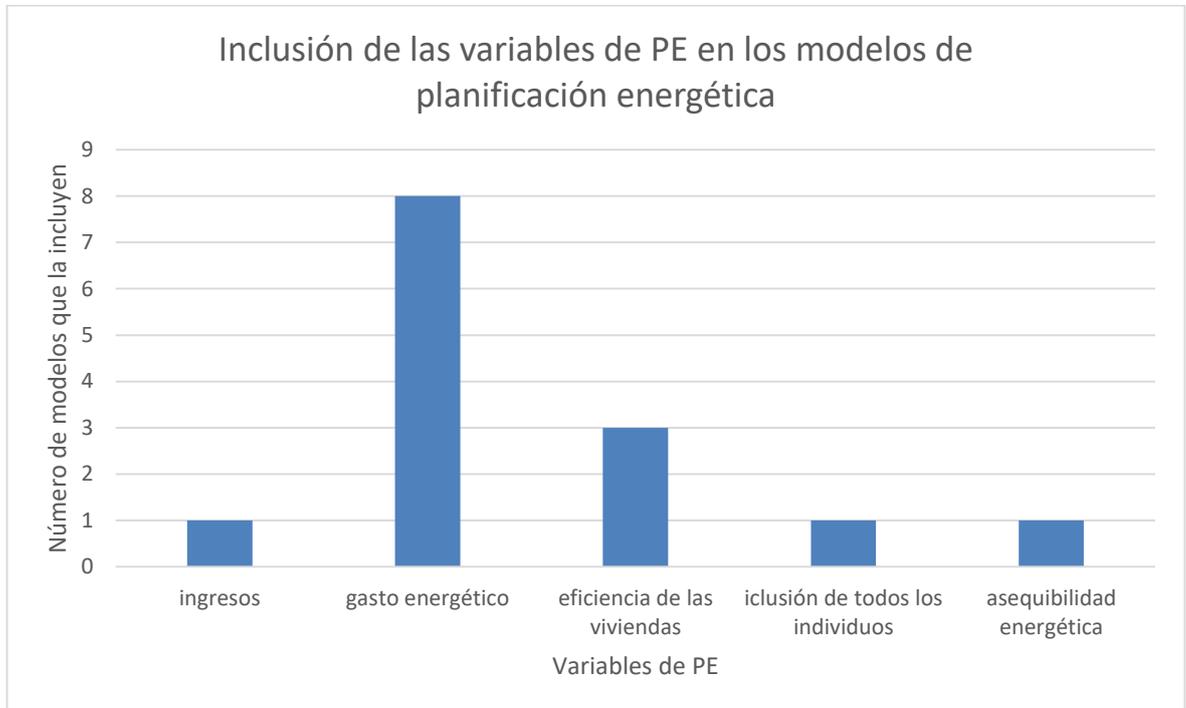


Ilustración 9 Inclusión de las variables de PE en los modelos de planificación energética

En la figura 9 podemos observar el número de modelos que incluyen cada una de las cinco variables a incluir en los modelos de planificación energética: ingresos, gasto energético, eficiencia de las viviendas, inclusión de todos los individuos y asequibilidad energética.

Por otro lado, es necesario recordar y tener en cuenta que la pobreza energética tiene distintos indicadores según el territorio donde tiene presencia. Es decir, la pobreza se mirará de manera distinta según el país. En los países en desarrollo se mira como la falta de acceso a fuentes de energía mientras que en los países desarrollados se comprende cómo la falta de asequibilidad de los servicios energéticos. Para entender esto, proponemos el estudio del caso de la energía total consumida en TWh por tres países en desarrollo (Sur África, Nigeria y Benín) y tres desarrollados (Estados Unidos,

Australia y Canadá). Los datos de la energía total consumida y población de los países la hemos obtenido de la Agencia Internacional de la Energía (IEA).

Países	Energía Total Consumida (TWh)	Población (mill)	Energía total consumida por millón de personas (TWh/mill)
Sudáfrica	209.81	59.39	3.53
Nigeria	1.41	213.4	0.007
Benín	1.29	12.12	0.11
USA	4109.39	331.9	12.38
Australia	254.00	25.69	9.89
Canadá	561.39	38.25	14.67

*Tabla 8 Energía total consumida y población de países desarrollados y en vías de desarrollo*

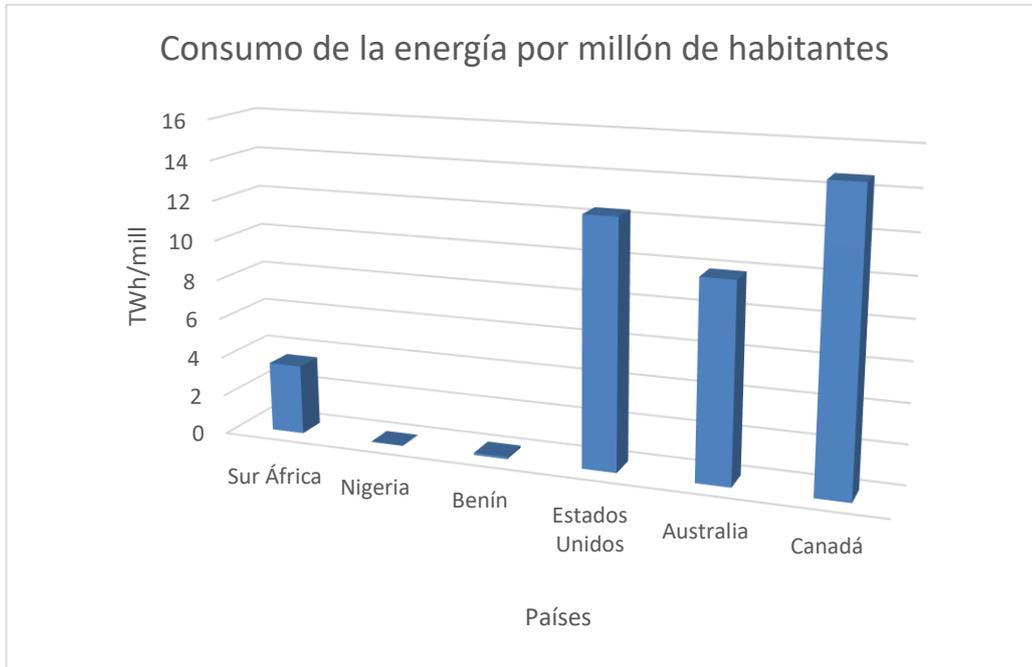


Ilustración 10 Consumo de la energía por millón de habitantes de países desarrollados y en desarrollo

En la figura 10 podemos observar como la energía consumida por un millón de habitantes es mucho menor en los países en desarrollo que en los desarrollados. Esto soporta nuestra definición de pobreza energética según su localidad y nos va a permitir centrar los indicadores más en un parámetro o en otro según el país en el que el modelo energético se lleve a cabo.

## **CAPÍTULO 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

A lo largo de este trabajo hemos podido analizar la importancia de conseguir una transición energética justa que permita mitigar las desigualdades sociales y vivir en una sociedad justa y equitativa para todos los individuos. Con el fin de garantizar esta transición energética justa, hemos abogado por la inclusión de la pobreza energética como parámetro en los modelos de planificación energética.

Sin embargo, los modelos de planificación energética actuales no incluyen a la pobreza energética como parámetro de estos y es por esto que se continúan exacerbando ciertas desigualdades en la sociedad. Con el fin de justificar esto, hemos analizado cinco variables relacionadas a la pobreza energética (ingresos, gasto energético, eficiencia de las viviendas, inclusión de todos los individuos y asequibilidad energética). Una vez establecidas dichas variables, hemos realizado un estudio de 15 modelos y un análisis de si incluyen alguna de las variables previamente seleccionadas. Para esto hemos realizado una tabla con los 15 modelos y enunciado que variables incluye cada uno de ellos. Posteriormente, cuantificando cuantos modelos incorporan cada variable hemos podido realizar un gráfico de barras. Este gráfico hace visible el número de modelos que incorporan cada variable de una manera visual.

Tras realizar el estudio hemos podido observar distintos resultados. Un 67% de los modelos contienen al menos 1 de las variables, es decir, un 33% de ellos no incluye ninguna variable. A continuación, otro dato resaltante es que sólo un 27% incluye dos de las cinco variables y un 0% contiene al menos tres variables.

Casos	Porcentaje de modelos que cumplen el caso
Modelos con 0 variables	33%
Modelos con al menos 1 variable	67%
Modelos con al menos 2 variables	27%
Modelos con al menos 3 variables	0%

*Tabla 9 Porcentaje de modelos que incluyen 0, 1,2 o 3 variables*

Viendo los resultados de la tabla 9 podemos afirmar que son porcentajes muy bajos. Solo un 27% de los modelos incluyen dos de las cinco variables y ninguno incluye más de dos. Cabe destacar que un 33% ni siquiera incluye una de las variables de pobreza energética. Estos resultados muestran que los modelos de planificación energética no incluyen con gran peso a la pobreza energética como parámetro, ya que apenas incluyen algunas de las variables propuestas relacionadas con la misma. Esto se debe a que actualmente los modelos de planificación que buscan la transición energética se centran en aspectos económico de optimización, dejando de lado los aspectos sociales y ambientales como la inclusión de la justicia (social y ambiental). Para centrarse en las personas, es decir, en estos aspectos sociales y ambientales, es necesaria la inclusión de la pobreza energética como parámetro, y actualmente los resultados muestran que no la están teniendo en cuenta.

Una vez analizados los resultados del estudio de inclusión de variables de pobreza energética, procedemos a un segundo estudio. Este se basa en la definición de pobreza como tal, ya que una vez analizados los modelos de planificación y ver que no incluyen como parámetro de gran peso la pobreza energética, necesitamos saber que variables implementar con especial efusividad en cada uno de ellos. De esta manera, nos hemos centrado en la multidimensionalidad de la pobreza energética, según si se halla en

países desarrollados o en vías de desarrollo. En el estudio, hemos realizado una tabla, a partir de los datos de la Agencia Internacional de la Energía, de la energía total consumida por cada país y su población y hemos calculado la energía total consumida por millón de habitantes.

País	Energía total consumida por millón de habitantes (TWh/mill)
Canada	14.67
Estados Unidos	12.38
Australia	9.89
Sudáfrica	3.53
Benín	0.11
Nigeria	0.007

*Tabla 10 Energía consumida por millón de habitantes ordenadas de mayor a menor consumo "(elaboración propia a partir de [41])"*

En la Tabla 10 podemos observar los resultados del estudio ordenados de mayor a menor energía total consumida por millón de habitantes. Además, hemos coloreado de naranja los países que son desarrollados y en azul aquellos en desarrollo. Podemos observar cómo los tres países desarrollados, naranjas, están por encima de los países en desarrollo, azules. Los valores de la energía total consumida por millón de habitantes en los países desarrollados son destacablemente más altos que los países en desarrollo.

Por esta razón, la pobreza energética se entiende de distinta manera. Los países en desarrollo tienen un bajo consumo de la energía por millón de personas. La media de energía consumida de cada habitante es muy baja, y se trata de la media, esto quiere decir que muchos individuos no tienen ni siquiera consumo de la energía ya que no pueden acceder a ella. De esta manera la pobreza energética en los países en desarrollo se entiende como la falta de acceso a la energía. Por otro lado, en los países desarrollados la media de energía consumida por habitante es mucho mayor como se observa en la Tabla 10. Por esta razón, en los países en desarrollo la mayoría tendrá acceso a fuentes eficientes y modernas, y se entiende la pobreza energética como la falta de asequibilidad de los servicios energéticos.

Como hemos mencionado en el párrafo anterior, la pobreza energética es multidimensional y se mide de distintas maneras según si es un país desarrollado o en desarrollo. Sin embargo, es imprescindible incluir la pobreza energética en todos los modelos de planificación energética, independientemente del país, ya que como hemos visto es necesaria para la inclusión de la justicia y poder garantizar una sociedad justa y equitativa.

Los modelos de planificación energética analizados en nuestro primer estudio nos permiten ver que les falta la inclusión de la pobreza energética como parámetro y tras realizar nuestro segundo estudio hemos visto la diferencia de pobreza energética en los países desarrollados y en desarrollo. La pobreza energética en los países en desarrollo se trata de la falta de acceso a la energía, por esto nosotros abogamos que los modelos de planificación energética deberían incluir variables de pobreza energética focalizándose en los ingresos y en la inclusión de todos los individuos. Por otro lado, la pobreza energética en los países desarrollados es la falta de asequibilidad de los servicios energéticos. Con esta definición, los variables de pobreza energética a las que se le deberían dar una especial relevancia en los modelos de planificación energética de los países desarrollados son la eficiencia de las viviendas, el gasto energético y la asequibilidad energética.

## **CAPÍTULO 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

El trabajo como objetivo principal busca la categorización de una transición energética justa, es decir, buscar cómo realizar el cambio de los sistemas de energías basados en combustibles fósiles y pasar a depender de fuentes de energía renovables, sin dejar de lado que este cambio se produzca de manera equitativa, inclusiva y que considere las necesidades de todos los individuos y comunidades.

Con el fin de una categorización de la transición energética justa, hemos categorizado la transición energética, la pobreza energética y los modelos de planificación energética, resaltando como para garantizar una transición energética justa es necesario la inclusión de la pobreza energética como parámetro en los modelos. Por esta razón, hemos llevado a cabo un estudio que permita observar si dichos modelos incorporan parámetros de justicia social y ambiental.

El estudio se basa en la selección de 15 modelos y de 5 variables de pobreza energética. Hemos estudiado cada modelo y observado si incluían o no alguno de los 5 parámetros previamente seleccionados. Tras llevar a cabo el estudio, hemos observado que los modelos no tienen en cuenta con suficiente peso la pobreza energética. Esto se debe a que se centran en la optimización del beneficio económico y por tanto dejando de lado el objetivo principal del proyecto: priorizar la inclusión de la pobreza energética sobre otras dimensiones de justicia energética para posteriormente plantear una transición energética justa. Al no incorporar la pobreza energética con una gran relevancia, los modelos no están considerando las necesidades de todos los individuos.

Una vez comprobado que los modelos de planificación energética no incluyen a la pobreza energética como parámetro, hemos realizado otro estudio relacionado con la naturaleza multidimensional de la pobreza energética. Este estudio lo hemos realizado para poder ver las distintas maneras de ver la pobreza energética, y así estudiar en qué contexto implementar cada parámetro ya que en cada situación será mejor centrar el

modelo en una variable u otra. A partir de los datos de la IEA de la energía total consumida de cada país, hemos calculado la energía consumida por millón de habitantes distinguiendo los países desarrollados de los que se encuentran en desarrollo. A partir de estos resultados hemos podido observar que la energía consumida en los países en desarrollo es mucho menor.

El resultado de la energía consumida en los países desarrollados es bastante mayor. Esto está de acuerdo con nuestra categorización de pobreza energética, ya que ya no se trata de la falta de acceso a fuentes eficientes y modernas, sino la falta de asequibilidad de los servicios energéticos. Por esta razón, abogamos que los modelos de planificación energética en los países desarrollados incluyan la pobreza energética focalizándose en variables como el gasto energético, la eficiencia de las viviendas y la asequibilidad energética.

En resumen, con este trabajo hemos podido estudiar los modelos energéticos actuales y ver cómo no incluyen la pobreza energética como parámetro. Como consecuencia no se está poniendo en el centro de la transición a las personas y por tanto no se consigue una transición energética justa ya que no se está teniendo en cuenta su efecto en la sociedad. De esta manera queda para trabajos futuros la implementación de los modelos energéticos con la pobreza energética como parámetro. Teniendo en cuenta que a raíz de nuestro estudio abogamos por la inclusión de la pobreza energética centrándose en los ingresos y la inclusión de todos los individuos para los países en vías de desarrollo y el gasto energético, la eficiencia energética y la asequibilidad energética para los países desarrollados. Con esto conseguiremos el cambio de la distribución, el consumo y la producción de la energía, sin dejar de lado que este cambio se produzca de manera equitativa, inclusiva y que considere las necesidades de todos los individuos y comunidades.

## **CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA**

- [1] Pérez, D. C. (2021). Escenario de la crisis medioambiental y posibles soluciones. Ceupe. <https://www.ceupe.com/blog/escenario-de-la-crisis-medioambiental-y-posibles-soluciones.html#:~:text=La%20crisis%20se%20manifiesta%20en,la%20situaci%C3%B3n%20ecol%C3%B3gica%20del%20planeta>.
- [2] Natalia Rubiano Rivadeneira, Wim Carton. (2022, Agosto) (In)justice in modelled climate futures: A review of integrated assessment modelling critiques through a justice lens. DOI: 10.1016/J.ERSS.2022.102781
- [3] Roberto Barrella (2022) Addressing energy poverty in an integrated way. An interdisciplinary characterisation of Spanish vulnerable households and proposal for implementing feasible technical and policy solutions
- [4] Rockström, J., Gupta, J., Qin, D. et al. Safe and just Earth system boundaries. Nature (2023). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
- [5] Simone Abram, Ed Atkins, Alix Dietzel, Kirsten Jenkins, Lorna Kiamba, Joshua Kirshner, Julia Kreienkamp, Karen Parkhill, Tom Pegram & Lara M. Santos Ayllón (2022, Agosto) JustTransition: A whole-systems approach to decarbonisation, Climate Policy, 22:8, 1033- 1049, DOI:10.1080/14693062.2022.2108365
- [6] Sovacool, B. K. (2016). How long will it take? Conceptualizing the temporal dynamics of energy transitions. Energy Research & Social Science, 13, 202–215.
- [7] Saurabh Biswas. Angel Echevarria. Nafeesa Irshad. Yiamar Rivera-Matos. Jennifer Richter. Nalini Chhetri. Mary Jane Parmentier. Clark A. Miller. (2022, Mayo) Ending the Energy-Poverty Nexus: An Ethical Imperative for Just Transitions. DOI: 10.1007/S11948-022-00383-4

- [8] Oskar Vågerö, Marianne Zeyringer. (2022, Noviembre) Can we optimise for justice? Reviewing the inclusion of energy justice in energy system optimisation models. DOI: 10.1016/J.ERSS.2022.102913
- [9] Objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. (s. f.). <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/objetivos.aspx>
- [10] Las energías renovables: características y tipos. (2021, 14 enero). Consumo Responde. [https://www.consumoresponde.es/art%C3%ADculos/las\\_energias\\_renovables\\_caracteristicas\\_y\\_tipos](https://www.consumoresponde.es/art%C3%ADculos/las_energias_renovables_caracteristicas_y_tipos)
- [11] Kathleen Araújo (2014, Marzo) The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities. DOI: 10.1016/J.ERSS.2014.03.002
- [12] Jenkins, Kirstin, McCauley, Darren, Heffron, Raphael, Stephan, Hannes, and Rehner, Robert (2016) “Energy Justice: A Conceptual Review”, Energy Research & Social Science, 11, pp. 174-182.
- [13] McCauley, D. M., & Heffron, R. (2018). Just transition: Integrating climate, energy and environmental justice. Energy Policy, 119, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.04.014>
- [14] Xinxin Wang, Kevin Lo (2021, Septiembre) Just transition: A conceptual review. DOI: 10.1016/J.ERSS.2021.102291
- [15] Mikel González-Eguino (2015, Marzo) Energy poverty: An overview. DOI: 10.1016/J.RSER.2015.03.013
- [16] Benjamin K. Sovacool, Matthew J. Burke, Lucy Baker, Chaitanya Kumar Kotikalapudi, Holle Linnea Wlokas (2017, Marzo) New frontiers and conceptual frameworks for energy justice. DOI: 10.1016/J.ENPOL.2017.03.005

- [17] Roberto Barrella, Jose R. Romero, Lucía Mariño (2022, Noviembre). Proposing a Novel Minimum Income Standard Approach to Energy Poverty Assessment: A European Case Study. DOI: 10.3390/SU142315526
- [18] Roberto Barrella, José Carlos Romero, José Ignacio Linares, Eva Arenas, María Asín, Efraim Centeno (2022, Abril) The dark side of energy poverty: Who is underconsuming in Spain and why?. DOI: 10.1016/J.ERSS.2021.102428
- [19] Rosie Day, Gordon Peter Walker, Neil David Simcock (2016, Marzo) Conceptualising energy use and energy poverty using a capabilities framework. DOI: 10.1016/J.ENPOL.2016.03.019
- [20] Susana Clavijo-Núñez, Rafael Herrera-Limones, Julia Rey-Pérez, Douglas Fernandes Barbin (2022, Mayo) Energy poverty in Andalusia. An analysis through decentralised indicators. DOI: 10.1016/J.ENPOL.2022.113083
- [21] Descubre la energía - Fundación Descubre. (2022, 8 febrero). ¿Qué es la pobreza energética? DescubreLaEnergia.DescubreLaEnergia.<https://descubrelaenergia.fundaciondescubre.es/sobre-la-energia/preguntas-y-respuestas/curiosidades-sobre-energia/que-es-la-pobreza-energetica/>
- [22] Cátedra de Energía y Pobreza. Escuela Técnica Superior de Ingeniería (ICAI) (2021) Informe de Indicadores de Pobreza Energética en España 2021
- [23] Benjamin K. Sovacool (2012, Mayo) The political economy of energy poverty: A review of key challenges. DOI: 10.1016/J.ESD.2012.05.006
- [24] Ronald Djeunankan, Henri Njangang, Sosson Tadadjeu, Brice Kamguia (2023, Febrero) Remittances and energy poverty: Fresh evidence from developing countries. DOI: 10.1016/J.JUP.2023.101516
- [25] About us. (s. f.). Energy Poverty Advisory Hub. [https://energy-poverty.ec.europa.eu/about-us\\_en](https://energy-poverty.ec.europa.eu/about-us_en)

- [26] WHO. Global health risk assessment. Geneva: World Health Organization; 2009.
- [27] Mari Martiskainen, Benjamin K. Sovacool, Max Lacey-Barnacle, Debbie Hopkins, Kirsten Jenkins, Neil Simcock, Giulio Mattioli, Stefan Bouzarovski (2021,Enero) New Dimensions of Vulnerability to Energy and Transport Poverty. DOI: 10.1016/J.JOULE.2020.11.016
- [28] Patrick Nussbaumer, Morgan Bazilian, Vijay Modi (2011, Julio) Measuring energy poverty: Focusing on what matters. DOI: 10.1016/J.RSER.2011.07.150
- [29] M.A. Rios-Ocampo, I. Segarra, R. Barrella, Explainable artificial intelligence (xai) for energy poverty analysis: a spanish case of study, 8th Meeting on Energy and Environmental Economics - ME3, Aveiro (Portugal). 08 mayo 2023.
- [30] OECD/IEA. Energy poverty: how to make modern energy access universal. Paris: OCDE/IEA; 2010
- [31] Marte Fodstad, Pedro Crespo del Granado, Lars Hellemo, Brage Rugstad Knudsen, Paolo Pisciella, Antti Silvast, Chiara Bordin, Sarah J. Schmidt, Julian Straus, Marte Fodstad, Pedro Crespo del Granado, Lars Hellemo, Brage Rugstad Knudsen, Paolo Pisciella, Antti Silvast, Chiara Bordin, Sarah J. Schmidt, Julian Straus (2022, Febrero) Next frontiers in energy system modelling: A review on challenges and the state of the art. DOI: 10.1016/J.RSER.2022.112246
- [32] Harriet Thomson, S. Bouzarovski, C. Snell (2017, Febrero) Rethinking the measurement of energy poverty in Europe: A critical analysis of indicators and data. DOI: 10.1177/1420326X17699260
- [33] Lara M. Santos Ayllón, Kirsten E. H. Jenkins (2022, Diciembre) Energy justice, Just Transitions and Scottish energy policy: A re-grounding of theory in policy practice. DOI: 10.1016/J.ERSS.2022.102922

[34] Dominik David, Hedvika Kodřousková, Dominik David, Hedvika Kodřousková (2023, Febrero) Official narratives vs. lived experiences: Contrasting views on energy poverty in the Czech Republic. DOI: 10.1016/J.ERSS.2023.102991

[35] Runa Das, Mari Martiskainen, Lindsey M. Bertrand, Julie L. MacArthur(2022, Mayo) A review and analysis of initiatives addressing energy poverty and vulnerability in Ontario, Canada. DOI: 10.1016/J.RSER.2022.112617

[36] Annika Bode (2022, Noviembre) To what extent can community energy mitigate energy poverty in Germany? DOI: 10.3389/FRSC.2022.1005065

[37] Mareledi Gina Maswabi, Jungwoo Chun, Suh-Yong Chung (2021, Agosto) Barriers to energy transition: A case of Botswana. DOI: 10.1016/J.ENPOL.2021.112514

[38] René Kemp (2010, Junio) The Dutch Energy Transition Approach. DOI: 10.1007/S10368-010-0163-Y

[39] Weiqi Li, Fan Zhang, Lingying Pan, Zheng Li (2022, Noviembre) Scenario analysis of carbon emission trajectory on energy system transition model: A case study of Sichuan Province. DOI: 10.1016/J.ESR.2022.101015

[40] Miguel Chang, Jakob Zink Thellufsen, Behnam Zakeri, Bryn Pickering, Stefan Pfenninger, Henrik Lund, Poul Alberg Østergaard (2021, Febrero) Trends in tools and approaches for modelling the energy transition. DOI: 10.1016/J.APENERGY.2021.116731

[41] Countries & Regions - IEA. (s. f.). IEA. <https://www.iea.org/countries>