



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIERÍA  
INDUSTRIAL VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **CÁLCULO DE UN INDICADOR ENERGÉTICO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE MEDIANTE LA HERRAMIENTA COIN TOOL Y SU APLICACIÓN A LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA**

AUTORA: AMELIA PAGÁN COROMINAS

TUTORA: SOFÍA CARLOS ALBEROLA

COTUTORA: ISABEL MARTÓN LLUCH

**Curso Académico: 2020-21**

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool  
y su aplicación a los países de la Unión Europea.

---

## RESUMEN

La creciente demanda energética debida al crecimiento demográfico y a la expansión tecnológica ha puesto al planeta en una situación crítica, el ODS 7: Energía asequible y no contaminante es uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) propuestos por Naciones Unidas para acabar con la pobreza y proteger el planeta, en este caso, en los ámbitos relacionados con la generación y el consumo de energía. Para aplicar políticas que permitan cumplir estos objetivos, los gobiernos de los diferentes países necesitan datos que midan el impacto de las acciones que se toman. Estos datos deben ser fácilmente interpretados por los diferentes organismos ya que sin un marco de aplicación carecen de sentido, a este conjunto entre los datos y el sentido de éstos, se le llama indicador, y al conjunto de estos indicadores, indicador compuesto. El objeto de este Trabajo Fin de Grado es realizar un estudio del sector energético de una región determinada, en este caso la Unión Europea, mediante la formación y análisis de indicadores compuestos del sector energético en las tres dimensiones del desarrollo sostenible, la social, la económica y la ambiental. La motivación de construir indicadores compuestos energéticos viene dada por la necesidad de establecer en qué punto se encuentran los países de la Unión Europea en cuanto al cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible propuestos por los diferentes organismos internacionales, en concreto se centra en el ODS 7. Para realizar este estudio se calcula un indicador compuesto, o índice, energético mediante el uso de la herramienta Coin Tool, una herramienta desarrollada en Excel y propuesta por la Comisión Europea en 2019, para facilitar a las instituciones el cálculo de indicadores compuestos.

**Palabras Clave:** indicador compuesto energético, Unión Europea, indicadores, índice, Objetivos de Desarrollo Sostenible, herramienta Coin Tool, Excel.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool  
y su aplicación a los países de la Unión Europea.

---

## RESUM

La creixent demanda energètica deguda al creixement demogràfic i a l'expansió tecnològica ha posat al planeta en una situació crítica, l'ODS 7: Energia assequible i no contaminant, és un dels Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS) proposats per Nacions Unides per acabar amb la pobresa i protegir el planeta, en aquest cas, en els àmbits relacionats amb la generació i el consum d'energia. Per aplicar polítiques que permeten complir aquests objectius, els governs dels diferents països necessiten dades que mesuren l'impacte de les accions que prenen. Aquestes dades deuen ser fàcilment interpretades pels diferents organismes donat que sense un marc d'aplicació manquen de sentit, a aquest conjunt de dades i el sentit d'aquestes se l'anomena indicador, i al conjunt d'aquests indicadors, indicador compost. L'objecte d'aquest Treball Final de Grau és realitzar un estudi del sector energètic d'una regió determinada, en aquest cas de la Unió Europea, mitjançant la formació i anàlisi d'indicadors compostos del sector energètic en les tres dimensions del desenvolupament sostenible, la social, l'econòmica i l'ambiental. La motivació de construir indicadors compostos energètics ve donada per la necessitat d'establir en quin punt es troben els països de la Unió Europea en relació amb el compliment dels objectius de desenvolupament sostenible proposats pels diferents organismes internacionals, en concret se centra en l'ODS 7. Per realitzar aquest estudi es calcula un indicador compost, o índex, energètic mitjançant la ferramenta Coin Tool, una ferramenta desenvolupada en Excel i proposada per la Comissió Europea en 2019, per facilitar a les institucions el càlcul d'indicadors compostos.

**Paraules Clau:** indicador compost energètic, Unió Europea, indicadors, índex, Objectius de Desenvolupament Sostenible, ferramenta, Coin Tool, Excel.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool  
y su aplicación a los países de la Unión Europea.

---

## ABSTRACT

The growing energetic demand caused by demographic and technological growth has given rise to a critical situation on Earth. Goal 7: Affordable, reliable, sustainable and modern energy for all, is one of the Sustainable Development Goals (SDG) suggested by the United Nations so as to end with poverty and protect the planet, in this case, in those fields related to the production and consumption of energy. In order to apply political measures that allow these goals to be met, the countries' governments require the recollection of information that measures the impact of the implemented actions. This information must be easily interpreted by the different organizations given the fact that it loses meaning without a framework. This combination of information and its meaning is called indicator, and the combination of such indicators is known as a composite indicator. The aim of this final thesis is to carry out a study on the energy sector in a certain region, the European Union in this case, through the creation and analysis of composite indicators of the energy sector in the three dimensions of sustainable development: social solidarity, environmental responsibility and economic efficiency. The motivation to build composite indicators comes from a need to conclude where do the European Union countries stand regarding the compliance of the Sustainable Development Goals suggested by the international organisations, more specifically on ODS 7. With a view to the fulfilment of this study, an energy composite indicator, or index, is built using Coin Tool, an Excel software developed by the European Commission in 2019 so as to facilitate the calculation of composite indicators to the institutions.

**Key Words:** energy composite indicator, European Union, indicators, index, Sustainable Development Goals, Coin Tool program, Excel.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool  
y su aplicación a los países de la Unión Europea.

---

## ÍNDICE

### ÍNDICE DE LA MEMORIA

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
1.1 MOTIVACIÓN .....	3
1.2 OBJETIVOS .....	5
1.3 ESTRUCTURA .....	5
<b>2. SISTEMA DE INDICADORES ENERGÉTICOS DE IAEA, UNDESA, AIE, EUROSTAT Y AEMA.....</b>	<b>7</b>
2.1 ANTECEDENTES .....	7
2.2 DIMENSIONES DE DESARROLLO SOSTENIBLE.....	9
2.2.1 <i>Dimensión Social</i> .....	9
2.2.2 <i>Dimensión económica</i> .....	10
2.2.3 <i>Dimensión Ambiental</i> .....	12
2.3 METODOLOGÍA .....	14
<b>3. SELECCIÓN DE INDICADORES Y SU ELABORACIÓN .....</b>	<b>17</b>
3.1 INDICADORES SOCIALES .....	18
3.1.1 <i>SOC1: Porcentaje de la población sin capacidad de mantener su hogar a una temperatura adecuada por razones económicas</i> .....	18
3.1.2 <i>SOC2: Porcentaje de los ingresos de los hogares dedicados a combustibles y electricidad</i> .....	19
3.2 INDICADORES ECONÓMICOS.....	21
3.2.1 <i>ECO1: Uso de energía per cápita</i> .....	21
3.2.3 <i>ECO3 Eficiencia en la conversión y distribución de la energía</i> .....	23
3.2.4 <i>ECO6 Porcentaje de energía destinado al sector industrial</i> .....	24
3.2.5 <i>ECO8 Porcentaje de energía destinado al sector servicios/comercial</i> .....	25

3.2.6	<i>ECO9 Porcentaje de energía destinado al sector doméstico</i> .....	26
3.2.7	<i>ECO10 Porcentaje de energía destinado al sector transporte</i> .....	26
3.2.8	<i>ECO11 Porcentaje de combustibles en la energía y electricidad</i> .....	28
3.2.9	<i>ECO13 Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad</i> .....	30
3.2.10	<i>ECO14 Precios de la energía de uso final por combustible y sector</i> .....	32
3.2.11	<i>ECO15 Dependencia de las importaciones netas de energía</i> .....	33
3.3	<b>INDICADORES AMBIENTALES</b> .....	34
3.3.1	<i>ENV1 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por la producción y uso de energía per cápita</i> .....	34
3.3.2	<i>ENV3 Emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de los sistemas energéticos</i> .....	36
3.4	<b>RESUMEN DE INDICADORES ELEGIDOS</b> .....	37
<b>4.</b>	<b>USO DE LA HERRAMIENTA COIN TOOL</b> .....	<b>41</b>
4.1	<b>ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN</b> .....	41
4.1.1	<i>Introducción de datos</i> .....	43
4.1.2	<i>Inspección y tratamiento de datos</i> .....	47
4.1.3	<i>Correlaciones y ajustes</i> .....	51
4.1.4	<i>Valores del índice y ranking</i> .....	54
4.1.5	<i>Análisis del índice</i> .....	57
4.2	<b>LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN</b> .....	58
<b>5.</b>	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA HERRAMIENTA COIN TOOL PARA EL INDICADOR ENERGÉTICO DE DESARROLLO SOSTENIBLE</b> .....	<b>59</b>
5.1	<b>ANÁLISIS DE LOS INDICADORES OBTENIDOS PARA LAS TRES DIMENSIONES DEL ÍNDICE</b> .....	59
5.1.1	<i>Indicador de la dimensión social</i> .....	60
5.1.2	<i>Indicador de la dimensión económica</i> .....	62
5.1.3	<i>Indicador de la dimensión ambiental</i> .....	66
5.2	<b>ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL INDICADOR ENERGÉTICO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE</b> .....	68
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>73</b>
<b>7.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>75</b>

**ÍNDICE DEL PRESUPUESTO**

**1. COSTES DE LA MANO DE OBRA.....3**  
**2. COSTE DE MATERIALES.....7**  
**3. PRESUPUESTO FINAL.....9**

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS MEMORIA

Tabla 1: Indicadores de la dimensión social (IAEA, 2008) .....	10
Tabla 2: Indicadores de la dimensión económica (IAEA, 2008) .....	11
Tabla 3: Indicadores de la dimensión ambiental (IAEA, 2008).....	13
Tabla 4: Ejemplo de cajetín con información básica del indicador ECO3, tomado del documento Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías (IAEA, 2008) .....	14
Tabla 5: Porcentaje de la población sin capacidad de mantener su hogar a una temperatura adecuada por razones económicas en 2018 (EUROSTAT, 2020) .....	19
Tabla 6: Porcentaje de los ingresos de los hogares dedicados a combustibles y electricidad en 2018 .....	20
Tabla 7: Uso de la energía per cápita y por unidad de PIB .....	22
Tabla 8: Eficiencia energética en 2018 y mejora de la eficiencia energética respecto a 1990.....	23
Tabla 9: Porcentaje de energía utilizada en el sector transporte en 2018 en los países de la Unión Europea (EUROSTAT, 2020) .....	25
Tabla 10: Datos correspondientes a los indicadores ECO6, ECO8, ECO9 y ECO10.....	27
Tabla 11: Potencia instalada según combustible que emplea cada tecnología y el porcentaje que estas representan de la potencia instalada total de cada país, en 2018.....	29
Tabla 12: Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad en 2018.....	31
Tabla 13: Precio de la energía de uso final en el sector de los hogares (euros/kWh) .....	32
Tabla 14: Dependencia de las importaciones netas de energía en 2018 (EUROSTAT, 2020) .....	33
Tabla 15: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en 2018 y reducción de las emisiones desde 1990.....	35
Tabla 16: Cumplimiento del límite para 2020 de contaminantes atmosféricos .....	36
Tabla 17: Resumen de los indicadores elegidos para la construcción del Indicador Energético de Desarrollo Sostenible .....	38
Tabla 18: Dirección que toman los indicadores en la herramienta Coin Tool .....	45

## TABLAS PRESUPUESTO

Tabla 1: Coste de la mano de obra por hora desglosado.....	3
Tabla 2: Horas dedicadas a la elaboración del proyecto.....	4
Tabla 3: Cuadro de precios desglosado de la mano de obra.....	5
Tabla 4: Coste del ordenador.....	7
Tabla 5: Coste de la licencia Microsoft Office 365.....	7
Tabla 6: Cuadro de precios de los costes materiales.....	8
Tabla 7: Presupuesto final.....	9

## FIGURAS

Figura 1: Consumo de energía en el mundo en exajulios y porcentaje de cada combustible para la producción de energía entre 1994 y 2019 (BP Statistics, 2020)	3
Figura 2: Población mundial en miles de millones de personas entre 1820 y 2019 (Our World in Data, 2019)	4
Figura 3: Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2015)	8
Figura 4: Portada de la herramienta Coin Tool en Excel (EUROPEAN UNION, 2019)	41
Figura 5: Índice de la aplicación Coin Tool	42
Figura 6: Captura de las diferentes pestañas del Excel de la herramienta Coin Tool	43
Figura 7: Captura de la hoja Database de la herramienta Coin Tool	43
Figura 8: Captura de la hoja Framework de la herramienta Coin Tool	47
Figura 9: Captura de la hoja Descriptive Statistics de la herramienta Coin Tool	48
Figura 10: Captura hoja Winsorisation de la herramienta Coin Tool	49
Figura 11: Captura de la hoja Treated Data de la herramienta Coin Tool	50
Figura 12: Captura de la pestaña IndCorrel de la herramienta Coin Tool	51
Figura 13: Captura de la pestaña Rebalancing of Weights de la herramienta Coin Tool	53
Figura 14: Captura de la pestaña Heatmap de la herramienta Coin Tool	54
Figura 15: Captura de la pestaña Scores de la herramienta Coin Tool	55
Figura 16: Captura de la pestaña Rankings de la herramienta Coin Tool	56

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool  
y su aplicación a los países de la Unión Europea.

---

Figura 17: Captura de la pestaña Score Correlations de la herramienta Coin Tool	57
Figura 18: Heatmap del índice y de los tres subíndices	60
Figura 19: Correlaciones entre el índice y los tres subíndices	61
Figura 20: Mapa de temperaturas del indicador de la Dimensión Social	61
Figura 21: Mapa de temperaturas del indicador de la Dimensión Económica	63
Figura 22: Captura de la hoja Rankings de a herramienta Coin Tool	64
Figura 23: Valor normalizado y posición en los indicadores de la dimensión económica para España	65
Figura 24: Mapa de temperaturas del indicador de la dimensión ambiental	67
Figura 25: Valores normalizados de los indicadores que componen la dimensión ambiental para Polonia	68
Figura 26: Comparativa entre el índice y las tres dimensiones para cada país	69
Figura 27: Mapa de temperaturas del indicador energético de desarrollo sostenible	70
Figura 28: Valor normalizado de los indicadores propuestos por la IAEA para los Países Bajos	71
Figura 29: Valor de los indicadores empleados para construir el indicador ECO11	72

CÁLCULO DE UN INDICADOR ENERGÉTICO PARA EL DESARROLLO  
SOSTENIBLE MEDIANTE LA HERRAMIENTA COIN TOOL Y SU APLICACIÓN A  
LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA

**DOCUMENTO 1: MEMORIA**

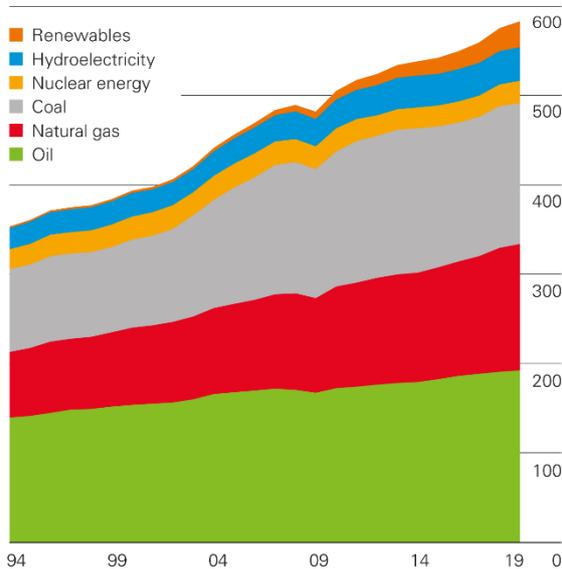


# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 MOTIVACIÓN

La sociedad industrializada y conectada a las redes requiere un abastecimiento de energía continuo. Este abastecimiento ha de ser accesible y seguro para toda la población ya que esto permitirá el desarrollo tanto económico como social de todas las regiones del planeta. Actualmente, existe gran heterogeneidad entre las diferentes comunidades de la Tierra, en algunas prima la necesidad de un acceso seguro y constante a la energía mientras que en otras el foco se encuentra en la eficiencia energética y la sustitución de combustibles fósiles para reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmosfera.

World Consumption  
Exajoules



Shares of Global Primary Energy  
Percentage

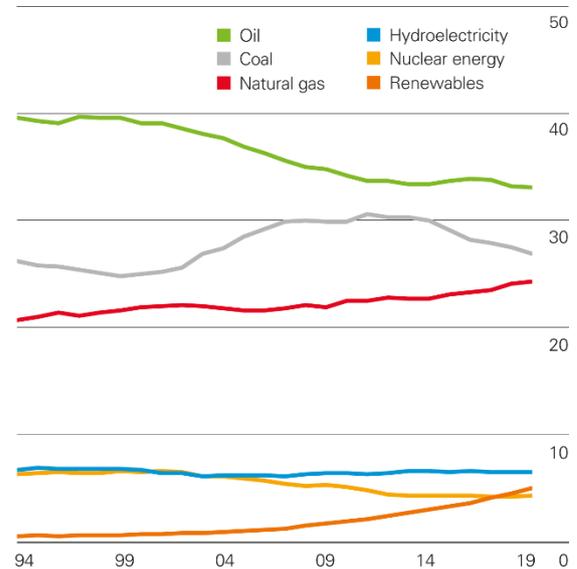


Figura 1: Consumo de energía en el mundo en exajoules y porcentaje de cada combustible para la producción de energía entre 1994 y 2019 (BP Statistics, 2020)

Como muestra la Figura 1, el aumento de en la demanda de energía que se ha producido a lo largo de las últimas dos décadas en el mundo, este aumento viene acompañado de un aumento de la población mundial que ha aumentado desde unos 3000 millones de personas en 1960 a 7674 millones de personas en 2019, como muestra la Figura 2. Además, en la Figura 1 podemos observar como el consumo de energía actual aún está muy lejos de ser renovable ya que la mayor parte de la producción de energía mundial es gracias a combustibles fósiles.

## World population by region

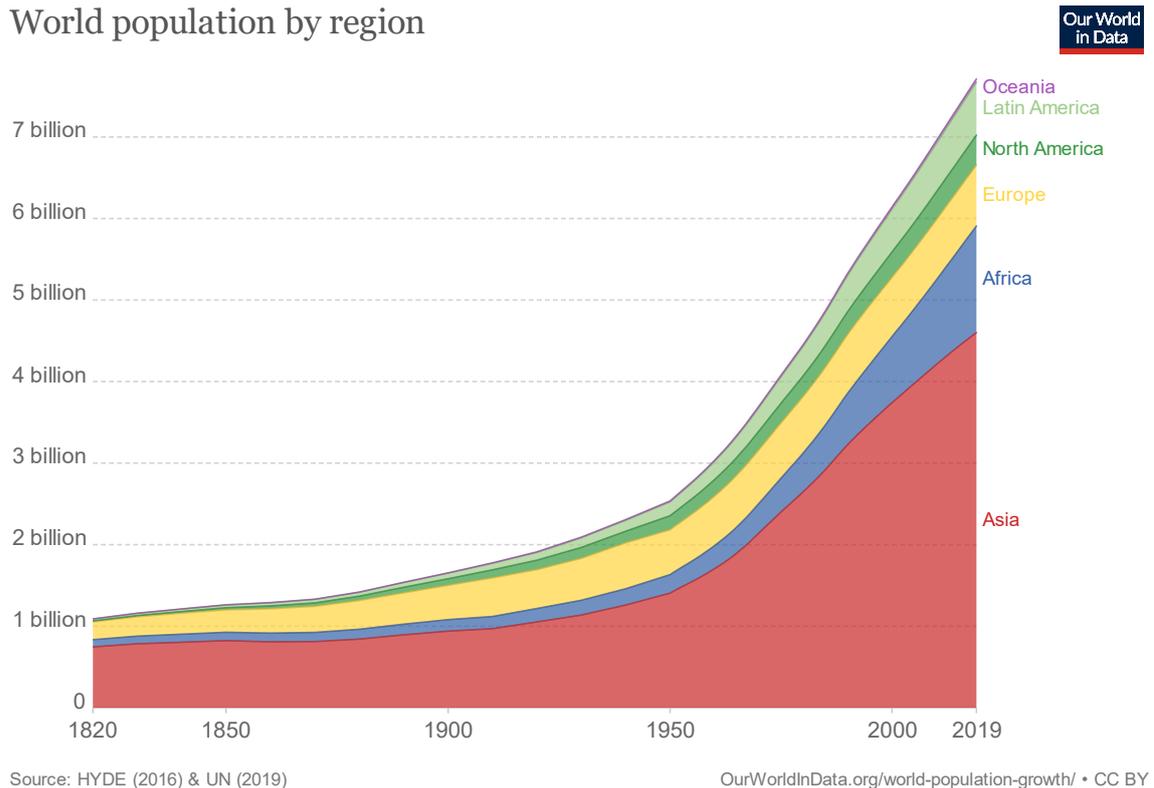


Figura 2: Población mundial en miles de millones de personas entre 1820 y 2019 (Our World in Data, 2019)

En la Figura 2 se muestra el aumento de la población por continentes, el aumento más significativo se encuentra tanto en Asia como en África, en Europa, por el contrario, este aumento se ha estancado en las últimas décadas.

En Europa, como en las demás regiones del planeta, el abastecimiento de energía en las pasadas décadas ha sido gracias al consumo de combustibles fósiles, tanto para la producción de electricidad que es consumida en los hogares como para el abastecimiento energético de otros sectores como el del transporte. La escasez de combustibles fósiles, así como el impacto que su consumo tiene en el planeta, ha propiciado que numerosos organismos internacionales, se preocupen por la situación energética en el mundo. Según el informe publicado en la Comisión de Brundtland, desarrollo

sostenible es aquel ‘desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad para que futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades’, (Brundtland, 1987).

Actualmente, se conoce que la energía es imprescindible para generar un nivel de bienestar mínimo y altamente necesaria para propiciar el desarrollo tanto económico como social, lo que permite mejorar el nivel de vida de la población. Por ello organismos como la Organización Internacional de la Energía Atómica (IAEA por sus siglas en inglés) comenzaron hace años a desarrollar un sistema que permitiera medir la calidad de la energía generada y el correcto abastecimiento a la población. Estas mediciones resultan necesarias para evaluar la situación energética de un país, lo cual facilitará a los gobiernos la aplicación de políticas que ayudaran a crear un sistema energético más seguro y eficiente. De este modo a lo largo de estos últimos años se han hecho intentos por desarrollar un sistema de indicadores que además de objetivo sea universal.

## 1.2 OBJETIVOS

El objeto de este Trabajo Fin de Grado es analizar la sostenibilidad del sector energético en la Unión Europea y en los diferentes países que la componen mediante el uso de los indicadores energéticos recogidos en la publicación ‘Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías’ (IAEA, 2008). Para ello se deberá entender el significado de cada indicador y los campos que este es capaz de medir, además, se debe hacer una selección de que indicadores resultan más útiles para medir el sector energético de la Unión Europea.

Para el análisis de estos indicadores se utilizará la herramienta Coin Tool desarrollada por el Joint Research Centre en 2019 (BECKER y otros, 2019), en este trabajo académico se pretende explicar el funcionamiento de la herramienta, comprobar su funcionamiento a la hora de trabajar con un número considerable de datos y hacer un análisis de los resultados que esta aplicación proporciona con el fin de determinar cómo se encuentran los diferentes países de la Unión Europea en materia de energía.

## 1.3 ESTRUCTURA

La realización del Trabajo Final de Grado se aborda de la siguiente forma:

En el primer capítulo se trata el marco teórico. En primer lugar, se introducen los antecedentes que desencadenaron en la creación de indicadores energéticos. Además, se comenta el conjunto de Indicadores Energéticos del Desarrollo Sostenible propuestos por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA) en colaboración con el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la Naciones Unidas (UNDESA), la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la Oficina Europea de Estadística de las Comunidades Europeas (Eurostat) y la Agencia Europea del Medio Ambiente

(AEMA). Por último, se expondrá la necesidad de la creación de indicadores compuestos y una breve explicación de su aplicación.

En el segundo capítulo se profundiza en los indicadores más representativos y la metodología que siguen para su elaboración, justificando la selección de que indicadores se consideran más representativos y que, por tanto, serán utilizados para la posterior implementación de datos en la herramienta. Además, se expondrán los acuerdos internacionales que se hayan adoptado sobre cada uno de los indicadores.

En el tercer capítulo se explica el funcionamiento de la aplicación Coin Tool empleada para el desarrollo del indicador compuesto elaborado en el presente trabajo y la metodología empleada a la hora de utilizarla. Primero, se hace una pequeña introducción sobre la herramienta y se resume el funcionamiento de las diferentes hojas. Para cada una de las hojas empleadas en este estudio se muestra cómo funcionan con los datos seleccionados. Finalmente, se exponen las limitaciones de la herramienta y se proponen puntos de mejora.

En el cuarto capítulo se muestran los resultados obtenidos desde la aplicación para los diferentes países de la Unión Europea individualmente y en conjunto y se realiza un análisis de los datos. Este análisis va desde los indicadores de mayor nivel de agregación a menor, poniendo ejemplos concretos.

Finalmente, en el quinto capítulo se discuten las conclusiones obtenidas del estudio. La utilidad de la herramienta empleada en el análisis de datos, así como el desempeño de la Unión Europea en el sector energético.

## 2. SISTEMA DE INDICADORES ENERGÉTICOS DE IAEA, UNDESA, AIE, EUROSTAT Y AEMA

### 2.1 ANTECEDENTES

En 1987, la Comisión Nacional para el Medio Ambiente y el Desarrollo de la ONU publicó el Informe de Brundtland donde se expone la necesidad de eliminar la confrontación entre desarrollo y sostenibilidad. Desde este momento varias organizaciones nacionales e internacionales comenzaron a elaborar indicadores para medir y evaluar el desarrollo sostenible. En 1992, estas iniciativas recibieron un gran impulso al adoptarse el Programa 21 en la Cumbre de la Tierra, donde se especifica la necesidad de elaborar indicadores de desarrollo sostenible que puedan implementarse a nivel nacional, regional y global.

A partir de este momento se encuentran con la problemática principal que tienen estos indicadores, la falta de datos. La mayoría de las fuentes de datos no eran fiables en aquel momento y esto complicaba mucho la medición de los resultados. Muchos países e instituciones sentían recelo de exponer sus datos a los demás, además, al no existir metas claras, muchas de las instituciones no sabían si quiera que datos debían tomar.

En las posteriores décadas se han acordado diferentes metas para lograr un desarrollo sostenible, basándose en datos arrojados por los indicadores que se han ido creando. Un buen ejemplo a nivel mundial son los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), mostrados en la Figura 3, que sustituyen a los Objetivos de Desarrollo del Milenio, donde ya se plantea como objetivo garantizar la sostenibilidad del medio ambiente (Naciones Unidas, 2000). Estos objetivos suponen un compromiso de los dirigentes mundiales miembros de las Naciones Unidas para cumplir la Agenda 2030.



Figura 3: Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (Naciones Unidas, 2015)

El presente trabajo se centra en el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7; Energía limpia y no contaminante (Naciones Unidas, 2015). A su vez este recoge las siguientes metas:

1. De aquí a 2030, garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
2. De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
3. De aquí a 2030, duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
4. De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.
5. De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.

Ante la creciente necesidad de un sistema de medición del buen desarrollo de los países e instituciones en materia de energía en 2008 se publicó un documento que recoge las directrices y la metodología a seguir para la creación de indicadores que evalúen el sector energético, en las diferentes regiones del mundo.

El documento con título “Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías” fue creado y publicado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA) en colaboración con el Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la Naciones Unidas (UNDESA), la Agencia Internacional de la Energía (AIE), la Oficina Europea de Estadística de las Comunidades Europeas (Eurostat) y la Agencia Europea del Medio Ambiente (AEMA). El principal

objetivo de este documento es que el sistema de indicadores pueda ser utilizado por las instituciones para aplicar nuevas políticas que ayuden al cumplimiento del ODS 7, de una manera sencilla ya que quienes crean los indicadores disponen de unos pasos a seguir tanto a la hora de buscar los datos como a la hora de realizar los cálculos del indicador. Una vez elaborado el indicador los gobiernos dispondrán de esta herramienta para la toma de decisiones.

La IAEA agrupa en 30 indicadores los Indicadores Energéticos del Desarrollo Sostenible (IEDS) con tema central el acceso, la asequibilidad y el ahorro energético. Muchos de estos indicadores a su vez están formados por otros indicadores, de esta forma se permite un estudio más preciso del indicador en cuestión. Estos están clasificados en tres pilares que forman las dimensiones del desarrollo sostenible: social, económica y ambiental. Estos tres pilares se clasifican a su vez en 7 temas y 19 subtemas (IAEA, 2008). A cada indicador le corresponde una hoja de metodología que describe los pasos a seguir para su correcta elaboración e implementación. Más adelante se ahondará en este tema.

## 2.2 DIMENSIONES DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Las dimensiones de desarrollo sostenible que plantea el sistema de indicadores del IAEA son tres: dimensión social, dimensión económica y dimensión ambiental. Por ello en el documento “Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías” (IAEA, 2008) se toma división en tres dimensiones; la social, la económica y la ambiental.

### 2.2.1 Dimensión Social

La energía limpia, segura, asequible y fiable permite el correcto desarrollo de los países. La falta de ésta puede desfavorecer el auge de la economía, además, genera problemas sanitarios que pueden traer consigo enfermedades por la falta de saneamiento o abastecimiento de agua sanitaria, entre otros.

La dimensión social se divide en dos temas, equidad y salud. Los indicadores de equidad constituyen los subtemas de accesibilidad, asequibilidad y disparidades. Se centran en la accesibilidad a la energía y la calidad del suministro, estos subtemas se tratan refiriéndose también a las diferentes clases sociales dentro de una misma sociedad. Por otro lado, los indicadores de salud están enfocados únicamente a la seguridad en la generación y distribución de la energía. La Tabla 1 muestra los indicadores definidos en la dimensión social.

Tabla 1: Indicadores de la dimensión social (IAEA, 2008)

Dimensión Social			
Tema	Subtema	Indicador energético	
Equidad	Accesibilidad	SOC1	Porcentaje de hogares (o de población) sin electricidad o energía comercial, o muy dependientes de energías no comerciales
	Asequibilidad	SOC2	Porcentaje de ingresos de los hogares dedicado a combustibles y electricidad
	Disparidades	SOC3	Uso de la energía en los hogares por grupo de ingresos y combinación de combustibles utilizados
Salud	Seguridad	SOC4	Víctimas mortales de accidentes por la energía producida por la cadena de combustibles

### 2.2.2 Dimensión económica

Residencial, transporte, servicios o agricultura son algunos de los sectores que necesitan tener garantizado el suministro energético para fomentar el desarrollo económico y social. El suministro de energía afecta a los puestos de trabajo, productividad y desarrollo.

Los indicadores económicos, según el artículo de IAEA, se dividen en dos temas, patrones de uso y producción y seguridad.

- Patrones de uso se centra en la parte que define como un país utiliza su energía, es decir, cuanta energía se utiliza tanto por habitante como por unidad monetaria. Cuál es la eficiencia en la generación y uso de energía, qué parte de las reservas del propio país se emplean. Además, expone qué uso de los recursos se hace tanto a nivel global como a nivel de suministro según el ámbito de aplicación. La intensidad energética de cada sector y los precios de la energía por combustible y sector.
- Seguridad, por su parte, mide la garantía de suministro en el caso de que el país deba enfrentarse a una crisis. Dentro de este tema encontramos indicadores que miden la dependencia de las importaciones y las reservas estratégicas de combustibles.

Los indicadores de la dimensión económica se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2: Indicadores de la dimensión económica (IAEA, 2008)

Dimensión Económica			
Tema	Subtema	Indicador energético	
Patrones de uso y producción	Uso global	ECO1	Uso de energía per cápita
	Productividad global	ECO2	Uso de energía por unidad de PIB
	Eficiencia del suministro	ECO3	Eficiencia de la conversión y distribución de la energía
	Producción	ECO4	Relación reservas/producción
		ECO5	Relación recursos/producción
	Uso final	ECO6	Intensidades energéticas de la industria
		ECO7	Intensidades energéticas del sector agrícola
		ECO8	Intensidades energéticas del sector comercial/de los servicios
		ECO9	Intensidades energéticas de los hogares
		ECO10	Intensidades energéticas del transporte
	Diversificación	ECO11	Porcentajes de combustibles en la energía y electricidad
		ECO12	Porcentaje de energía no basada en el carbono en la energía y electricidad
		ECO13	Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad
	Precios	ECO14	Precios de la energía de uso final por combustible y sector
Seguridad	Importaciones	ECO15	Dependencia de las importaciones netas de energía
	Reservas energéticas de combustibles	ECO16	Reservas de combustibles críticos por consumo de combustible correspondiente

Estos indicadores se deben analizar siempre teniendo en cuenta la estructura de la economía, ya que entre países con economías muy diferentes se debería evitar hacer comparaciones con estos indicadores. Este hecho recuerda que mencionar un indicador fuera de contexto puede ser peligroso y llevar a la población general datos erróneos. Además, el contexto de cada indicador es característico a cada región, un mismo indicador en numerosas ocasiones no se puede aplicar de igual manera a dos países o regiones ya que su aplicación dependerá del desarrollo de cada país, de la naturaleza de su economía, de su geografía, de los recursos energéticos disponibles, entre otros.

### 2.2.3 Dimensión Ambiental

Las emisiones procedentes del uso de combustibles fósiles contaminan la atmósfera, esto produce fenómenos ambientales como el calentamiento global, la lluvia ácida, entre otros. Además, esta contaminación es altamente perjudicial para la salud, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que mueren cada año en el mundo 7 millones de personas por contaminación atmosférica (OMS, 2019). La contaminación no solo es atmosférica, sino que al consumir combustibles fósiles también se produce contaminación del suelo y el agua.

De igual modo que en las dimensiones anteriores, la dimensión ambiental se divide en temas. Los temas de esta dimensión son tres: atmósfera, agua y tierra. Los subtemas de atmósfera son sobre el cambio climático y la calidad del aire, las emisiones que la actividad humana para la obtención de energía presenta pueden propiciar un empeoramiento del clima. Por su parte la contaminación de aguas y del terreno trae consigo el desarrollo de enfermedades por la contaminación de acuíferos que posteriormente son de consumo humano, esta contaminación es especialmente preocupante en los países en vías de desarrollo. La Tabla 3 muestra los indicadores definidos en el sistema para la dimensión ambiental.

Tabla 3: Indicadores de la dimensión ambiental (IAEA, 2008)

Dimensión Ambiental			
Tema	Subtema	Indicador energético	
Atmósfera	Cambio climático	ENV1	Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por la producción y uso de energía, per cápita y por unidad de PIB
	Calidad del aire	ENV2	Concentraciones ambientales de contaminantes atmosféricos en zonas urbanas
		ENV3	Emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de los sistemas energéticos
Agua	Calidad del agua	ENV4	Descargas de contaminantes en efluentes líquidos procedentes de los sistemas energéticos incluidas las descargas de petróleo
Tierra	Calidad de los suelos	ENV5	Zonas del suelo en las que la acidificación supera la carga crítica
	Bosques	ENV6	Tasa de deforestación atribuida al uso de energía
	Generación y gestión de desechos sólidos	ENV7	Relación entre la generación de desechos sólidos y las unidades de energía producida
		ENV8	Relación entre los desechos sólidos adecuadamente evacuados y el total de desechos sólidos generados
		ENV9	Relación entre los desechos sólidos radiactivos y las unidades de energía producida
		ENV10	Relación entre los desechos sólidos radiactivos en espera de evacuación y el total de desechos sólidos radiactivos generados

### 2.3 METODOLOGÍA

Como se ha mencionado anteriormente cada indicador dispone de una hoja de metodología que proporciona una descripción completa del mismo, las hojas de metodología pueden encontrarse en el documento ‘Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías’ (IAEA, 2008). Estas hojas se diseñaron con el fin de que el usuario disponga de todos los datos necesarios para elaborar los indicadores. A continuación, en la Tabla 4 se muestra un extracto de la hoja de metodología de un indicador:

Tabla 4: Ejemplo de cajetín con información básica del indicador ECO3, tomado del documento Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías (IAEA, 2008)

ECO3: Eficiencia de la conversión y distribución de energía

Breve definición	Eficiencia de la conversión y distribución de energía, incluida la eficiencia de los combustibles fósiles para la generación de electricidad, eficiencia de la refinación de petróleo y las pérdidas producidas durante la transmisión y distribución de electricidad y el transporte y distribución de gas
Unidades	Porcentajes
Definiciones alternativas	Ninguna
Programa 21	Capítulo 4: Evolución de las modalidades de consumo

Los contenidos básicos de estas hojas de metodología son los siguientes:

- Información básica sobre el indicador, como la que se muestra en la Tabla 4, incluyendo la definición del indicador, las unidades de medida, definiciones alternativas y el capítulo del Programa 21 en el que se encuentra recogido.
- El por qué se ha decidido incluir el indicador, es decir, cuál es su finalidad y su relación con el desarrollo sostenible.
- Descripción de la metodología incluyendo definiciones para cada indicador.
- Evaluación de datos, que datos son necesarios para evaluar el indicador y una guía de donde encontrarlos.
- Referencias.

Estas hojas de metodología, así como los indicadores expuestos, no han de seguirse rigurosamente ya que están abiertas a posibles cambios. Dependiendo del país o región estudiado, cada uno de los indicadores tomara un valor diferente. Como ejemplo a lo anteriormente mencionado se muestra el siguiente indicador: ‘SOC1: Porcentaje de hogares (o de población sin electricidad o energía comercial, o muy dependientes de energías no comerciales’, en este caso, se muestra un indicador de la dimensión social que nos permite hablar de pobreza energética. Cuando se intenta aplicar a la Unión Europea este indicador, con su definición principal, muestra falsamente que en esta no existe pobreza energética ya que el suministro energético se encuentra generalizado y garantizado en todas las regiones de los países miembro de la Unión Europea. En casos como el presente deberemos buscar una alternativa a esta definición que permita realmente aplicar este indicador a la región estudiada.

Por otra parte, antes de comenzar con el estudio de los indicadores, se da una definición de indicador para facilitar la comprensión de los siguientes apartados. Un indicador es un parámetro que muestra de forma cuantitativa la situación de un sistema en un ámbito concreto y en un periodo de tiempo determinado. Mientras que un índice es un conjunto de parámetros agregados o ponderados, en este estudio los parámetros agregados son los indicadores.

Para este estudio se han tomado cinco niveles de agregación por lo que los indicadores de los niveles intermedios son a la vez índices e indicadores. Para que no se cree confusión únicamente se llamará índice al Indicador Energético para el Desarrollo Sostenible, al resto de índices se les llamará indicadores.



### 3. SELECCIÓN DE INDICADORES Y SU ELABORACIÓN

En este capítulo se muestran los indicadores elegidos para la elaboración de del indicador compuesto o índice con el uso de la herramienta Coin Tool. El marco de aplicación son los países de la Unión Europea, por ello se han elegido los indicadores que mejor capacidad tienen de representar la situación energética en esta región del mundo. Algunos de los indicadores no se han definido exactamente como se definen en el documento “Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías” por dos razones principales:

1. La definición dada por el documento no es representativa en la Unión Europea y se ha elegido una representación alternativa que encaja mejor con la región estudiada.
2. Los datos necesarios para ese indicador no están disponibles en una fuente de datos fiable mientras que sí disponemos de otros datos fiables que nos permiten dar una definición alternativa del indicador.

Se han dividido los indicadores en tres apartados dependiendo de la dimensión a la que pertenecen. Además, para cada indicador se muestra una breve definición del mismo junto con una explicación a cerca de su relación con el desarrollo sostenible y se presentan, si los hay, los acuerdos u objetivos internacionales a los que se ha llegado.

El año para el que se realiza el estudio es 2018, ya que la mayoría de los datos de 2019 y 2020 aún no se encuentran disponibles en las bases de datos internacionales y parte de los que si están disponibles aún no se encuentran verificados.

A continuación, se muestran las principales fuentes de datos de donde se han obtenido los indicadores, más adelante en cada indicador se especifica la fuente de donde se ha obtenido cada conjunto de datos:

- Energy Database Eurostat (EUROSTAT, 2020)
- Statistical Review 2020 (BP STATISTICS, 2020)
- Data and Statistics International Energy Agency (IEA, 2020)
- Energy Database Our World in Data (OUR WORLD IN DATA, 2020)

### 3.1 INDICADORES SOCIALES

Al analizar la Tabla 1, donde se muestran los indicadores de la dimensión social, vemos que de los 4 indicadores planteados únicamente los indicadores SOC1 y SOC2 van a resultar representativos en la Unión Europea ya que los indicadores SOC3 y SOC4 en países industrializados no son representativos. Sin embargo, gracias a la posibilidad de hacer interpretaciones alternativas a los indicadores se ha conseguido una buena representación de la dimensión social con los siguientes indicadores.

#### 3.1.1 SOC1: Porcentaje de la población sin capacidad de mantener su hogar a una temperatura adecuada por razones económicas.

Originalmente el indicador SOC1 recibe el nombre de ‘Porcentaje de hogares sin electricidad o energía comercial, o muy dependientes de energías no comerciales’. Al estudiar este indicador en la región de aplicación estudiada, la Unión Europea, nos encontramos con que el total de la población tiene acceso a energía comercial. Profundizando en el tema y atendiendo al concepto de pobreza energética, se entiende que el verdadero problema en los países europeos no es la falta de infraestructuras que hagan llegar la energía a los hogares, sino que en determinadas ocasiones el precio de la energía es superior a lo que las familias pueden permitirse. Por este motivo, en este estudio del sector energético de la Unión Europea se ha decidido utilizar el indicador ‘Porcentaje de la población sin capacidad de mantener su hogar a una temperatura adecuada por razones económicas’ (Eurostat, 2020)

El objetivo de este indicador es monitorizar el progreso de los países en dos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, el ODS 7 y el ODS 1 ‘Fin de la pobreza’. Una de las metas del ODS 7 es el acceso universal a un sistema fiable y moderno de energía y gracias a este indicador se puede analizar el desempeño de cada país en cuanto a accesibilidad a la energía.

La Unión Europea tiene el objetivo de conseguir que todos los países pertenecientes a la misma carezcan de pobreza energética. Esto se traduce en intentar conseguir que este indicador valga cero, por tanto, cuanto menor sea el valor de este indicador en cada país mejor es el desempeño de éste. La fuente de donde se han obtenido los datos es Eurostat y los datos vienen dados en tanto por ciento. En la Tabla 5 se muestran los datos recogidos para el año 2018 que se han introducido en la herramienta Coin Tool.

Tabla 5: Porcentaje de la población sin capacidad de mantener su hogar a una temperatura adecuada por razones económicas en 2018 (EUROSTAT, 2020)

País	%	País	%
Alemania	2,7	Hungría	6,1
Austria	1,6	Irlanda	4,4
Bélgica	5,2	Italia	14,1
Bulgaria	33,7	Letonia	7,5
Chipre	21,9	Lituania	27,9
Croacia	7,7	Luxemburgo	2,1
Dinamarca	3	Malta	7,6
Eslovaquia	4,8	Países Bajos	2,2
Eslovenia	3,3	Polonia	5,1
España	9,1	Portugal	19,4
Estonia	2,3	República Checa	2,7
Finlandia	1,7	Rumania	9,6
Francia	5	Suecia	2,3
Grecia	22,7		

### 3.1.2 SOC2: Porcentaje de los ingresos de los hogares dedicados a combustibles y electricidad.

El indicador SOC2 proporciona una medida de la asequibilidad de la energía para el hogar medio. Desde el punto de vista del desarrollo sostenible, es importante conseguir que el abastecimiento de energía sea fiable y asequible para toda la población. Por otra parte, se debe concienciar a la población de que una energía accesible no debe traer consigo un despilfarro de los recursos energéticos.

La Unión Europea no se ha posicionado con un objetivo claro, observando los datos de los distintos países se ha decidido que cuanto menor sea el porcentaje de ingresos de los hogares destinados a energía mejor se estará cumpliendo el índice, ya que en la Unión Europea aún podemos hablar la existencia de pobreza energética que es necesaria eliminar.

Los datos han sido tomados de Eurostat (EUROSTAT, 2020) y vienen dados en tanto por ciento. Para calcular este indicador se han utilizado los datos mostrados en la siguiente tabla, en la última columna de la tabla podemos ver los datos del indicador que se han insertado en la aplicación.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Tabla 6: Porcentaje de los ingresos de los hogares dedicados a combustibles y electricidad en 2018

	Consumo de energía por hogar (kWh)	Precio del combustible de uso doméstico (euros/kWh)	Gasto en energía por hogar (euros/año)	Ingresos medios en los hogares (euros)	Porcentaje de los ingresos de los hogares destinados a energía
Alemania	7839	0,2987	2341	25871	9,05
Austria	8606	0,1966	1692	27804	6,09
Bélgica	8257	0,2824	2332	25084	9,30
Bulgaria	3687	0,0979	361	4645	7,77
Chipre	4512	0,1893	854	17582	4,86
Croacia	6536	0,1311	857	7371	11,62
Dinamarca	8920	0,3126	2788	33759	8,26
Eslovaquia	4396	0,1566	688	7870	8,75
Eslovenia	6082	0,1613	981	14127	6,94
España	3733	0,2383	890	16939	5,25
Estonia	8281	0,1348	1116	11751	9,50
Finlandia	12002	0,1612	1935	27389	7,06
Francia	6931	0,1748	1212	25446	4,76
Grecia	4245	0,1672	710	9049	7,84
Hungría	6920	0,1123	777	6156	12,62
Irlanda	7222	0,2369	1711	28626	5,98
Italia	6141	0,2067	1269	19208	6,61
Letonia	7432	0,1531	1138	8740	13,02
Lituania	6280	0,1097	689	8415	8,19
Luxemburgo	9560	0,1671	1597	40091	3,98
Malta	2233	0,1285	287	16749	1,71
Países Bajos	6513	0,1706	1111	26872	4,13
Polonia	5955	0,141	840	7381	11,38
Portugal	3256	0,2246	731	11063	6,61
República Checa	7711	0,1573	1213	10098	12,01
Rumania	4640	0,1333	619	3825	16,17
Suecia	8560	0,1891	1619	27733	5,84

### 3.2 INDICADORES ECONÓMICOS

Los indicadores económicos son difíciles de analizar en el conjunto de diferentes países, representan mejor la evolución de un país a lo largo de los años que si los comparamos entre países. Esto se debe a que las economías de cada país son diferentes entre ellas. Aun así, aplicados a la Unión Europea aportan información valiosa sobre el desempeño energético de los diferentes países. Algunos de los indicadores no tienen un objetivo claro ni a nivel de la Unión Europea ni a nivel global, sino que son los propios países los que se van marcando sus objetivos. En estos casos, se elegirá un criterio lógico que vaya en la línea de las recomendaciones que han hecho los organismos internacionales para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

#### 3.2.1 ECO1: Uso de energía per cápita.

El indicador ECO1 se emplea para medir el nivel de utilización de energía per cápita y refleja las pautas de uso de energía de una sociedad. Un mínimo de energía por habitante del país garantiza el desarrollo del país a nivel económico y social. A partir de un determinado punto se considera que existe despilfarro de los recursos energéticos ya que se consume más de lo necesario para garantizar una calidad de vida de la población adecuada. El uso de energía por unidad de PIB dependerá del clima del país y de la industrialización de éste. Por ejemplo, un país con clima frío y mucha industria consumirá más que uno de clima mediterráneo con poca industria.

No hay acuerdos internacionales acerca de cuáles son los límites de energía por unidad de PIB, sin embargo, se recomienda una utilización racional y prudente de los recursos energéticos. Para este indicador se tomará la dirección en que los valores más bajos del indicador van asociados con los valores más altos del índice, ya que la Unión Europea va en búsqueda de la eficiencia energética y de evitar el despilfarro energético.

Los datos han sido tomados directamente de la base de datos de Our World in Data (OUR WORLD IN DATA, 2020) y muestran la cantidad de energía consumida per cápita en kilovatios hora. Podemos ver los datos en la Tabla 7 junto a los datos del indicador ECO2.

#### 3.2.2 ECO2: Uso de la energía por unidad de PIB.

El indicador ECO2 muestra la relación entre utilización de la energía y el desarrollo económico. Valores muy altos del mismo podrían indicar un sobreuso de los recursos energéticos, lo cual se debe evitar.

No existen limitaciones al uso de la energía por unidad de PIB por parte de los organismos internacionales. Por otra parte, en el Programa 21 se incentiva al estudio de cómo puede crecer la economía y frenar al mismo tiempo la utilización de energía y materiales. Por esto, en países desarrollados como los de la Unión Europea se tomará como mejor actuación la de aquellos países que la utilización de energía por unidad de PIB sea menor, ya que lo mejor sería que aumentará el

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

---

PIB y que disminuyera el uso de recursos, esto significa que se genera más riqueza utilizando menos recursos.

Los datos han sido tomados de Eurostat (EUROSTAT, 2020) y la unidad de medida es la tonelada equivalente de petróleo entre millones de euros de 2015. Los datos introducidos en la herramienta se muestran a continuación en la tercera columna:

Tabla 7: Uso de la energía per cápita y por unidad de PIB

	Uso de energía per cápita (kWh)	Uso de la energía por unidad de PIB (toe/Meuros'15)
Alemania	44,91	98
Austria	44,91	92
Bélgica	62,62	147
Bulgaria	30,43	377
Chipre	27,22	140
Croacia	23,52	178
Dinamarca	33,82	64
Eslovaquia	34,56	195
Eslovenia	39,07	161
España	34,61	118
Estonia	62,32	279
Finlandia	57,69	155
Francia	42,19	111
Grecia	30,66	142
Hungría	28,14	212
Irlanda	38,35	47
Italia	29,92	93
Letonia	22,43	180
Lituania	24,40	193
Luxemburgo	76,50	79
Malta	74,47	262
Países Bajos	57,41	120
Polonia	32,11	219
Portugal	29,17	128
República Checa	44,97	235
Rumania	20,07	179
Suecia	60,35	108

### 3.2.3 ECO3 Eficiencia en la conversión y distribución de la energía

El indicador ECO3 se emplea para medir la eficiencia de los sistemas de conversión y distribución de la energía. Mejorar la eficiencia del suministro y reducir las pérdidas de energía durante los procesos de conversión es una de las principales acciones a tomar para conseguir un desarrollo sostenible, ya que esto se traduce en una mejor utilización de los recursos energéticos. Los datos necesarios para este indicador se muestran en la Tabla 8.

La Comisión Europea propone que para 2030 se produzca una mejora de la eficiencia energética de al menos el 32,5%, respecto de los valores de eficiencia de 1990. Por tanto, este indicador se compone de dos partes, una que mide la eficiencia energética actual (datos de 2018) y la compara entre países y de una segunda que mide la mejora de la eficiencia energética y la compara entre países. En la siguiente tabla se muestran ambos indicadores, en la cuarta columna el indicador de ‘Eficiencia energética en 2018’, para comparar entre países y en la octava el indicador ‘Mejora de la eficiencia energética’ para ver cómo ha cambiado la eficiencia energética de cada país.

Tabla 8: Eficiencia energética en 2018 y mejora de la eficiencia energética respecto a 1990

	Consumo de energía primaria 2018	Consumo de energía final 2018	Eficiencia energética a 2018	Consumo energía primaria 1990	Consumo energía final 1990	Eficiencia energética 1990	Mejora de la eficiencia energética (1990-2018)
Alemania	292,15	215,46	73,75	332,63	229,54	69,01	6,43
Austria	31,8	27,83	87,52	23,71	19,34	81,57	6,80
Bélgica	46,93	36,37	77,50	45,63	31,72	69,52	10,30
Bulgaria	18,37	9,91	53,95	26,77	16,19	60,48	-12,11
Chipre	2,55	1,86	72,94	1,59	1,1	69,18	5,15
Croacia	8,48	6,85	80,78	8,93	6,49	72,68	10,03
Dinamarca	17,4	14,58	83,79	17,61	13,46	76,43	8,78
Eslovaquia	15,79	11,11	70,36	19,66	15,2	77,31	-9,88
Eslovenia	6,65	4,95	74,44	5,72	3,73	65,21	12,39
España	124,59	86,89	69,74	82,41	52,29	63,45	9,02
Estonia	6,06	2,96	48,84	9,38	5,46	58,21	-19,17
Finlandia	32,74	25,84	78,92	27,2	21,67	79,67	-0,94
Francia	238,94	146,48	61,30	213,04	136,26	63,96	-4,33
Grecia	22,59	15,93	70,52	21,63	14,7	67,96	3,63
Hungría	24,48	18,51	75,61	27,4	19,54	71,31	5,69
Irlanda	14,67	12,44	84,80	9,64	7,33	76,04	10,33
Italia	147,24	116,44	79,08	137,71	107,83	78,30	0,99
Letonia	4,69	4,18	89,13	7,87	6,42	81,58	8,47
Lituania	6,37	5,57	87,44	15,34	9,67	63,04	27,91
Luxemburgo	4,46	4,35	97,53	3,49	3,29	94,27	3,35
Malta	0,82	0,66	80,49	0,76	0,34	44,74	44,42
Países Bajos	64,23	50,66	78,87	58,5	45,81	78,31	0,72

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Polonia	101	71,82	71,11	99,12	59,79	60,32	15,17
Portugal	22,65	16,87	74,48	15,12	11,93	78,90	-5,94
República Checa	40,39	25,33	62,71	48,21	32,6	67,62	-7,82
Rumania	32,57	23,59	72,43	62,36	44,28	71,01	1,96
Suecia	47,25	31,95	67,62	45,41	31,15	68,60	-1,45

En la última columna aparecen algunos de los datos con signo negativo, esto se debe a que no se ha producido una mejora de la eficiencia energética desde 1990, sino que lo que se ha producido ha sido un empeoramiento de la eficiencia. Los datos han sido tomados de Eurostat (EUROSTAT, 2020), el consumo de energía viene en millones de toneladas equivalentes de petróleo (toe por sus siglas en inglés), mientras que la eficiencia y la mejora de la eficiencia vienen en tanto por ciento. Ambos indicadores cumplen que a mayor valor del indicador mayor valor del índice.

### 3.2.4 ECO6 Porcentaje de energía destinado al sector industrial

El sector de la industria es uno de los que más energía consumen y por ello es importante medir el uso de energía que hacen, así como las emisiones que generan. En el documento propuesto por la IAEA, 'Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías' (IAEA, 2008) el indicador originalmente recibe el nombre de 'Intensidades energéticas de la industria', la intensidad energética es el uso de energía por unidad monetaria o por uso de terreno para una determinada actividad. Ante la indisponibilidad de datos se toma el porcentaje de energía que consume este sector respecto a la energía final total que se consume en el país.

No existen acuerdos internacionales acerca de cuál es el mejor cumplimiento del indicador, pero dado que este sector consume gran cantidad de energía, se toma como mejor cumplimiento del índice a aquellos países que menor porcentaje de energía destinen a industria.

Los datos de consumo de energía en la industria y de consumo de energía total han tomado de Eurostat y el indicador se ha calculado como consumo de energía del sector entre el consumo de energía total. En la Tabla 9 podemos ver los datos que se han empleado para calcular el indicador, estos datos vienen dados en toneladas equivalentes de petróleo.

Tabla 9: Porcentaje de energía utilizada en el sector transporte en 2018 en los países de la Unión Europea (EUROSTAT, 2020)

	Consumo de energía sector industria (toe)	Consumo de energía total (toe)	Porcentaje de energía utilizada en el sector transporte (%)
Alemania	57088550	200929212	27,67
Austria	7544193	26022735	33,91
Bélgica	10717329	33177102	26,83
Bulgaria	2730580	9749564	34,59
Chipre	227688	1581273	43,31
Croacia	1161853	6682495	32,13
Dinamarca	2330566	13838759	31,49
Eslovaquia	3662539	9911515	27,69
Eslovenia	1319095	4952728	39,87
España	20074669	81876074	39,73
Estonia	487399	2886545	28,82
Finlandia	11136302	25075795	16,92
Francia	28215484	140557760	32,17
Grecia	2738854	15152503	38,92
Hungría	4439672	17834133	26,85
Irlanda	2288134	11387695	36,05
Italia	24663854	114296937	31,13
Letonia	897892	4024765	27,55
Lituania	1106588	5466581	38,08
Luxemburgo	632947	3736445	56,26
Malta	55581	514800	44,96
Países Bajos	13634091	45322017	24,19
Polonia	16363158	70021068	31,92
Portugal	4553901	16152622	36,20
República Checa	6694209	24186067	27,54
Rumania	6612433	23444791	26,89
Suecia	11013378	31744184	22,45

### 3.2.5 ECO8 Porcentaje de energía destinado al sector servicios/comercial

El sector de los servicios/comercial no requiere tanta energía como el sector industrial, por ello el crecimiento de la cuota de gasto energético de este respecto de la del industrial supone un ahorro de energía. El indicador ECO8 originalmente recibe el nombre de ‘Intensidades energéticas del sector comercial/servicios’, pero como en el indicador ECO6, ante la falta de datos se toma el porcentaje de energía que consume este sector respecto a la energía final total que se consume en el país.

Aunque no existen convenios respecto a este indicador, muchos países industrializados están tomando medidas para rebajar el consumo de electricidad en los sistemas de refrigeración, iluminación e informática. Esto sumado a que este sector tiene una energía más limpia que otros

sectores hace que un mayor valor del indicador corresponda a un mejor cumplimiento del índice. Tanto la toma de datos como la construcción del indicador se han realizado de la misma forma que para el indicador ECO6. Se pueden ver los datos elegidos para este indicador en la Tabla 10.

### 3.2.6 ECO9 Porcentaje de energía destinado al sector doméstico

El sector doméstico es un consumidor que tiene unas pautas de consumo bien definidas, esto puede ayudar a que el estudio de estas pautas y una mejora de la tecnología, mejoren la eficiencia energética de este sector. El indicador ECO9 originalmente recibe el nombre de ‘Intensidades energéticas de los hogares’, pero como en los indicadores ECO6 y ECO8, ante la falta de datos se toma el porcentaje de energía que consume este sector respecto a la energía final total que se consume en el país.

No existen objetivos internacionales, sin embargo, los países de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), en los países del este europeo y en otros países con climas fríos, se aplican normas térmicas para los nuevos hogares. La toma de medidas junto al hecho de que es menos complicado conseguir energía limpia en este sector que en otros como el industrial hace que un mayor valor de este indicador corresponda con un mayor valor del índice. Tanto la toma de datos como la construcción del indicador se han realizado de la misma forma que para el indicador ECO6. Se pueden ver los datos elegidos para este indicador en la Tabla 10.

### 3.2.7 ECO10 Porcentaje de energía destinado al sector transporte

El sector transporte es un gran consumidor de energía, especialmente en forma de productos derivados del petróleo. La movilidad es clave para el desarrollo económico y social, pero produce un gran impacto medioambiental en el planeta. El indicador ECO10 originalmente recibe el nombre de ‘Intensidades energéticas del sector transportes’, pero como en los indicadores ECO6, ECO8 y ECO9, ante la falta de datos se toma el porcentaje de energía que consume el sector transporte respecto a la energía final total que se consume en el país.

Dado que este es un sector muy contaminante se ha decidido que valores altos del indicador corresponden con valores bajos del índice. Tanto la toma de datos como la construcción del indicador se han realizado de la misma forma que para el indicador ECO6. Se pueden ver los datos elegidos para este indicador en la Tabla 10.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Tabla 10: Datos correspondientes a los indicadores ECO6, ECO8, ECO9 y ECO10

	ECO6: Porcentaje de energía destinado al sector industrial	ECO8: Porcentaje de energía destinado al sector servicios	ECO9: Porcentaje de energía destinado al sector doméstico	ECO10: Porcentaje de energía destinado al sector transporte
Alemania	28,41	14,45	27,79	27,67
Austria	28,99	9,91	25,14	33,91
Bélgica	32,30	13,85	24,47	26,83
Bulgaria	28,01	12,63	22,87	34,59
Chipre	14,40	17,08	21,32	43,31
Croacia	17,39	12,46	34,40	32,13
Dinamarca	16,84	14,27	32,11	31,49
Eslovaquia	36,95	13,26	20,76	27,69
Eslovenia	26,63	9,58	21,90	39,87
España	24,52	13,66	18,33	39,73
Estonia	16,89	16,98	32,60	28,82
Finlandia	44,41	12,27	22,70	16,92
Francia	20,07	15,79	28,47	32,17
Grecia	18,08	13,82	25,83	38,92
Hungría	24,89	11,77	32,62	26,85
Irlanda	20,09	15,13	26,53	36,05
Italia	21,58	16,63	27,91	31,13
Letonia	22,31	14,71	30,59	27,55
Lituania	20,24	11,91	27,65	38,08
Luxemburgo	16,94	12,80	13,37	56,26
Malta	10,80	24,38	18,10	44,96
Países Bajos	30,08	15,27	21,28	24,19
Polonia	23,37	11,32	27,79	31,92
Portugal	28,19	14,74	17,82	36,20
República Checa	27,68	12,93	29,12	27,54
Rumania	28,20	8,43	33,16	26,89
Suecia	34,69	12,98	23,60	22,45

### 3.2.8 ECO11 Porcentaje de combustibles en la energía y electricidad

El indicador ECO11 pretende mostrarnos la estructura del suministro energético de cada país. Para este estudio se ha decidido tomar dos temas que son clave para definir este indicador, la generación de electricidad para cada tipo de combustible y la potencia instalada de cada tecnología según el combustible que utilizan. Ya que comparar entre los diferentes países de la Unión Europea en términos de generación y potencia instalada absolutas es poco práctico, puesto que los países tienen distintas necesidades, se ha decidido tomar en porcentajes respecto de la generación y potencia instalada total de cada país. Con todo esto, los indicadores que se han elegido, para definir este indicador son los siguientes:

- Porcentaje de la generación de electricidad con el uso de combustibles fósiles.
- Porcentaje de la generación de electricidad con el uso de centrales nucleares.
- Porcentaje de la generación de electricidad con el uso de energías renovables.
- Porcentaje de la potencia instalada total de tecnologías que emplean combustibles fósiles.
- Porcentaje de la potencia instalada total en centrales nucleares.
- Porcentaje de la potencia instalada total de tecnologías que emplean fuentes de energía renovables.

No se han llegado a acuerdos internacionales específicos sobre qué porcentaje de generación de electricidad debería provenir de qué tecnología ya que cada país dispone de unas reservas y unas instalaciones diferentes. La Unión Europea busca que para 2030 el consumo de energía sea al menos un 32% renovable y propone que la principal medida para conseguirlo sea impulsar las energías renovables para la producción de electricidad, además se busca que las emisiones de gases de efecto invernadero sean mínimas. Por ello, tomaremos como valores altos del índice aquellos que empleen más porcentaje de tecnologías que usen energías renovables y como valores bajos del índice, los porcentajes altos de consumo de combustibles fósiles. Respecto a la energía nuclear existe una mayor controversia a nivel social que a nivel técnico ya que es una energía que, a pesar de no ser renovable, no emite Gases de Efecto Invernadero y a pesar de que su combustible es agotable, esto sucede más largo plazo, pudiendo reciclarse gran parte para volver a usarlo. Por este motivo vamos a tomar los valores altos de los dos indicadores que se refieren a energía nuclear como valores altos del índice al ser una energía sin emisión de Gases de Efecto Invernadero.

En la Tabla 11 se muestra cómo se han construido los tres indicadores que tratan sobre potencia instalada. Los datos de potencia instalada total y de potencia instalada según la fuente se han tomado del documento 'Energy Statistics Datasheets: EU countries' (COMISIÓN EUROPEA, 2020). Posteriormente se han calculado los porcentajes en los que interviene cada fuente.

Los otros tres indicadores se han construido de una forma similar pero los datos en este caso se han obtenido de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2020). Los datos para todos los indicadores vienen en tanto por ciento. Los datos que se muestran en la Tabla 11 de potencia instalada vienen dados en megavatios (MW).

Tabla 11: Potencia instalada según combustible que emplea cada tecnología y el porcentaje que estas representan de la potencia instalada total de cada país, en 2018

	Potencia instalada de tecnologías que emplean combustibles fósiles	Potencia instalada en centrales nucleares	Potencia instalada de tecnologías que emplean fuentes renovables	Potencia instalada total	Porcentaje de la potencia instalada total de tecnologías que emplean combustibles fósiles	Porcentaje de la potencia instalada total en centrales nucleares	Porcentaje de la potencia instalada total de tecnologías que emplean fuentes de energía renovables
Alemania	103030	10799	115000	229197	45	5	50
Austria	6532	0	19086	25620	25	0	74
Bélgica	8204	5918	8664	22790	36	26	38
Bulgaria	4220	2008	5110	11339	37	18	45
Chipre	1517	0	276	1794	85	0	15
Croacia	2142	0	2863	5006	43	0	57
Dinamarca	7944	0	7127	15073	53	0	47
Eslovaquia	2651	1940	3003	7625	35	25	39
Eslovenia	1514	688	1595	3798	40	18	42
España	46008	7117	50556	103737	44	7	49
Estonia	2470	0	349	2819	88	0	12
Finlandia	8901	2784	5468	17154	52	16	32
Francia	19782	63130	50543	133457	15	47	38
Grecia	10643	0	8938	19581	54	0	46
Hungría	6083	2013	1115	9249	66	22	12
Irlanda	6752	0	4229	10982	61	0	39
Italia	61276	0	53602	115221	53	0	47
Letonia	1269	0	1645	2915	44	0	56
Lituania	1837	0	1492	3354	55	0	44
Luxemburgo	133	0	1582	1718	8	0	92
Malta	594	0	131	726	82	0	18
Países Bajos	25549	485	8952	35024	73	1	26
Polonia	34314	0	8719	43046	80	0	20
Portugal	8080	0	13103	21186	38	0	62
República Checa	13331	4290	4655	22277	60	19	21
Rumania	11022	1411	11119	23553	47	6	47
Suecia	8408	8656	24159	41223	20	21	59

### 3.2.9 ECO13 Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad

El indicador ECO13 mide el porcentaje de energías renovables en la estructura energética de cada país, para conseguir un desarrollo energético sostenible se debe dar prioridad a estas fuentes de energía ya que son más seguras, protegen al medio ambiente y están más distribuidas.

En este trabajo se han tomado 4 indicadores que cubren casi al completo el indicador ECO13, estos indicadores son los siguientes:

- Porcentaje de energías renovables en la generación de electricidad
- Porcentaje de energías renovables en el consumo final de energía
- Porcentaje de energías renovables en el consumo de energía primaria
- Porcentaje de energías renovables en el consumo final del sector transporte

A la vista de estos indicadores puede extrañar que se seleccione como uno de ellos el consumo en el sector transporte y se deje de lado el consumo en otros sectores. Esto se debe a que el sector transporte es uno de los que mayor impacto ambiental tiene, ya que se abastece principalmente de combustibles fósiles, y por ello se busca que este siga una transición hacia el abastecimiento con fuentes renovables. En la Tabla 12 se muestran los datos tomados para cada uno de los indicadores.

Los datos han sido tomados de diferentes fuentes, el indicador ‘Porcentaje de energías renovables en la generación de electricidad’ pertenecen a la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2020). Los datos de los indicadores ‘Porcentaje de energías renovables en el consumo final de energía’ y ‘Porcentaje de energías renovables en el consumo final del sector transporte’ pertenecen a Eurostat (EUROSTAT, 2020). Y, por último, los datos del indicador ‘Porcentaje de energías renovables en el consumo de energía primaria’ han sido tomados de Our World in Data (OUR WORLD IN DATA, 2020).

Tabla 12: Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad en 2018

	Porcentaje de energías renovables en la generación de electricidad	Porcentaje de energías renovables en el consumo final de energía	Porcentaje de energías renovables en el consumo de energía primaria	Porcentaje de energías renovables en el consumo final del sector transporte
Alemania	37,01	16,67	15,85	7,9
Austria	79,20	33,81	32,57	9,8
Bélgica	26,00	9,48	6,69	6,6
Bulgaria	20,66	20,59	10,77	8,1
Chipre	9,43	13,90	3,56	2,7
Croacia	72,37	28,05	24,87	3,9
Dinamarca	70,68	35,41	26,72	6,6
Eslovaquia	22,66	11,90	7,66	7
Eslovenia	33,28	21,38	16,05	5,5
España	39,70	18,05	17,3	6,9
Estonia	16,87	29,99	5,77	3,3
Finlandia	46,48	41,16	25,66	14
Francia	20,81	16,44	11,26	9
Grecia	30,89	18,05	12,44	3,8
Hungría	12,42	12,54	3,4	7,7
Irlanda	34,48	10,89	13,71	7,2
Italia	40,93	17,77	16,33	7,7
Letonia	52,03	40,03	20,11	4,7
Lituania	80,27	24,70	7,8	4,3
Luxemburgo	90,96	8,97	3,68	6,5
Malta	10,14	7,97	n/a	8
Países Bajos	18,25	7,34	5,54	9,6
Polonia	13,22	11,48	5,29	5,6
Portugal	51,81	30,21	25,52	9
República Checa	11,99	15,14	4,87	6,5
Rumania	41,04	23,88	16,63	6,3
Suecia	57,72	54,65	40,32	29,7

### 3.2.10 ECO14 Precios de la energía de uso final por combustible y sector

Como el propio ODS7 indica es necesario garantizar una energía asequible para todos los ciudadanos de un país, ya que sin esta garantía se puede ver en peligro el desarrollo social y económico de una determinada parte de la sociedad. En este trabajo nos centraremos en el sector de los hogares ya que esto nos permitirá ver lo asequible que es la energía para los habitantes de un país. Los indicadores seleccionados son los dos que se muestran en la Tabla 13 junto con los valores que toman para cada país, en euros por kilovatio hora:

Tabla 13: Precio de la energía de uso final en el sector de los hogares (euros/kWh)

	Precio de la electricidad de uso doméstico en 2018	Precio del gas natural de uso doméstico en 2018
Alemania	0,2994	0,0608
Austria	0,1989	0,0685
Bélgica	0,2880	0,0581
Bulgaria	0,0992	0,0408
Chipre	0,2038	n/a
Croacia	0,1316	0,0364
Dinamarca	0,3125	0,0893
Eslovaquia	0,1514	0,0443
Eslovenia	0,1626	0,0562
España	0,2430	0,0770
Estonia	0,1383	0,0413
Finlandia	0,1655	n/a
Francia	0,1774	0,0714
Grecia	0,1659	0,0593
Hungría	0,1121	0,0353
Irlanda	0,2454	0,0697
Italia	0,2114	0,0833
Letonia	0,1521	0,0418
Lituania	0,1097	0,0402
Luxemburgo	0,1681	0,0420
Malta	0,1296	n/a
Países Bajos	0,1712	0,0838
Polonia	0,1403	0,0437
Portugal	0,2270	0,0772
República Checa	0,1580	0,0572
Rumania	0,1325	0,0338
Suecia	0,1941	0,1188

No existen acuerdos internacionales para este indicador, aun así, la mayoría de los países aceptan que se debe llegar a tener una energía asequible pero que al mismo tiempo no incentive el consumo de energía contaminante. Dada la dificultad de saber el dato de qué parte de la energía en los hogares es contaminante y si la misma se incentiva, se ha decidido que el buen cumplimiento del indicador se basará únicamente en que la energía sea asequible para todos. Se elige, por tanto, como mejor cumplimiento del índice los valores de ambos indicadores que sean más bajos. Los datos se han tomado de la base de datos de Eurostat (EUROSTAT, 2020).

### 3.2.11 ECO15 Dependencia de las importaciones netas de energía

El indicador ECO15 mide el grado de dependencia que tiene un país de las importaciones para hacer frente a sus necesidades de energía. El abastecimiento seguro y estable de energía es uno de los principales objetivos de las diferentes naciones. Depender en exceso de otros países a la hora de la obtención de energía puede traer que en un periodo de crisis un país no sea capaz de mantener un precio estable o incluso puede traer consigo que no haya suficiente energía para abastecer las necesidades del país. Por esto, se está apostando por el consumo de energías renovables que están distribuidas a lo largo de cada país y le permiten no depender tanto de las importaciones.

No existen acuerdos internacionales pero algunos países ya se han fijado un nivel máximo recomendado de dependencia de la energía importada. En la Tabla 14 se muestran los valores de dependencia energética total de cada país, expresada en tanto por ciento.

Tabla 14: Dependencia de las importaciones netas de energía en 2018 (EUROSTAT, 2020)

	%		%
Alemania	63,44	Hungría	58,12
Austria	64,23	Irlanda	67,70
Bélgica	82,32	Italia	76,34
Bulgaria	36,33	Letonia	44,31
Chipre	92,49	Lituania	73,90
Croacia	52,69	Luxemburgo	95,16
Dinamarca	22,85	Malta	97,51
Eslovaquia	63,68	Países Bajos	59,55
Eslovenia	51,21	Polonia	44,76
España	73,45	Portugal	75,62
Estonia	1,01	República Checa	36,75
Finlandia	44,88	Rumania	24,29
Francia	46,80	Suecia	29,06
Grecia	70,67		

Con los argumentos expuestos en este apartado, se ha decidido que los valores bajos de este indicador corresponden los valores más altos del índice. Los datos han sido tomados de la base de datos de Eurostat.

### 3.3 INDICADORES AMBIENTALES

En esta dimensión de la sostenibilidad energética es donde la Unión Europea centra la mayoría de sus esfuerzos ya que los impactos ambientales del sector energético son globales y afectan a todo el mundo independientemente del país causante de la contaminación. La Unión Europea, a lo largo de los últimos 20 años ha tomado medidas que restringen las emisiones por parte del sector energético. Los dos documentos principales en los que basan sus políticas los países son el ‘Paquete de Medidas sobre Clima y Energía hasta 2020’ (COMISIÓN EUROPEA, 2008) y la Directiva (UE) 2016/2284 ‘Techos Nacionales de Emisión’ (UNIÓN EUROPEA, 2016).

#### 3.3.1 ENV1 Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) por la producción y uso de energía per cápita

El indicador ENV1 mide la cantidad de Gases de Efecto Invernadero que emite un país per cápita. Los gases de efecto invernadero producen el aumento de la temperatura tanto de la atmósfera como del océano, esto tiene graves consecuencias en el planeta, como son la desertificación y las inundaciones, ya que produce desequilibrios en los ecosistemas. En su mayoría, las emisiones de estos gases se deben a la quema de combustibles para la obtención de energía. La Organización Meteorológica Mundial (OMM) afirma que en los últimos 150 años la temperatura del planeta ha aumentado 1,2°C y advierte de que si se mantiene la tendencia el planeta podría sufrir graves problemas que podrían perjudicar gravemente la vida de los habitantes de éste (OMM, 2020).

Por lo anteriormente expuesto, numerosos organismos se han reunido a lo largo de los años para intentar poner freno a este suceso. En 1997, en el llamado Protocolo de Kioto se acordó que las emisiones GEI debían haberse reducido en un 18% en 2020, respecto de los valores de 1990. Por esta razón, el indicador se compone de dos partes, como lo hace el indicador ECO3, una que mide las emisiones de GEI per cápita y las compara entre países y de una segunda que mide la reducción de GEI de cada país respecto de sus emisiones en 1990.

Tabla 15: Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en 2018 y reducción de las emisiones desde 1990

	Emisiones de GEI per cápita en 2018	Emisiones totales en 1990	Emisiones totales en 2018	Reducción de las emisiones entre 1990 y 2018
Alemania	10,7	1249,46	858,37	31,30
Austria	9,2	78,49	78,95	-0,59
Bélgica	10,8	146,41	118,46	19,09
Bulgaria	8,3	101,79	57,81	43,21
Chipre	11,3	5,68	8,81	-55,11
Croacia	6	31,88	23,79	25,38
Dinamarca	8,9	70,78	48,22	31,87
Eslovaquia	8	73,52	43,35	41,04
Eslovenia	8,5	18,61	17,5	5,96
España	7,5	289,38	334,25	-15,51
Estonia	15,3	40,28	19,97	50,42
Finlandia	10,7	71,23	56,41	20,81
Francia	6,9	548,33	444,82	18,88
Grecia	9	103,31	92,22	10,73
Hungría	6,6	93,95	63,22	32,71
Irlanda	13,2	55,47	60,93	-9,84
Italia	7,3	516,05	427,53	17,15
Letonia	6,3	26,33	11,72	55,49
Lituania	7,4	48,02	20,27	57,79
Luxemburgo	20,3	12,74	10,55	17,19
Malta	5,5	2,57	2,18	15,18
Países Bajos	11,6	221,66	188,2	15,10
Polonia	11	475,08	412,85	13,10
Portugal	7	58,65	67,42	-14,95
República Checa	12,2	199,07	128,14	35,63
Rumania	6	247,99	116,12	53,18
Suecia	5,4	71,18	51,78	27,25

En la Tabla 15 podemos ver los datos de ambos indicadores, así como los datos, en millones de toneladas, de las emisiones totales empleadas para calcular el segundo indicador. Los datos de la cuarta columna, ‘Reducción de las emisiones entre 1990 y 2018’, que son negativos representan un aumento de las emisiones en este periodo de tiempo. Los datos del indicador ‘Emisiones de GEI per cápita’ vienen dados en toneladas mientras que los datos del indicador ‘Reducción de las emisiones entre 1990 y 2018’ vienen dados en tanto por ciento. Los datos han sido tomados de Eurostat (EUROSTAT, 2020).

### 3.3.2 ENV3 Emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de los sistemas energéticos

El indicador ENV3 mide las concentraciones de los principales contaminantes atmosféricos en las actividades relacionadas con la producción y transporte de energía. Este indicador es de especial importancia para el desarrollo sostenible de los países ya que la media de las emisiones indica el impacto que las actividades de un país tienen sobre el medio ambiente. Además, algunos de los contaminantes producen gran impacto sobre el planeta y sobre los propios seres humanos, como la lluvia ácida y las enfermedades derivadas de la contaminación del aire.

Como se menciona en la introducción de este apartado, la Unión Europea marcó unos límites de emisiones, los conocidos Techos de Emisiones, donde dependiendo de la economía del país se marcan unos límites que no deben superarse. Todos los países tienen dos límites, uno para 2020 y otro para 2030, el límite es específico para cada contaminante, los contaminantes limitados son los siguientes: NO<sub>x</sub>, COVNM, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y partículas finas. Para este estudio se ha decidido tener en cuenta solamente si se han cumplido los objetivos para 2020 ya que el año de estudio al que nos referimos es 2018. Para estos indicadores se tomarán como valores los siguientes:

- '0' en el caso de que el objetivo de emisiones para 2020 no se haya cumplido.
- '1' en el caso de que el objetivo de emisiones para 2020 si se haya cumplido.

Los valores tomados para los indicadores que miden el cumplimiento de los límites de emisiones de los contaminantes NO<sub>x</sub>, COVNM, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> y partículas finas, se recogen en la siguiente Tabla 16.

Tabla 16: Cumplimiento del límite para 2020 de contaminantes atmosféricos

	Emisiones a la atmósfera de NO <sub>x</sub>	Emisiones a la atmósfera de COVDM	Emisiones a la atmósfera de SO <sub>x</sub>	Emisiones a la atmósfera de NH <sub>3</sub>	Emisiones a la atmósfera de partículas finas
Alemania	1	1	1	0	1
Austria	1	1	1	0	1
Bélgica	1	1	1	1	1
Bulgaria	1	0	1	1	0
Chipre	1	1	1	1	1
Croacia	1	1	1	1	1
Dinamarca	1	1	1	0	0
Eslovaquia	1	1	1	1	1
Eslovenia	0	1	1	1	1
España	1	1	1	1	1
Estonia	1	1	1	0	1
Finlandia	1	1	1	1	1
Francia	0	1	1	0	1
Grecia	1	1	1	1	1

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Hungría	0	1	0	0
Irlanda	1	0	1	0
Italia	1	0	1	1
Letonia	0	1	1	0
Lituania	0	1	1	0
Luxemburgo	1	1	1	0
Malta	1	0	1	1
Países Bajos	1	1	1	1
Polonia	0	0	0	1
Portugal	1	1	1	1
República Checa	1	1	1	1
Rumania	0	0	1	1
Suecia	1	1	1	0

Los datos han sido tomados del ‘Informe de la Comisión Europea sobre los avances realizados en la ejecución de la Directiva (UE) 2016/2284’ (COMISIÓN EUROPEA, 2019).

### 3.4 RESUMEN DE INDICADORES ELEGIDOS

De los 30 indicadores propuestos en el documento ‘Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías’, publicado por OIEA, para este trabajo se han seleccionado 15. Aunque pueda parecer un número bajo, con estos indicadores es suficiente para definir el sector europeo ya que la mayoría de los restantes no aportan información adicional a los ya seleccionados. De los 15 seleccionados algunos de ellos pueden guardar una estrecha relación, pero en parte el objetivo de este Trabajo Fin de Grado es probar el funcionamiento de la aplicación Coin Tool que, entre otras funciones, calcula el grado de relación entre indicadores. Esto se explica más en detalle en el apartado 4 de este documento.

En la Tabla 17 se muestra el resumen de los indicadores generales de la IAEA seleccionados, junto con los indicadores de los que se compone cada uno, el código que genera la herramienta para cada uno de éstos y sus unidades.

Tabla 17: Resumen de los indicadores elegidos para la construcción del Indicador Energético de Desarrollo Sostenible

Código IAEA	Indicador	Indicadores incluidos	Código herramienta	Unidades
Dimensión Social				
SOC1	Porcentaje de la población sin capacidad de mantener su hogar a una temperatura adecuada por razones económicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de la población sin capacidad de mantener su hogar a una temperatura adecuada por razones económicas</li> </ul>	ind.01	%
SOC2	Porcentaje de los ingresos de los hogares dedicados a combustibles y electricidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de los ingresos de los hogares dedicados a combustibles y electricidad.</li> </ul>	ind.02	%
Dimensión Económica				
ECO1	Uso de energía per cápita	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de energía per cápita</li> </ul>	ind.03	kWh
ECO2	Uso de energía por unidad de PIB	<ul style="list-style-type: none"> <li>Uso de energía por unidad de PIB</li> </ul>	ind.04	toe/Meuros'15
ECO3	Eficiencia en la conversión y distribución de la energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eficiencia energética global</li> <li>Mejora de la eficiencia energética 1990-2018</li> </ul>	ind.05	%
			ind.06	%
ECO6	Porcentaje de energía destinado al sector industrial	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de energía destinado al sector industrial</li> </ul>	ind.07	%
ECO8	Porcentaje de energía destinado al sector servicios	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de energía destinado al sector servicios</li> </ul>	ind.08	%
ECO9	Porcentaje de energía destinado al sector de los hogares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de energía destinado al sector de los hogares</li> </ul>	ind.09	%
ECO10	Porcentaje de energía destinado al sector transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Porcentaje de energía destinado al sector transporte</li> </ul>	ind.10	%

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

ECO11	Porcentaje de combustibles en la energía y electricidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• % de la generación de electricidad con el uso de combustibles fósiles</li> <li>• % de la generación de electricidad con el uso de centrales nucleares</li> <li>• % de la generación de electricidad con el uso de energías renovables</li> <li>• % de la potencia instalada total de tecnologías que emplean combustibles fósiles</li> <li>• % de la potencia instalada total en centrales nucleares.</li> <li>• % de la potencia instalada total de tecnologías que emplean fuentes de energía renovables</li> </ul>	ind.11 ind.12 ind.13 ind.14 ind.15 ind.16	% % % % % %
ECO13	Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Porcentaje de energías renovables en la generación de electricidad</li> <li>• Porcentaje de energías renovables en el consumo final de energía</li> <li>• Porcentaje de energías renovables en el consumo de energía primaria</li> <li>• Porcentaje de energías renovables en el consumo final del sector transporte</li> </ul>	ind.17 ind.18 ind.19 ind.20	% % % %
ECO14	Precios de la energía de uso final por combustible y sector	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precio de la electricidad de uso doméstico</li> <li>• Precio del gas natural de uso doméstico</li> </ul>	ind.21 ind.22	€/kWh €/kWh
ECO15	Dependencia de las importaciones netas de energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dependencia de las importaciones netas de energía</li> </ul>	ind.23	%
Dimensión Ambiental				
ENV1	Emisiones de Gases de Efecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones de Gases de Efecto</li> </ul>	ind.24	toneladas

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

	Invernadero por la producción y uso de energía per cápita	<p>Invernadero por la producción y uso de energía per cápita</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducción de las emisiones de GEI entre 1990 y 2018</li> </ul>	ind.25	%
ENV3	Emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de los sistemas energéticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Emisiones a la atmosfera de NOx</li> <li>• Emisiones a la atmosfera de COVDM</li> <li>• Emisiones a la atmosfera de SOx</li> <li>• Emisiones a la atmosfera de NH3</li> <li>• Emisiones a la atmosfera de partículas finas</li> </ul>	<p>ind.26</p> <p>ind.27</p> <p>ind.28</p> <p>ind.29</p> <p>ind.30</p>	<p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>-</p>

## 4. USO DE LA HERRAMIENTA COIN TOOL

Como se explica en la introducción, para el análisis de los indicadores expuestos en el apartado 0 se emplea la herramienta Coin Tool desarrollada por el Joint Research Centre (JCR) que se utiliza para la creación de indicadores compuestos o índices (ver Figura 4). Esta herramienta es muy útil cuando un usuario pretende analizar un número grande de datos y ver la relación que tienen entre ellos, como se realiza en el presente trabajo.

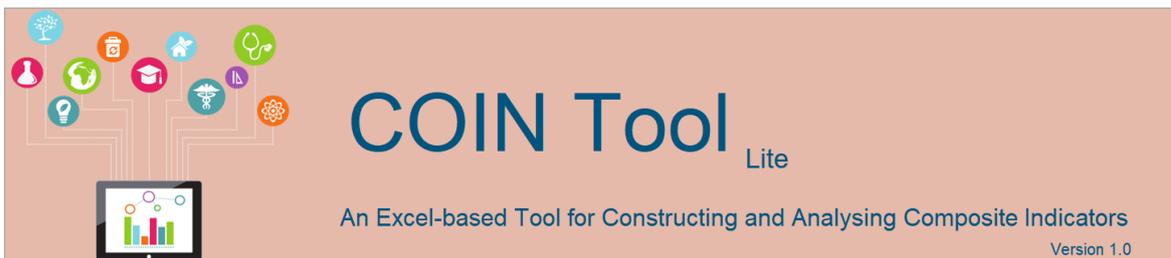


Figura 4: Portada de la herramienta Coin Tool en Excel (EUROPEAN UNION, 2019)

La herramienta Coin Tool está diseñada para su uso por parte de instituciones de investigación o de gobiernos. Existen dos versiones, la Completa y la Lite que es igual que la versión Completa eliminando algunas funcionalidades. En este trabajo, nos centraremos en la versión Lite ya que es suficiente para este estudio y para la mayoría de las aplicaciones.

Toda la información disponible respecto a la herramienta Coin Tool, así como la página web de descargas donde se pueden descargar el manual de usuario y la propia herramienta, cuya descarga es gratuita, están disponibles en la página web de la Comisión Europea (EUROPEAN UNION, 2019).

### 4.1 ESTRUCTURA DE LA APLICACIÓN

Los desarrolladores de la aplicación decidieron crearla en Excel a pesar de las limitaciones que tiene para que fuera lo más accesible posible a un gran número de usuarios. La herramienta cuenta con un manual de usuario (BECKER y otros, 2019) para explicar su funcionamiento y que posibles aplicaciones puede tener.

A continuación, se detallan en los apartados 4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4 y 4.1.5 las diferentes hojas de la aplicación y su uso. Se divide de esta forma para que cada apartado corresponda a cada uno de los pasos a seguir: introducción, tratamiento y análisis de datos, En la Figura 5 se muestran las cinco partes en las que se divide la metodología implementada en la herramienta y las tablas de datos, análisis y/o resultados que pertenecen a cada una de las etapas en las que se divide dicha metodología.

### Contenido de la versión Lite



Figura 5: Índice de la aplicación Coin Tool

En la Figura 6 se muestran algunas de las pestañas de la herramienta Coin Tool. Las tablas de la Figura 5, se organizan en la aplicación cada una en una pestaña diferente, lo cual permite que el manejo de la aplicación sea más cómodo e intuitivo.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.



Figura 6: Captura de las diferentes pestañas del Excel de la herramienta Coin Tool

4.1.1 Introducción de datos

Una vez localizados los datos en las diferentes bases de datos empleadas, como por ejemplo en este caso EUROSTAT, la primera fase consiste en introducirlos en el software Coin Tool, lo que se hace en la segunda hoja de la herramienta, llamada **Database**. Es importante saber que no se deben borrar filas ni columnas para no generar ningún error en las hojas siguientes. La Figura 7 muestra un ejemplo de los datos de los indicadores seleccionados en el TFG introducidos en la hoja correspondiente de Coin Tool.

Database								
For MinMax, DataMax, Goalposts:		Normalisation method	Minmax					
		Minimum score	0					
		Maximum score	100					
For Dataz (z-scores):		Mean score	50					
		Standard deviation	10					
		Weight	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		Direction	-1	1	1	-1	1	1
		Goalpost lower						
		Goalpost upper						
		Index	index	index	index	index	index	index
Select aggregation:	Sub-index	Arithmetic	si.02	si.02	si.02	si.02	si.02	si.02
Select aggregation:	Pillar	Arithmetic	p.07	p.07	p.07	p.07	p.07	p.07
Select aggregation:	Sub-pillar	Arithmetic	sp.10	sp.10	sp.10	sp.10	sp.10	sp.10
Aggregation:	Indicator name	Arithmetic	Porcentaje de combustibles fósiles para la generación de electricidad	Porcentaje de energía nuclear para la generación de electricidad	Porcentaje de fuentes renovables para la generación de electricidad	Porcentaje de la potencia instalada de tecnologías que emplean combustibles fósiles	Porcentaje de la potencia instalada en centrales nucleares	Porcentaje de la potencia instalada de tecnologías que emplean fuentes de energía renovables
Unit name	Unit code	Unit/Indicator	ind.11	ind.12	ind.13	ind.14	ind.15	ind.16
Alemania	AL	unit.001	50,93	11,82	37,01	45,00	5,00	50,00
Austria	AT	unit.002	20,78	-	79,20	25,00	-	74,00
Bélgica	BE	unit.003	35,27	38,08	26,00	36,00	26,00	38,00
Bulgaria	BG	unit.004	44,87	34,43	20,66	37,00	18,00	45,00
Chipre	CH	unit.005	90,57	-	9,43	85,00	-	15,00
Croacia	CR	unit.006	27,63	-	72,37	43,00	-	57,00
Dinamarca	DN	unit.007	29,32	-	70,68	53,00	-	47,00
Eslovaquia	EQ	unit.008	21,88	55,03	22,66	35,00	25,00	39,00
Eslovenia	EV	unit.009	31,34	35,37	33,28	40,00	18,00	42,00
España	ES	unit.010	39,64	20,62	39,70	44,00	7,00	49,00

Figura 7: Captura de la hoja Database de la herramienta Coin Tool

Como se muestra en la Figura 7, en esta tabla se deben introducir tanto el nombre de los indicadores empleados como el de las unidades a estudiar. En este caso particular en la columna correspondiente a las unidades se han introducido los nombres de los 27 países que componen la Unión Europea: Alemania, Austria, Bélgica, Bulgaria, Chipre, Croacia, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Países Bajos, Polonia, Portugal, República Checa, Rumanía y Suecia.

En la fila de los indicadores se han introducido los 30 indicadores que se emplean para construir el indicador compuesto, estos indicadores están explicados con detalle en el apartado 3 y podemos ver un resumen de los estos en la Tabla 17.

Además, en la tabla **Database** podemos ordenar los datos en subpilares, pilares y subíndices, en este trabajo se han ordenado de la siguiente forma:

- 15 subpilares, correspondientes a los 15 indicadores elegidos del documento “Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías” explicados en el apartado 3 de este documento y que se muestran en resumen en la Tabla 17.
- 11 pilares, correspondientes a los subtemas en los que se divide cada dimensión del indicador de desarrollo sostenible, ver la segunda columna de Tabla 1, Tabla 2y Tabla 3.
- 3 subíndices, correspondientes a las tres dimensiones de los indicadores: social, económica y ambiental.

Los datos adicionales que se deben incluir son el método de normalización, ya que los indicadores tienen valores y unidades muy dispares, el valor mínimo y máximo que tomarán los valores normalizados, el método de agregación entre los diferentes niveles de agregación y, por último, el peso y dirección de cada indicador.

Para este trabajo se han incluido como valor máximo 100 y como valor mínimo 0 (ver Figura 6, maximum score y minimum score), ya que es una manera muy intuitiva de ver el buen o mal cumplimiento de un indicador al asemejarse al tanto por ciento. El método de normalización elegido ha sido el de mínimo y máximo (Minmax en la Figura 7), como se puede ver en la primera casilla azul oscuro de la Figura 7, este método de normalización es el más común y realiza una transformación lineal escalando todos los valores en el intervalo que se elija en las casillas de valor mínimo y máximo. La fórmula que emplea este método de normalización es la siguiente:

$$x = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde  $x$  es el valor normalizado,  $X$  el valor del dato original y  $\min(X)$  y  $\max(X)$  los valores mínimo y máximo que toma cada indicador, respectivamente.

El método de agregación entre niveles de agregación es el de la media aritmética, (Arithmetic, en la Figura 7), que suma todos los indicadores de cada nivel por igual independientemente del número de indicadores que haya. Se ha decidido utilizar este método ya que en este trabajo académico no se

tiene la responsabilidad de poder decir que los indicadores de una dimensión tienen más valor que los de otra ya que, por ejemplo, la energía muy limpia a nivel ambiental que podría tener un precio prohibitivo que la haría inaccesible para la población, es igual de perjudicial para un país que un sistema energético muy contaminante pero accesible para todos. El método de agregación aritmético se rige por la siguiente fórmula:

$$s_c = \frac{1}{\sum w_i} \sum_{i=1}^n w_i x_{i,c} \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde,  $s_c$  es el valor que coge el nivel de agregación superior,  $n$  es el número total de indicadores que pertenecen a un mismo subpilar, subpilares que pertenecen a un mismo pilar, pilares que pertenecen a un mismo subíndice o subíndices que pertenecen a un mismo índice. Por último,  $w_i$  son los pesos de cada indicador, subpilar o subíndice y  $x_{i,c}$  es el valor de cada indicador para cada unidad.

Para cada indicador, en función de si un valor alto del indicador corresponde con un valor alto del índice, o no, se ha tomado el siguiente consenso:

- 1, si los mejores valores del índice se alcanzan con los valores más altos del indicador.
- -1, si los mejores valores del índice se alcanzan con los valores más bajos del indicador.

En resumen, el consenso que se ha tomado respecto a las direcciones para cada uno de los indicadores considerados en este trabajo se muestra en la Tabla 18:

Tabla 18: Dirección que toman los indicadores en la herramienta Coin Tool

INDICADOR	DIRECCIÓN
Porcentaje de los hogares sin capacidad de mantener su casa a una temperatura adecuada	-1
Porcentaje de los ingresos de los hogares dedicados a combustibles y electricidad.	-1
Uso de energía per cápita	-1
Uso de energía por unidad de PIB	-1
Eficiencia energética global	1
Mejora de la eficiencia energética 1990-2018	1
Porcentaje de energía destinado al sector industrial	-1
Porcentaje de energía destinado al sector servicios	-1
Porcentaje de energía destinado al sector de los hogares	-1

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Porcentaje de energía destinado al sector transporte	-1
% de la generación de electricidad con el uso de combustibles fósiles	-1
% de la generación de electricidad con el uso de centrales nucleares	1
% de la generación de electricidad con el uso de energías renovables	1
% de la potencia instalada total de tecnologías que emplean combustibles fósiles	-1
% de la potencia instalada total en centrales nucleares.	1
% de la potencia instalada total de tecnologías que emplean fuentes de energía renovables	1
Porcentaje de energías renovables en la generación de electricidad	1
Porcentaje de energías renovables en el consumo final de energía	1
Porcentaje de energías renovables en el consumo de energía primaria	1
Porcentaje de energías renovables en el consumo final del sector transporte	1
Precio de la electricidad de uso doméstico	-1
Precio del gas natural de uso doméstico	-1
Dependencia de las importaciones netas de energía	-1
Emisiones de Gases de Efecto Invernadero por la producción y uso de energía per cápita	-1
Reducción de las emisiones de GEI entre 1990 y 2018	1
Emisiones a la atmosfera de NOx	1
Emisiones a la atmosfera de COVDM	1
Emisiones a la atmosfera de SOx	1
Emisiones a la atmosfera de NH3	1
Emisiones a la atmosfera de partículas finas	1

Se ha tomado el mismo peso para todos los indicadores, ya que en este Trabajo Fin de Grado no se tiene la capacidad de decir que unos indicadores tienen más peso que otros.

Una vez introducidos los datos y definidos los métodos de agregación, se procede a la siguiente hoja, llamada **Conceptual Framework** (de la pestaña Framework de la herramienta Coin Tool, ver Figura 5), podemos ver un resumen de los diferentes niveles de organización, y que se muestra en la Figura 8.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Conceptual framework						
Item	Dimension/indicator	Supra-dimension	Weight	Aggregation	Direction	Name of dimension/indicator
Index	Index		1	Arithmetic	1	INDICADOR ENERGÉTICO DESARROLLO SOSTENIBLE
Sub-indices	si.01	index	1	Arithmetic	1	Dimensión Social
	si.02	index		Arithmetic	1	Dimensión Económica
	si.03	index		Arithmetic	1	
Pillars	p.01	si.01	1	Arithmetic	1	Accesibilidad
	p.02	si.01	1	Arithmetic	1	Asequibilidad
	p.03	si.02	1	Arithmetic	1	Uso global
	p.04	si.02	1	Arithmetic	1	Peoductividad global
	p.05	si.02	1	Arithmetic	1	Eficiencia del suministro
	p.06	si.02	1	Arithmetic	1	Uso final
	p.07	si.02	1	Arithmetic	1	Diversificación
	p.08	si.02	1	Arithmetic	1	Precios
	p.09	si.02	1	Arithmetic	1	Importaciones
	p.10	si.03	1	Arithmetic	1	Cambio climático
	p.11	si.03	1	Arithmetic	1	Calidad del aire
Sub-pillars	sp.01	p.01	1	Arithmetic	1	SOC1
	sp.02	p.02	1	Arithmetic	1	SOC2
	sp.03	p.03	1	Arithmetic	1	ECO1
	sp.04	p.04	1	Arithmetic	1	ECO2
	sp.05	p.05	1	Arithmetic	1	ECO3
	sp.06	p.06	1	Arithmetic	1	ECO6
	sp.07	p.06	1	Arithmetic	1	ECO8
	sp.08	p.06	1	Arithmetic	1	ECO9
	sp.09	p.06	1	Arithmetic	1	ECO10
	sp.10	p.07	1	Arithmetic	1	ECO11
	sp.11	p.07	1	Arithmetic	1	ECO13
	sp.12	p.08	1	Arithmetic	1	ECO14
	sp.13	p.09	1	Arithmetic	1	ECO15
	sp.14	p.10	1	Arithmetic	1	ENV1
	sp.15	p.11	1	Arithmetic	1	ENV3

Figura 8: Captura de la hoja Framework de la herramienta Coin Tool

Como se observa en la Figura 8, en esta hoja también se dispone de un apartado para dar nombre a los subpilares, pilares y subíndices y para asignarles un peso. Como en el caso de los indicadores, se ha decidido que el peso de los subpilares, pilares y subíndices sean iguales ya que en este caso tampoco se tiene la capacidad de, por ejemplo, decidir qué dimensión de las tres es más importante, como muestra la columna Weight de la Figura 8.

#### 4.1.2 Inspección y tratamiento de datos

La herramienta Coin Tool dedica cinco tablas, o lo que es lo mismo, cinco pestañas de Excel, a mostrar las propiedades de los datos que hemos insertado y a ofrecer posibilidades para el tratamiento de los valores atípicos. Un valor atípico es aquel que difiere en gran medida de los demás valores del indicador y es pueden ser debidos a un error. Aunque no fueran un error es interesante tratarlos ya que pueden situar a los demás valores del indicador en una posición demasiado buena o mala simplemente por este valor que esta fuera de lo normal.

Las 5 pestañas de Excel se llaman **Statistics**, **Winsorisation**, **Box-Cox**, **Scatterplots** y **TreatedData**, a continuación, veremos cómo funcionan las diferentes tablas con los datos empleados en este estudio.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

La primera tabla con la que nos encontramos se llama **Descriptive Statistics**, nos muestra en diferentes colores los valores que son negativos, cero o que simplemente faltan, para que podamos corregir posibles errores de introducción de datos. Además calcula las estadísticas de cada indicador, como podemos ver en la Figura 9, los datos que muestra para cada indicador son los siguientes:

- El número de valores que faltan, en tanto por ciento y en valor absoluto (Missing Values).
- Los valores mínimo y máximo (Min, Max).
- La media, la desviación estandar, la asimetría y la curtosis (mean, standard deviation, skewness, kurtosis).
- Si existe presencia de valores atípicos y cuantos hay de cada tipo, además, sobre el set de datos subraya en color verde los valores atípicos bajos y en amarillo los valores atípicos altos (Outliers detected).
- El primer cuartil, la mediana y el tercer cuartil (first quartile (Q1), median, third quartile (Q3)).

Descriptive statistics				Missing values (%)	0,0%	0,0%	3,7%	0,0%	0,0%	11,1%
				Missing values (#)	0	0	1	0	0	3
				Min	9,43	7,34	3,40	2,70	0,10	0,03
				Max	90,96	54,65	40,32	29,70	0,31	0,12
				Mean	38,54	21,50	14,63	7,70	0,18	0,06
				Standard deviation	23,90	11,83	9,84	4,99	0,06	0,02
Skewness threshold	2,00			Skewness	0,70	1,07	0,90	3,51	0,87	0,95
Kurtosis threshold	3,50			Kurtosis	-0,51	0,86	0,31	15,16	0,12	0,88
Indicators with outliers	2			Outliers detected	no	no	no	yes	no	no
IQR parameter a	2,00			First quartile (Q1)	19,46	12,22	6,00	5,55	0,14	0,04
Std. dev. factor b	3,00			Median (Q2)	34,48	18,05	13,08	6,90	0,17	0,06
Percentile level c	0,00			Third quartile (Q3)	51,92	29,02	19,41	8,05	0,21	0,07
				Low outliers						
				High outliers				2		
				Weight	1	1	1	1	1	1
				Direction	1	1	1	1	-1	-1
Number of indicators:	30			Sub-index	si.02	si.02	si.02	si.02	si.02	si.02
Number of units:	27			Pillar	p.07	p.07	p.07	p.07	p.08	p.08
				Sub-pillar	sp.11	sp.11	sp.11	sp.11	sp.12	sp.12
Min. indicator coverage	65%			Indicator name	Porcentaje de	Porcentaje de	Porcentaje de	Porcentaje de	Precio de la	Precio del gas
Indicators with data	Coverage	Unit name	Unit/Indicator	ind.17	ind.18	ind.19	ind.20	ind.21	ind.22	
30	100,0%	AT	unit.002	79,20	33,81	32,57	9,80	0,20	0,07	
30	100,0%	BE	unit.003	26,00	9,48	6,69	6,60	0,29	0,06	
30	100,0%	BG	unit.004	20,66	20,59	10,77	8,10	0,10	0,04	
29	96,7%	CH	unit.005	9,43	13,90	3,56	2,70	0,20	n/a	
30	100,0%	CR	unit.006	72,37	28,05	24,87	3,90	0,13	0,04	
30	100,0%	DN	unit.007	70,68	35,41	26,72	6,60	0,31	0,09	
30	100,0%	EQ	unit.008	22,06	11,90	7,66	7,00	0,15	0,04	
30	100,0%	EV	unit.009	33,28	21,38	16,05	5,50	0,16	0,06	
30	100,0%	ES	unit.010	39,70	18,05	17,30	6,90	0,24	0,08	
30	100,0%	ET	unit.011	16,87	29,99	5,77	3,30	0,14	0,04	
29	96,7%	FI	unit.012	46,48	41,16	25,66	14,00	0,17	n/a	
30	100,0%	FR	unit.013	20,81	16,44	11,26	9,00	0,18	0,07	

Figura 9: Captura de la hoja Descriptive Statistics de la herramienta Coin Tool

Es importante remarcar que en esta pestaña trabaja con los valores originales, ya que en las siguientes pestañas se tratarán antes de normalizarlos. Una vez se ha realizado el análisis estadístico y se han detectado los valores atípicos, los datos se tratan en las dos pestañas siguientes **Winsorisation**, **Box-**

**Cox y Scatterplots.** Es importante mencionar que no todos los valores atípicos tienen por qué llegar a las tres pestañas, ya que en algunos casos es suficiente con aplicar un método de tratamiento de datos.

La primera de estas dos pestañas se llama **Winsorisation** y se encarga de corregir los valores atípicos que se habían encontrado en la pestaña anterior. En este proceso se sustituye un número de valores atípicos en una distribución por unos valores cada vez más cercanos a los demás, para que estos dejen de ser atípicos. Se puede elegir el número de valores atípicos que puede corregir como máximo, en este caso, se ha decidido que el número máximo de valores a corregir sea 5, que es el valor por defecto que da la aplicación, como se muestra en la Figura 10.

<b>Winsorisation</b>			Select: Normal winsorization						
Max. points to Winsorise			5						
<b>ORIGINAL DATASET</b>			Outliers detected	no	no	no	no	yes	no
			Skewness	OK	OK	OK	OK	LARGE	OK
			Recommendation					winsorize	
			Number of winsorised values					2	
1	Winsorization level		not required	not required	not required	not required	not required	not OK	not required
2	Winsorization level		not required	not required	not required	not required	not required	OK	not required
3	Winsorization level		not required	not required	not required	not required	not required	OK	not required
4	Winsorization level		not required	not required	not required	not required	not required	OK	not required
5	Winsorization level		not required	not required	not required	not required	not required	OK	not required
<b>Candidate for Box-Cox</b>									
<b>WINSORIZED DATASET</b>			Skewness	0,45	0,70	1,07	0,90	-0,30	0,87
			Kurtosis	0,69	-0,51	0,86	0,31	-0,72	0,12
			Outliers detected	no	no	no	no	no	no
			Unit/Indicator	ind.16	ind.17	ind.18	ind.19	ind.20	ind.21
Alemania	AL	unit.001	50,00	37,01	16,67	15,85	7,90	0,30	0,30
Austria	AT	unit.002	74,00	79,20	33,81	32,57	9,80	0,20	0,20
Bélgica	BE	unit.003	38,00	26,00	9,48	6,69	6,60	0,29	0,29
Bulgaria	BG	unit.004	45,00	20,66	20,59	10,77	8,10	0,10	0,10
Chipre	CH	unit.005	15,00	9,43	13,90	3,56	2,70	0,20	0,20
Croacia	CR	unit.006	57,00	72,37	28,05	24,87	3,90	0,13	0,13
Dinamarca	DN	unit.007	47,00	70,68	35,41	26,72	6,60	0,31	0,31
Eslovaquia	EQ	unit.008	39,00	22,06	11,90	7,66	7,00	0,15	0,15
Eslovenia	EV	unit.009	42,00	33,28	21,38	16,05	5,50	0,16	0,16
España	ES	unit.010	49,00	39,70	18,05	17,30	6,90	0,24	0,24
Estonia	ET	unit.011	12,00	16,87	29,99	5,77	3,30	0,14	0,14
Finlandia	FI	unit.012	32,00	46,48	41,16	25,66	9,80	0,17	0,17
Francia	FR	unit.013	38,00	20,81	16,44	11,26	9,00	0,18	0,18
Grecia	GR	unit.014	46,00	30,89	18,05	12,44	3,80	0,17	0,17
Hungría	HU	unit.015	12,00	12,42	12,54	3,40	7,70	0,11	0,11

Figura 10: Captura hoja Winsorisation de la herramienta Coin Tool

En la Figura 10, se muestra un valor atípico corregido correspondiente al indicador 20, porcentaje de energías renovables en el consumo final del sector transporte, en este indicador se habían detectado dos valores atípicos, uno de ellos se muestra en la Figura 9, en amarillo al ser un valor atípico alto, y corresponde a Finlandia y el otro con un valor de 29,7 corresponde a Suecia. Estos valores atípicos no se deben a un error, pero es cierto que al tratarlos conseguiremos un valor más realista de cómo cumplen el indicador el resto de las unidades, es decir, el resto de los países de la Unión Europea. En este indicador se han winsorizado dos puntos, ya que con eso el valor de la asimetría y la curtosis son aceptables. El valor del indicador 20 que toman estos dos países una vez han sido tratados es de 9,80 como se muestra en la Figura 10, en color verde.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

La siguiente pestaña de la etapa de tratamiento de datos, llamada **Box-Cox Transformations**, intenta corregir los valores que tras ser tratados mediante la winsorización siguen sin dar valores dentro del límite de curtosis y asimetría. En esta tabla se dispone de cuatro columnas, en la primera se muestran los valores originales y en las otras tres se aplican tres transformaciones. Para nuestros indicadores no es necesario aplicar ninguna de estas transformaciones ya que con la winsorización los valores son adecuados para su posterior análisis y por esto no se adjunta captura de esta pestaña ya que aparece vacía y no aporta información a este trabajo.

La siguiente acción de esta sección de tratamiento de datos solo tiene sentido en el caso de que alguno de los indicadores hubiera necesitado las transformaciones de la hoja **Cox-Box Transformations** ya que muestra en forma de gráfico de dispersión los datos con los diferentes tratamientos. En este estudio, por lo tanto, la gráfica presente en esta pestaña de Excel aparece vacía y no se adjunta captura de la misma.

La tabla **Treated Data** es la última de las fases de la etapa de inspección y tratamiento de datos y sirve como un resumen de los datos definitivos con los que la herramienta operará para realizar el análisis de datos. Además, en esta tabla debemos decidir si realizar el análisis con los datos tratados o por el contrario utilizar los datos originales de la hoja **Database**. Como se muestra en la Figura 11, los datos tratados aparecen en verde para identificarlos rápidamente en el conjunto de datos.

B		C	D	S	T	U	V	W	X	Y	Z
<b>Treated Data</b>			Select: Treated dataset								
			Outliers detected (orig)	No	No	No	No	No	Yes	No	No
Data treatment status:		Winsorisation							OK		
		LN-transform									
		SQRT transform									
		LNMED transform									
		SELECTED TRANSFORM	None	None	None	None	None	WIN	None	None	
Missing values			0	0	0	0	0	1	0	0	3
Min			-	12,00	9,43	7,34	3,40	2,70	0,10	0,03	
Max			47,00	92,00	90,96	54,65	40,32	9,80	0,31	0,12	
Mean			8,56	41,74	38,54	21,50	14,63	6,81	0,18	0,06	
Standard deviation			12,14	18,90	23,90	11,83	9,84	2,07	0,06	0,02	
Skewness			1,51	0,45	0,70	1,07	0,90	-0,30	0,87	0,95	
Kurtosis			2,23	0,69	-0,51	0,86	0,31	-0,72	0,12	0,88	
Outliers detected (final)			no	no	no	no	no	no	no	no	
Weight			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
Direction			-1	1	1	1	1	1	1	-1	-1
Number of units:	27	Sub-index	sl.02	sl.02	sl.02	sl.02	sl.02	sl.02	sl.02	sl.02	sl.02
Number of indicators:	30	Pillar	p.07	p.07	p.07	p.07	p.07	p.07	p.07	p.08	p.08
		Sub-pillar	sp.10	sp.10	sp.11	sp.11	sp.11	sp.11	sp.11	sp.12	sp.12
Min. indicator coverage:	65%	Indicator name	Porcentaje de I: Porcentaje de I: Porcentaje de e Porcentaje de e Porcentaje de e Porcentaje de e Precio de la ele: Precio del gas n De								
	Coverage	Unit/Indicator	ind.15	ind.16	ind.17	ind.18	ind.19	ind.20	ind.21	ind.22	
BG	100,0%	unit.004	18,00	45,00	20,66	20,59	10,77	8,10	0,10	0,04	
CH	96,7%	unit.005	-	15,00	9,43	13,90	3,56	2,70	0,20	n/a	
CR	100,0%	unit.006	-	57,00	72,37	28,05	24,87	3,90	0,13	0,04	
DN	100,0%	unit.007	-	47,00	70,68	35,41	26,72	6,60	0,31	0,09	
EQ	100,0%	unit.008	25,00	39,00	22,06	11,90	7,66	7,00	0,15	0,04	
EV	100,0%	unit.009	18,00	42,00	33,28	21,38	16,05	5,50	0,16	0,06	
ES	100,0%	unit.010	7,00	49,00	39,70	18,05	17,30	6,90	0,24	0,08	
ET	100,0%	unit.011	-	12,00	16,87	29,99	5,77	3,30	0,14	0,04	
FI	96,7%	unit.012	16,00	32,00	46,48	41,16	25,66	9,80	0,17	n/a	
FR	100,0%	unit.013	47,00	38,00	20,81	16,44	11,26	9,00	0,18	0,07	
GR	100,0%	unit.014	-	46,00	30,89	18,05	12,44	3,80	0,17	0,06	
HU	96,7%	unit.015	22,00	12,00	12,42	12,54	3,40	7,70	0,11	0,04	

Figura 11: Captura de la hoja Treated Data de la herramienta Coin Tool

## Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

### 4.1.3 Correlaciones y ajustes

La herramienta Coin Tool analiza y muestra los resultados de las relaciones entre los indicadores y los diferentes niveles de agregación y da la opción de cambiar los pesos de cada nivel si lo vemos necesario.

La primera pestaña de correlaciones y ajustes **Indicator Correlations**, calcula y muestra las relaciones de cada indicador con los demás, para realizar esta operación emplea la función de Excel que calcula el coeficiente de correlación de Pearson, que se muestran como ejemplo en la Figura 12. La fórmula del coeficiente de correlación de Pearson es la siguiente:

$$r = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde  $\sigma_{xy}$  es la covarianza y  $\sigma_x, \sigma_y$  son la desviación típica de x y la de y, respectivamente.

Indicator correlations									
Negative correlation threshold	-0,50								
Positive correlation threshold	0,30								
Collinear threshold	0,92								
Initial weights	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Sub-index	si.02	si.02	si.02	si.02	si.02	si.02	si.02	si.02	si.02
Pillar	p.05	p.05	p.06	p.06	p.06	p.06	p.07	p.07	p.07
Sub-pillar	sp.05	sp.05	sp.06	sp.07	sp.08	sp.09	sp.10	sp.10	sp.10
Direction	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
Name	Eficiencia en la conversión y distribución de energía	Mejora de la eficiencia energética entre 1990 y 2018	Porcentaje de energía destinado a industria	Porcentaje de energía destinado a l sector servicios	Porcentaje de energía destinado al sector de los hogares	Porcentaje de energía destinado al sector transporte	Porcentaje de combustibles fósiles para la generación de electricidad	Porcentaje de energía nuclear para la generación de electricidad	Porcentaje de energía nuclear para la generación de electricidad
Name	Indicator	ind.05	ind.06	ind.07	ind.08	ind.09	ind.10	ind.11	ind.12
Porcentaje de energía destinado al se	ind.10	-0,30	-0,38	-0,68	0,23	-0,51		0,11	-0,38
Porcentaje de combustibles fósiles pa	ind.11	0,23	-0,13	-0,41	0,52	0,02	0,11		-0,50
Porcentaje de energía nuclear para la	ind.12	0,44	0,34	0,52	-0,23	0,00	-0,38	-0,50	
Porcentaje de fuentes renovables par	ind.13	0,64	0,14	0,01	0,36	0,03	-0,21	0,64	0,35
Porcentaje de la potencia instalada di	ind.14	0,20	-0,22	-0,34	0,41	0,24	-0,08	0,85	-0,41
Porcentaje de la potencia instalada ei	ind.15	0,43	0,32	0,44	-0,16	0,02	-0,34	-0,48	0,98
Porcentaje de la potencia instalada di	ind.16	0,50	-0,04	-0,08	0,35	0,27	-0,31	0,61	0,18
Porcentaje de energías renovables en	ind.17	0,64	0,14	0,02	0,36	0,03	-0,21	0,64	0,35
Porcentaje de energías renovables en	ind.18	-0,01	-0,21	-0,30	0,25	-0,25	0,41	0,43	0,03
Porcentaje de energías renovables en	ind.19	0,18	0,04	-0,30	0,21	-0,05	0,28	0,45	0,08
Porcentaje de energías renovables en	ind.20	0,05	-0,11	-0,57	0,01	0,31	0,34	0,33	-0,37
Precio de la electricidad para consum	ind.21	-0,20	-0,01	0,07	0,13	-0,10	-0,04	-0,04	-0,12
Precio del gas natural para consumid	ind.22	-0,01	0,07	0,23	0,35	-0,27	-0,19	-0,13	0,03
Dependencia de las importaciones ne	ind.23	-0,53	-0,51	-0,23	0,34	-0,63	0,60	0,11	-0,21

Figura 12: Captura de la pestaña IndCorrel de la herramienta Coin Tool

Como podemos ver en la Figura 12, los valores del coeficiente de Pearson van entre -1 y 1, los valores próximos al 1 y al -1 se dice que tienen una correlación fuerte.

- Un resultado próximo a +1 puede significar que dos indicadores son colineales, es decir, que tienen una dependencia fuerte, esto se debe a que hemos tenido en cuenta dos indicadores

diferentes que realmente representan lo mismo. Para solucionarlo podemos eliminar uno de los dos indicadores o dar la mitad del peso que tenían a ambos indicadores.

- Las correlaciones negativas implican que los valores bajos de un indicador tienen relación con los altos de otros. Hay que tener especial cuidado cuando las correlaciones negativas se encuentran entre valores de el mismo pilar.

Para que esta tabla sea más visual se crea un código de colores, podemos ver ejemplos del mismo en la Figura 11:

- Sombreado en morado claro para indicadores del mismo pilar, como es el caso del indicador 11, 'Porcentaje de combustibles fósiles para la generación de electricidad' (en la columna 8 de la Figura 12) y 17, 'Porcentaje de energías renovables en la generación de electricidad' (primera columna fila 8 de la Figura 12) que ambos pertenecen al pilar 7, llamado Diversificación.
- Sombreado en morado oscuro para indicadores del mismo subpilar, como los indicadores 11, 'Porcentaje de combustibles fósiles para la generación de electricidad' (en la columna 8 de la Figura 12) y 13, '% de la generación de electricidad con el uso de energías renovables' (primera columna fila 8 de la Figura 12) que pertenecen al subpilar 10 que corresponde con el indicador ECO11: Porcentajes de combustibles en la energía y electricidad.
- Sombreado en rojo para indicadores del mismo subpilar con correlación negativa, como es el ejemplo de los indicadores 11, 'Porcentaje de combustibles fósiles para la generación de electricidad', y 12, '% de la generación de electricidad con el uso de centrales nucleares'.
- Sombreado en verde para indicadores del mismo subpilar con correlación muy cercana a 1, como por ejemplo los indicadores 12, '% de la generación de electricidad con el uso de centrales nucleares', y 15, '% de la potencia instalada total en centrales nucleares', que tienen una correlación de 0,98 lo cual quiere decir que ambos representan prácticamente lo mismo.
- Número verde para correlaciones altas y positivas, como la correlación entre los indicadores 7, 'Porcentaje de energía destinado al sector industrial', y 12, '% de la generación de electricidad con el uso de centrales nucleares'.
- Número rojo para correlaciones muy cercanas a -1, como las de los indicadores 6, 'Mejora de la eficiencia energética 1990-2018', y 23, 'Dependencia de las importaciones netas de energía'.

Además, la herramienta permite al usuario elegir los valores límite para considerar cuales son correlaciones muy altas, muy bajas o prácticamente colineales. Los valores elegidos para este trabajo son los predeterminados, que pueden verse en las casillas azules de la Figura 12 y son: -0,5 para el límite de correlación negativa, 0,3 para el límite de correlación positiva y 0,92 para que dos indicadores se consideren colineales.

Una vez analizadas las correlaciones, la herramienta procede con la pestaña **Rebalancing of Weights** (ver Figura 13), esta tabla sirve para mostrar la relación entre cada indicador, subpilar, pilar y subíndice. Una muestra de esta pestaña se presenta en la Figura 13. Además, en este punto se da la oportunidad de asignar nuevos pesos a los indicadores para corregir las correlaciones negativas. En

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

este estudio se ha decidido dejar los pesos como originalmente ya que intentar eliminar las correlaciones negativas es un trabajo costoso que queda fuera del propósito de este Trabajo Fin de Grado.

Las correlaciones se calculan igual que en la pestaña anterior y en este caso se marca como nivel de correlación bajo entre un nivel y sus niveles superiores aquellos que están por debajo de 0,5 (valor por defecto que puede ser modificado). En esta tabla también se sigue un código de colores que son los siguientes:

- Sombreado en rojo para correlaciones negativas, lo que significa que los mejores valores de un indicador tienen relación con los peores valores del otro. Por ejemplo, el indicador 3 ‘Uso de la energía per cápita’ está correlacionado negativamente con el indicador, esto puede significar que la dirección tomada para este indicador no es la adecuada.
- Sombreado en naranja para correlaciones positivas por debajo del límite elegido, lo cual significa que presentan una baja correlación, es decir, que este indicador no aporta mucha información al nivel de agregación superior que se esté analizando. Por ejemplo, la correlación entre el indicador 4, ‘Uso de energía por unidad de PIB’ (columna 5, Figura 13), y el subíndice que pertenece a la dimensión económica (fila 9, Figura 13).

En la Figura 13 se muestra una captura de esta hoja de la herramienta donde se puede ver el código de colores y como está estructurada la tabla.

<b>Rebalancing of weights</b>		Low correlation threshold		0,5		
<b>CORRELATIONS WITH SUPRA-DIMENSIONS - WEIGHTED ARITHMETIC AVERAGES</b>						
<b>INDICATOR</b>	ind.01	ind.02	ind.03	ind.04	ind.05	ind.06
<b>Sub-pillar</b>	sp.01	sp.02	sp.03	sp.04	sp.05	sp.05
<b>Initial weights</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Initial correlation with sub-pillar</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	0,901	0,873
<b>Adjusted weights</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>New correlation with sub-pillar</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	0,901	0,873
<b>Pillar</b>	p.01	p.02	p.03	p.04	p.05	p.05
<b>Initial correlation with pillar</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	0,901	0,873
<b>New correlation with pillar</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	0,901	0,873
<b>Sub-index</b>	si.01	si.01	si.02	si.02	si.02	si.02
<b>Initial correlation with sub-index</b>	0,762	0,621	0,653	0,227	0,358	0,049
<b>New correlation with sub-index</b>	0,762	0,621	0,653	0,227	0,358	0,049
<b>Index</b>	index	index	index	index	index	index
<b>Initial correlation with index</b>	0,647	0,400	-0,463	0,466	0,250	0,062
<b>New correlation with index</b>	0,647	0,400	-0,463	0,466	0,250	0,062
<b>SUB-PILLAR</b>	sp.01	sp.02	sp.03	sp.04	sp.05	sp.06
<b>Pillar</b>	p.01	p.02	p.03	p.04	p.05	p.06
<b>Initial weights</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>Initial correlation with pillar</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,340
<b>Adjusted weights</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<b>New correlation with pillar</b>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	-0,340
<b>Sub-index</b>	si.01	si.01	si.02	si.02	si.02	si.02
<b>Initial correlation with sub-index</b>	0,762	0,621	0,653	0,227	0,240	-0,090
<b>New correlation with sub-index</b>	0,762	0,621	0,653	0,227	0,240	-0,090

Figura 13: Captura de la pestaña Rebalancing of Weights de la herramienta Coin Tool

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

4.1.4 Valores del índice y ranking

Finalmente, en la última de las etapas de la herramienta se realiza un análisis del índice. Para exponer los resultados del análisis a modo de comparación entre las diferentes unidades disponemos de tres pestañas que nos muestran diferentes datos. La primera de estas se llama **Heatmap of Scores** (ver Figura 5) y es la más visual de las tres. La Figura 14 muestra, a modo de ejemplo, una captura de pantalla de esta etapa.

Heatmap of scores		INDICADOR ENERGÉTICO DESARROLLO	Dimensión Social	Dimensión Económica	Dimensión Ambiental	Accesibilidad	Asequibilidad	Uso global	Productividad global	Eficiencia del suministro	Uso final	Diversificación	Precios	Importaciones	Cambio climático	Calidad del aire
Rank	Unit															
1	SU	74,06	84,63	54,30	83,24	97,82	71,44	28,62	81,52	33,22	59,42	78,69	27,70	70,93	86,47	80,00
2	FI	73,05	81,34	54,89	82,92	99,69	63,00	33,33	67,27	45,22	57,89	57,44	68,54	54,54	65,84	100,00
3	PB	72,75	90,70	47,42	80,14	98,13	83,26	33,82	77,88	46,48	60,91	19,80	53,69	39,34	60,29	100,00
4	EQ	71,93	70,67	53,19	91,93	90,03	51,31	74,31	55,15	29,40	57,35	39,14	81,91	35,06	83,86	100,00
5	AT	71,80	84,85	59,86	70,70	100,00	69,71	55,99	86,36	60,14	59,36	66,73	55,94	34,49	61,39	80,00
6	CR	70,67	56,23	63,97	91,82	81,00	31,47	93,88	60,30	55,76	54,12	46,18	91,08	46,45	83,63	100,00
7	EV	70,13	79,27	57,80	73,32	94,70	63,83	66,32	65,45	51,10	61,70	40,01	72,04	47,98	66,64	80,00
8	MT	69,98	90,65	38,88	80,40	81,31	100,00	3,61	34,85	82,50	51,56	14,20	85,45	-	80,79	80,00
9	FR	69,39	84,16	55,14	68,87	89,41	78,91	60,80	80,61	24,46	53,93	53,74	59,93	52,55	77,73	60,00
10	ES	69,39	76,08	51,84	80,25	76,64	75,52	74,22	78,48	43,63	61,21	39,52	40,90	24,93	60,49	100,00
11	DN	68,28	75,17	61,29	68,39	95,64	54,70	75,63	94,85	57,87	54,82	50,84	17,65	77,37	76,78	60,00
12	LU	66,05	91,37	50,78	56,01	98,44	84,30	-	90,30	67,71	63,58	52,32	79,10	2,44	32,02	80,00
13	AL	66,03	72,91	49,93	75,24	96,57	49,24	55,98	84,55	45,71	53,49	37,29	37,17	35,31	70,48	80,00
14	RC	64,84	62,67	48,16	83,68	96,57	28,77	55,87	43,03	23,17	54,92	24,54	72,62	62,96	67,37	100,00
15	LE	64,79	51,70	64,69	77,98	81,62	21,78	95,82	59,70	63,11	54,37	41,84	82,85	55,13	95,96	60,00
16	IT	64,72	63,59	52,77	77,81	61,06	66,11	82,55	86,06	46,91	52,81	34,24	44,89	21,94	75,63	80,00
17	BE	64,24	68,15	42,19	82,37	88,79	47,51	24,59	69,70	52,60	56,02	35,15	41,52	15,74	64,74	100,00
18	PG	63,27	55,33	53,27	81,21	44,55	66,11	83,87	75,45	36,73	59,63	49,82	44,66	22,68	62,42	100,00
19	IR	62,59	80,87	54,95	51,94	91,28	70,47	67,60	100,00	60,12	54,79	26,71	44,55	30,89	43,87	60,00
20	ET	62,37	71,97	43,38	71,76	97,82	46,13	25,13	29,70	-	51,65	10,44	86,73	100,00	63,51	80,00
21	GR	60,77	45,94	52,82	83,54	34,27	57,61	81,24	71,21	40,19	57,34	22,40	69,57	27,81	67,08	100,00
22	LI	58,77	36,63	63,03	76,64	18,07	55,19	92,31	55,76	76,66	57,10	40,99	93,89	24,47	93,29	60,00
23	RU	57,30	37,54	66,40	67,97	75,08	-	100,00	60,00	40,84	57,20	38,89	92,02	75,88	95,94	40,00
24	CH	56,05	57,49	45,55	65,10	36,76	78,22	87,33	71,82	43,87	57,54	2,41	50,70	5,20	30,20	100,00
25	HU	55,91	55,27	57,55	54,93	85,98	24,55	85,70	50,00	47,04	55,09	27,81	96,36	40,82	84,87	25,00
26	PO	55,60	61,11	54,98	50,71	89,10	33,13	78,67	47,88	49,87	59,45	9,83	84,49	54,66	61,42	40,00
27	BG	50,24	29,05	49,78	71,91	-	58,09	81,64	-	10,80	58,09	38,62	95,88	63,40	83,81	60,00

Figura 14: Captura de la pestaña Heatmap de la herramienta Coin Tool

En el Heatmap, Figura 14, se ordenan los indicadores correspondientes a los niveles de agregación más altos en forma de tabla de colores, donde el verde indica el mejor cumplimiento de ese indicador y el rojo el peor. Además de los colores en cada casilla se encuentra el valor normalizado de cada indicador, en la primera columna podemos ver el valor normalizado de nuestro Indicador Energético de Desarrollo Sostenible, que es el indicador compuesto global, el valor normalizado de todos los indicadores se puede encontrar en la siguiente pestaña, mostrado en la Figura 15. Si se presta atención a la Figura 14, se entiende mejor como están asignados los colores en la tabla, en el pilar 11(última columna de la Tabla 14), correspondiente al tema ‘Calidad del aire’ se puede ver que para Finlandia se obtiene un valor normalizado de 100 y que, además, la casilla correspondiente se encuentra subrayada en un verde intenso. Por otro lado, se encuentra la casilla correspondiente al pilar 2, que muestra el indicador del tema ‘Asequibilidad’, para Rumania este indicador presenta un valor de 0, mostrado con un guion y la casilla correspondiente se encuentra subrayada en un color rojo fuerte.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Entre estos dos valores que son los extremos encontramos una amplia gama de colores, pasando por los más anaranjados que son los que representan los valores normalizados entre 40 y 60.

En esta tabla no se muestran los indicadores ni los subpilares, únicamente se muestran los pilares correspondientes a los subtemas de cada dimensión, los subindicadores correspondientes a cada dimensión y el índice correspondiente al Indicador de Desarrollo Sostenible que se busca calcular en este Trabajo Fin de Grado.

La siguiente pestaña, llamada **Scores and Rankings**, Figura 15, muestra los valores normalizados de cada unidad, en este caso de cada país, de todos los niveles de agregación desde el nivel de los indicadores hasta el de índice. Además, si se han cambiado los pesos en la pestaña **Rebalancing**, esta tabla muestra la diferencia de posición con los pesos originales y con los pesos cambiados para el índice, como se muestra en las columnas 3, 4 y 5 de la Figura 15, en este caso como no se han reajustado los pesos no es útil la información que muestra, pero sería útil para estudios futuros.

Scores and Rankings										
Minmax [0, 100]										
Name	Name Unit/Indicator	Adjusted weights Rank	Initial weights Rank	Difference Rank	INDICADOR ENERGÉTICO Index	Dimensión Social si.01	Dimensión Económica si.02	Dimensión Ambiental si.03	Accesibilidad p.01	Asequibilidad p.02
SU	unit.027	1	1	0	74,06	84,63	54,30	83,24	97,82	71,44
FI	unit.012	2	2	0	73,05	81,34	54,89	82,92	99,69	63,00
PB	unit.022	3	3	0	72,75	90,70	47,42	80,14	98,13	83,26
EQ	unit.008	4	4	0	71,93	70,67	53,19	91,93	90,03	51,31
AT	unit.002	5	5	0	71,80	84,85	59,86	70,70	100,00	69,71
CR	unit.006	6	6	0	70,67	56,23	63,97	91,82	81,00	31,47
EV	unit.009	7	7	0	70,13	79,27	57,80	73,32	94,70	63,83
MT	unit.021	8	8	0	69,98	90,65	38,88	80,40	81,31	100,00
FR	unit.013	9	9	0	69,39	84,16	55,14	68,87	89,41	78,91
ES	unit.010	10	10	0	69,39	76,08	51,84	80,25	76,64	75,52
DN	unit.007	11	11	0	68,28	75,17	61,29	68,39	95,64	54,70
LU	unit.020	12	12	0	66,05	91,37	50,78	56,01	98,44	84,30
AL	unit.001	13	13	0	66,03	72,91	49,93	75,24	96,57	49,24
RC	unit.025	14	14	0	64,84	62,67	48,16	83,68	96,57	28,77
LE	unit.018	15	15	0	64,79	51,70	64,69	77,98	81,62	21,78
IT	unit.017	16	16	0	64,72	63,59	52,77	77,81	61,06	66,11
BE	unit.003	17	17	0	64,24	68,15	42,19	82,37	88,79	47,51
PG	unit.024	18	18	0	63,27	55,33	53,27	81,21	44,55	66,11
IR	unit.016	19	19	0	62,59	80,87	54,95	51,94	91,28	70,47
ET	unit.011	20	20	0	62,37	71,97	43,38	71,76	97,82	46,13
GR	unit.014	21	21	0	60,77	45,94	52,82	83,54	34,27	57,61
LI	unit.019	22	22	0	58,77	36,63	63,03	76,64	18,07	55,19
RU	unit.026	23	23	0	57,30	37,54	66,40	67,97	75,08	-

Figura 15: Captura de la pestaña Scores de la herramienta Coin Tool

En la Figura 15 se muestra una pequeña parte de la tabla, ya que al ser una tabla que muestra todos los valores normalizados tiene 60 columnas. Es útil si se quiere analizar algún indicador en concreto con más detalle, pero para ver la posición que ocupa cada unidad respecto de los 60 indicadores es mejor emplear la tabla siguiente (ver Figura 16) ya que da posiciones del 1 al 27 para todos ellos.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

La tabla que muestra las posiciones de cada país con respecto a cada indicador, lo que se denomina **Ranking**, mostrados en la Figura 16, y es muy útil para comparar países entre ellos con respecto a un indicador. Además, muestra los valores de los pesos normalizados, es decir, que todos los pesos de los indicadores que pertenecen a un mismo nivel de agregación superior suman 1. En la figura siguiente se muestra un pequeño extracto de esta hoja ya que, al igual que la anterior, es de grandes dimensiones.

Rankings		Minmax								
Weights		0,500	0,500	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Direction		1	1	1	1	1	1	1	-1	-1
Unit code	Unit/indicator	ECO11	ECO13	ECO14	ECO15	ENV1	ENV3	Población sin capacidad para mantener su casa a una temperatura adecuada por	Porcentaje de ingresos de los hogares dedicados a combustibles y electricidad	Uso de energía per cápita
AL	unit.001	17	9	25	15	13	11	7	19	19
AT	unit.002	5	2	17	17	22	11	1	9	18
BE	unit.003	6	22	23	24	18	1	15	20	25
BG	unit.004	10	15	2	5	7	19	27	14	9
CH	unit.005	27	27	19	25	27	1	24	5	5
CR	unit.006	9	6	5	12	8	1	19	23	3
DN	unit.007	13	4	27	2	11	19	9	17	12
EQ	unit.008	4	20	10	16	6	1	12	18	13
EV	unit.009	7	16	13	11	16	11	10	12	16
ES	unit.010	12	13	24	20	23	1	20	6	14
ET	unit.011	25	25	6	1	19	11	5	21	24
FI	unit.012	8	3	15	9	17	1	2	13	22
FR	unit.013	1	14	16	10	10	19	13	4	17
GR	unit.014	21	21	14	19	15	1	25	15	10
HU	unit.015	18	23	1	13	5	27	16	25	6
IR	unit.016	22	17	22	18	25	19	11	8	15
IT	unit.017	20	8	20	23	12	11	22	10	8
LE	unit.018	16	7	9	7	1	19	17	26	2
LI	unit.019	11	11	3	21	3	19	26	16	4
LU	unit.020	3	12	11	26	26	11	3	2	27
MT	unit.021	26	19	7	27	9	11	18	1	26
PB	unit.022	23	18	18	14	24	1	4	3	21
PO	unit.023	24	26	8	8	21	25	14	22	11

Figura 16: Captura de la pestaña Rankings de la herramienta Coin Tool

Como se puede ver en la Figura 16, a los países se les asigna un puesto del 1 al 27, en la mayoría de los casos. En otros casos, como por ejemplo en el caso del indicador ‘ENV3: Emisiones de contaminantes atmosféricos procedentes de los sistemas energéticos’, hay varios países que obtienen la misma posición para el indicador, esto quiere decir que presentan el mismo valor normalizado. En este indicador varios países como Bélgica, Chipre y España, entre otros se encuentran en la posición 1 ya que su valor normalizado respecto a este indicador es 100. El resto de los países no ocupan la posición 2, 3, etcétera, sino que se les asignan las siguientes posiciones según el valor normalizado en el que se encuentren, por ejemplo, Alemania y Austria están en la posición 11 en este mismo indicador y su valor normalizado es de 80 para ambas.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

4.1.5 Análisis del índice

La última fase de la herramienta analiza las correlaciones entre el índice y los indicadores de los diferentes niveles de agregación se dispone de la pestaña de la herramienta denominada **Score Correlations** que calcula las correlaciones de Pearson entre todos los indicadores de todos los niveles de agregación, y que se muestra en la Figura 17. Los resultados que se presentan en esta fase son muy útiles para señalar aquellos indicadores que apenas aportan información a niveles de agregación más altos, o cuales, por el contrario, tienen gran peso. Esta tabla, al igual que la de **Indicator Correlations**, sigue un código de colores que es el mismo que está explicado en el apartado 4.1.3 de este trabajo. Un ejemplo de indicador que apenas aporta información es el indicador ECO3 (columna 5, Figura 17) que trata sobre eficiencia energética respecto al indicador del tema Uso final (fila 7, Figura 17), esta falta de correlación es normal ya que este indicador no está englobado dicho tema, aunque ambos pertenezcan al mismo pilar. Esta situación aparece señalada en Coin Tool con la cibra en negro sin subrayar, como se muestra en la Figura 17.

Score Correlations													
High and negative correlation		-0,5											
High and positive correlation		0,3											
Highly collinear		0,92											
Indicator/agg. Name		Indicator/agg. Name											
		SOC1	SOC2	ECO1	ECO2	ECO3	ECO6	ECO8	ECO9	ECO10	ECO11		
Indicator/agg. Name	Indicator/agg.	sp.01	sp.02	sp.03	sp.04	sp.05	sp.06	sp.07	sp.08	sp.09	sp.10		
INDICADOR ENERGÉTICO DESARROLLO SO	Index	0,65	0,40	-0,46	0,47	0,18	-0,29	-0,13	0,24	0,19	0,37		
Dimensión Social	si.01	0,76	0,62	-0,74	0,49	0,19	-0,06	-0,31	0,40	-0,06	0,13		
Dimensión Económica	si.02	-0,02	-0,51	0,65	0,23	0,24	-0,09	0,66	-0,49	0,18	0,40		
Dimensión Ambiental	si.03	-0,08	0,03	-0,04	-0,12	-0,14	-0,34	-0,14	0,09	0,31	0,19		
Accesibilidad	p.01		-0,03	-0,50	0,38	0,08	-0,23	0,05	-0,10	0,31	0,15		
Asequibilidad	p.02	-0,03		-0,53	0,31	0,20	0,17	-0,54	0,74	-0,47	0,02		
Uso global	p.03		-0,53		-0,06	-0,06	0,08	0,39	-0,47	0,10	-0,06		
Peoductividad global	p.04	0,38	0,31	-0,06		0,38	-0,01	0,07	0,13	-0,08	0,29		
Eficiencia del suministro	p.05	0,08	0,20	-0,06	0,38		0,29	-0,11	0,17	-0,38	-0,02		
Uso final	p.06	-0,04	0,24	-0,07	0,22	0,08	-0,34	0,53	0,62	-0,28	0,32		
Diversificación	p.07	0,19	0,07	-0,07	0,38	0,08	-0,45	0,42	0,08	0,19	0,88		
Precios	p.08	-0,24	-0,41	0,16	-0,73	-0,03	0,13	0,17	-0,19	-0,11	-0,13		
Importaciones	p.09	0,23	-0,53	0,14	-0,30	-0,59	-0,23	0,34	-0,63	0,60	0,06		
Cambio climático	p.10	-0,13	-0,50	0,35	-0,38	-0,04	-0,19	0,14	-0,51	0,48	0,25		
Calidad del aire	p.11	0,03	0,41	-0,31	0,17	-0,12	-0,20	-0,25	0,48	-0,05	-0,00		
SOC1	sp.01		-0,03	-0,50	0,38	0,08	-0,23	0,05	-0,10	0,31	0,15		
SOC2	sp.02	-0,03		-0,53	0,31	0,20	0,17	-0,54	0,74	-0,47	0,02		
ECO1	sp.03	-0,50	-0,53		-0,06	-0,06	0,08	0,39	-0,47	0,10	-0,06		
ECO2	sp.04	0,38	0,31	-0,06		0,38	-0,01	0,07	0,13	-0,08	0,29		
ECO3	sp.05	0,08	0,20	-0,06	0,38		0,29	-0,11	0,17	-0,38	-0,02		
ECO6	sp.06	-0,23	0,17	0,08	-0,01	0,29		-0,49	-0,14	-0,68	-0,42		
ECO8	sp.07	0,05	-0,54	0,39	0,07	-0,11	-0,49		-0,23	0,23	0,48		
ECO9	sp.08	-0,10	0,74	-0,47	0,13	0,17	-0,14	-0,23		-0,51	0,12		
ECO10	sp.09	0,31	-0,47	0,10	-0,08	-0,38	-0,68	0,23	-0,51		0,07		
ECO11	sp.10	0,15	0,02	-0,06	0,29	-0,02	-0,42	0,48	0,12	0,07			

Figura 17: Captura de la pestaña Score Correlations de la herramienta Coin Tool

## 4.2 LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN

Como ya se ha explicado en apartados anteriores la aplicación Coin Tool pretende unificar el método de creación de indicadores compuestos mediante su uso, para que sea accesible para la mayor parte de la población se decidió que la herramienta estuviera desarrollada en Microsoft Excel. Sin embargo, el uso de Excel presenta numerosas limitaciones que hacen que trabajar con ella resulte algo pesado.

En primer lugar, en el manual de uso se recomienda que se apague la función de cálculo automático de Excel y que se use en su lugar la opción de cálculo manual para evitar que el programa pueda bloquearse. Cuando se introducen nuevos datos o se cambia algún parámetro, por pequeños que sean estos cambios la aplicación tarda bastante tiempo en recalcular todas las tablas. Este suceso en otros programas sería bastante más ágil.

No se permite añadir o borrar columnas, ni filas, ya que esto puede llevar a un problema en las demás tablas, esto hace que la introducción de indicadores se complique ya que, si se quiere seguir un orden de los indicadores para que, por ejemplo, primero vayan los de la dimensión social y luego los de las demás, se deben introducir en orden y por tanto empezar de nuevo. Se podría mejorar permitiendo que el usuario sea quien numere los indicadores, al igual que permite numerar los subpilares, pilares y subíndices.

Si en algún momento se realiza una acción que la aplicación no permite, aunque sea desintencionadamente, algunas de las funciones se desactivan como por ejemplo los desplegados que permiten seleccionar el método de agregación. En el caso de que esto suceda es mejor abrir una hoja nueva y volver a empezar de nuevo. En el caso de este estudio se han introducido en la hoja **Database** unos 800 datos, por lo cual abrir hojas nuevas no suponía más problema que el de perder unos minutos, pero con estudios con más datos esto puede convertirse en un problema algo más costoso de solucionar.

Por último, la herramienta sería bastante más cómoda de usar si añadiera una función para tratar las correlaciones negativas ajustando ella misma los pesos de los indicadores de manera iterativa.

Aún con estas limitaciones la herramienta es útil para realizar análisis interesantes en los que deben considerarse un gran número de datos.

## 5. ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON LA HERRAMIENTA COIN TOOL PARA EL INDICADOR ENERGÉTICO DE DESARROLLO SOSTENIBLE

En este apartado se pretende exponer los resultados obtenidos gracias a la herramienta Coin Tool sobre el Indicador Energético de Desarrollo Sostenible.

### 5.1 ANÁLISIS DE LOS INDICADORES OBTENIDOS PARA LAS TRES DIMENSIONES DEL ÍNDICE

En la Figura 18 podemos ver el ranking tanto del indicador como de las tres dimensiones del mismo. Este ranking viene ilustrado en una gama de colores donde los valores entre 65 y 100 se encuentran en diferentes tonalidades de verde, mientras que los valores a partir de 40 hacia el 0 son cada vez de un rojo más intenso, como ya se ha explicado anteriormente en el apartado 4.1.4

Ninguno de los indicadores obtiene una nota de 100 ni de 0 para ninguna de las dimensiones ya que, al ser estos indicadores compuestos, es difícil que todos los indicadores que forman la dimensión sean los peores para un solo país. Al estar normalizados con el método de mínimo y máximo solo un país de los 27 obtiene un valor de 0 y, al igual, solo un país obtiene un valor de 100. Entonces, si cada dimensión está formada por unos 6 indicadores, lo normal es que ningún país obtenga el último puesto en todos los indicadores, como sucede en este estudio.

Como muestra la Figura 18, los países que quedan en las primeras posiciones son Suecia y Finlandia, mientras que en las posiciones más bajas nos encontramos dos países del este de Europa que son Polonia y Bulgaria. Estos buenos y malos resultados del Indicador Energético de Desarrollo Sostenible vienen dados por los buenos o malos resultados en cada una de las tres dimensiones, en los siguientes apartados se explica este hecho más en detalle.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Rank	Unit	INDICADOR ENERGÉTICO DESARROLLO SOSTENIBLE	Dimensión Social	Dimensión Económica	Dimensión Ambiental
1	SU	74,06	84,63	54,30	83,24
2	FI	73,05	81,34	54,89	82,92
3	PB	72,75	90,70	47,42	80,14
4	EQ	71,93	70,67	53,19	91,93
5	AT	71,80	84,85	59,86	70,70
6	CR	70,67	56,23	63,97	91,82
7	EV	70,13	79,27	57,80	73,32
8	MT	69,98	90,65	38,88	80,40
9	FR	69,39	84,16	55,14	68,87
10	ES	69,39	76,08	51,84	80,25
11	DN	68,28	75,17	61,29	68,39
12	LU	66,05	91,37	50,78	56,01
13	AL	66,03	72,91	49,93	75,24
14	RC	64,84	62,67	48,16	83,68
15	LE	64,79	51,70	64,69	77,98
16	IT	64,72	63,59	52,77	77,81
17	BE	64,24	68,15	42,19	82,37
18	PG	63,27	55,33	53,27	81,21
19	IR	62,59	80,87	54,95	51,94
20	ET	62,37	71,97	43,38	71,76
21	GR	60,77	45,94	52,82	83,54
22	LI	58,77	36,63	63,03	76,64
23	RU	57,30	37,54	66,40	67,97
24	CH	56,05	57,49	45,55	65,10
25	HU	55,91	55,27	57,55	54,93
26	PO	55,60	61,11	54,98	50,71
27	BG	50,24	29,05	49,78	71,91

Figura 18: Heatmap del índice y de los tres subíndices

### 5.1.1 Indicador de la dimensión social

En primer lugar, cabe mencionar que el índice tiene una correlación de Pearson del 0,77 con el indicador de la dimensión social, como se puede ver en la Figura 19 (captura de la pestaña Score Correlations de la herramienta Coin Tool), una correlación bastante alta que nos permite llegar a la conclusión de que para este estudio la dimensión social aporta gran peso a nuestro índice.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Score Correlations					
High and negative correlation		-0,5			
High and positive correlation		0,3			
Highly collinear		0,92			
Indicator/agg. Name	Indicator/agg.	INDICADOR ENERGÉTICO DESARROLLO	Dimensión Social	Dimensión Económica	Dimensión Ambiental
Indicator/agg. Name	Indicator/agg.	Index	si.01	si.02	si.03
INDICADOR ENERGÉTICO DESARROLLO SO	Index		0,77	-0,01	0,51
Dimensión Social	si.01	0,77		-0,35	-0,04
Dimensión Económica	si.02	-0,01	-0,35		-0,09
Dimensión Ambiental	si.03	0,51	-0,04	-0,09	

Figura 19: Correlaciones entre el índice y los tres subíndices

Con la finalidad de situar geográficamente los valores obtenidos por los diferentes países en los indicadores y el Índice de Desarrollo Sostenible, se han elaborado una serie de mapas en los que se ha trasladado el color obtenido en el cálculo. En el mapa que se muestra a continuación podemos ver rápidamente la localización de los países que cumplen mejor o peor los indicadores de la dimensión social, puesto que se han trasladado los valores de la Figura 18 a los diferentes países:

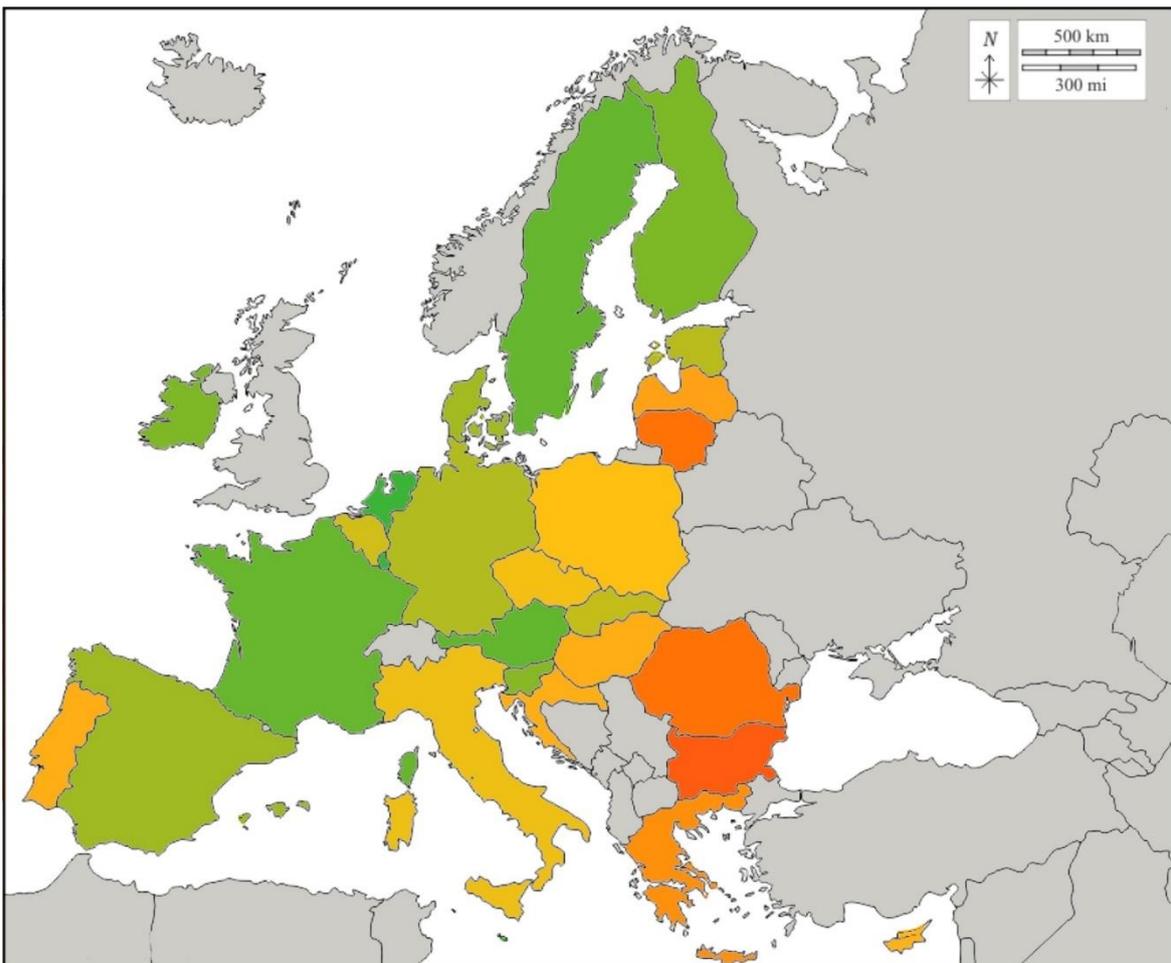


Figura 20: Mapa de temperaturas del indicador de la Dimensión Social

Como se observa en la Figura 20, los países que mejor cumplen en esta dimensión son los países nórdicos y algunos de los países de centro Europa. Por otro lado, los países del este de Europa son, con diferencia, los que peor cumplen los objetivos de la dimensión social. Luxemburgo es el que mejor cumple con un valor normalizado para el indicador de 91,37 mientras que el que se encuentra en última posición es Bulgaria con tan solo un 29,05 como valor normalizado.

Tanto el indicador SOC1 como el indicador SOC2 presentan una alta correlación con el Indicador Energético de Desarrollo Sostenible, 0,76 y 0,62, respectivamente, como se puede ver en la Figura 17, lo cual quiere decir que ambos han aportado a la creación de este indicador que define la dimensión social. Ambos subpilares estaban definidos únicamente por un indicador cada uno por lo cual en este caso no es necesario analizar la relación entre estos dos niveles de agregación.

Este indicador, el correspondiente a la dimensión social, toma valores bastante dispersos entre el 29,05 para Bulgaria y el 91,37 para Luxemburgo, valores bastante buenos para realizar una clasificación de los países. Si por el contrario todos los valores son muy próximos puede significar que ese indicador no es representativo, como se verá en el apartado siguiente.

#### 5.1.2 Indicador de la dimensión económica

En este caso, el indicador creado por la aplicación para la dimensión económica tiene una correlación con el índice muy cercana a cero, como se muestra en la Figura 19, esto quiere decir que la dimensión económica no aporta datos significativos que hagan a los países mejorar o empeorar su posición en el ranking del Indicador Energético de Desarrollo Sostenible. Además, todos los valores del índice son muy próximos entre sí lo cual no aporta gran información sobre qué países cumplen mejor o peor este indicador. Esto lo podemos ver claramente en el mapa de la Figura 21 donde todos los países presentan un color de la gama de los naranjas.

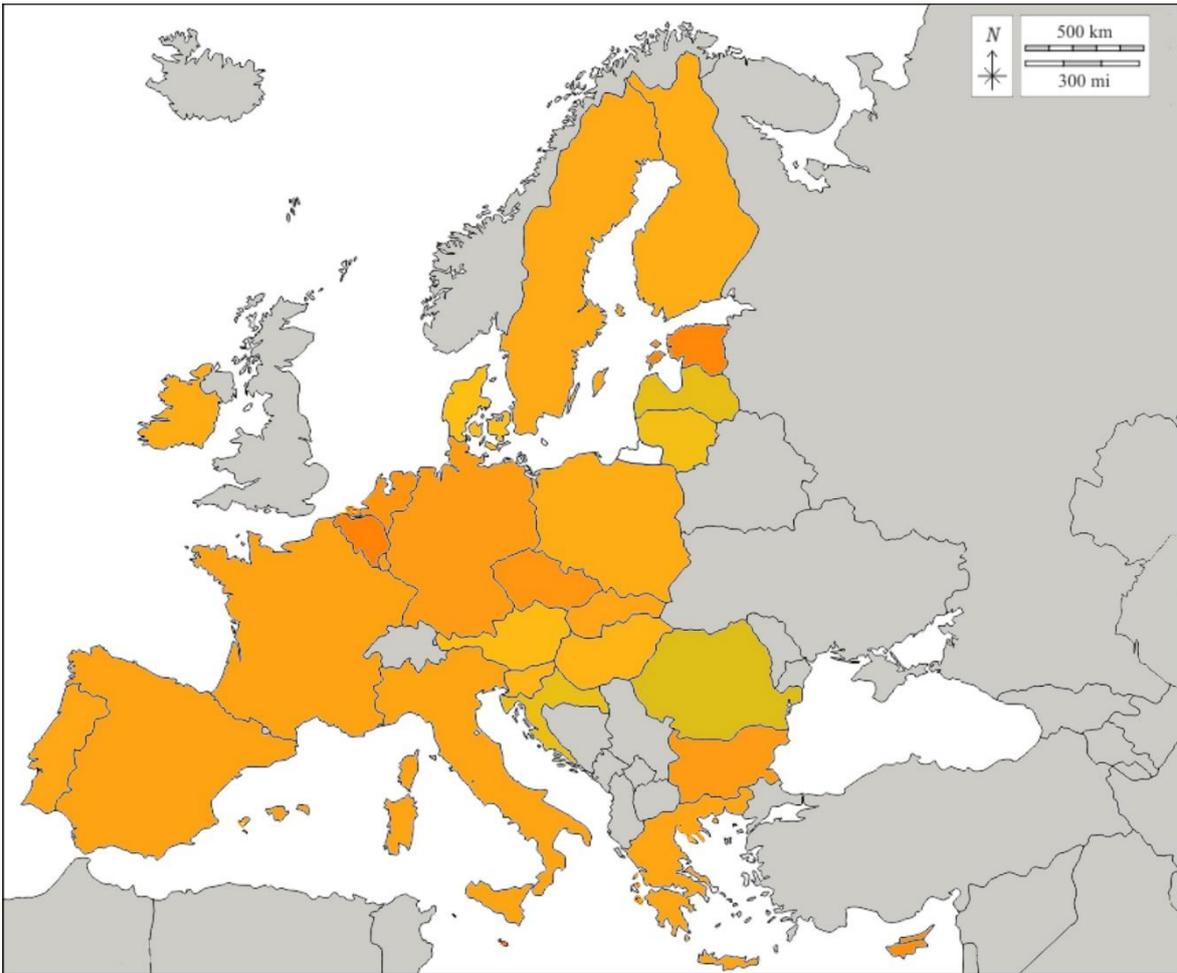


Figura 21: Mapa de temperaturas del indicador de la Dimensión Económica

En este caso los países con un naranja más rojizo son los que peor cumplen mientras que los que son más amarillos son los que mejor cumplen. Croacia y Rumanía son dos de los que mejor cumplen, aunque sin gran diferencia con el resto. Rumanía, por ejemplo, obtiene uno de los mejores puestos en menor uso de energía per cápita, en los precios más bajos y en la baja dependencia de las importaciones. Además, el uso de energía nuclear le hace posicionarse en un puesto intermedio en otros de los indicadores.

Este mal resultado del indicador de la dimensión económica se debe a los siguientes puntos:

- Los países de la Unión Europea presentan economías muy diferentes entre sí, en el documento 'Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías' (IAEA, 2008), ya se avisa de este posible problema y se explica que los indicadores de la dimensión económica funcionan mejor al estudiar diferentes regiones, o años, de un único país.
- Los indicadores que se han seleccionado deben analizarse con más detalle ya que sus valores puede que no representen correctamente como actúa un país respecto al tema elegido.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

A continuación, en la Figura 22, se muestra en una tabla varios de los indicadores de la dimensión económica y el puesto que ocupa cada país para cada indicador:

Rankings		Minmax											
Weights		1,000	1,000	1,000	0,250	0,250	0,250	0,250	0,500	0,500	1,000	1,000	
Direction		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Unit code	Unit/indicator	ECO1	ECO2	ECO3	ECO6	ECO8	ECO9	ECO10	ECO11	ECO13	ECO14	ECO15	
AL	unit.001	19	6	15	21	10	10	9	17	9	25	15	
AT	unit.002	18	4	5	22	25	15	17	5	2	17	17	
BE	unit.003	25	14	9	24	12	16	4	6	22	23	24	
BG	unit.004	9	27	26	18	19	18	18	10	15	2	5	
CH	unit.005	5	12	17	2	2	21	25	27	27	19	25	
CR	unit.006	3	17	8	6	20	1	15	9	6	5	12	
DN	unit.007	12	2	7	3	11	5	13	13	4	27	2	
EQ	unit.008	13	21	23	26	15	23	10	4	20	10	16	
EV	unit.009	16	16	10	16	26	20	24	7	16	13	11	
ES	unit.010	14	9	18	14	14	24	23	12	13	24	20	
ET	unit.011	24	26	27	4	3	4	11	25	25	6	1	
FI	unit.012	22	15	16	27	21	19	1	8	3	15	9	
FR	unit.013	17	8	24	8	5	8	16	1	14	16	10	
GR	unit.014	10	13	20	7	13	14	22	21	21	14	19	
HU	unit.015	6	22	12	15	23	3	5	18	23	1	13	
IR	unit.016	15	1	6	9	7	13	19	22	17	22	18	
IT	unit.017	8	5	13	11	4	9	12	20	8	20	23	
LE	unit.018	2	19	4	12	9	6	8	16	7	9	7	
LI	unit.019	4	20	2	10	22	12	21	11	11	3	21	
LU	unit.020	27	3	3	5	18	27	27	3	12	11	26	
MT	unit.021	26	25	1	1	1	25	26	26	19	7	27	
PB	unit.022	21	10	14	23	6	22	3	23	18	18	14	
PO	unit.023	11	23	11	13	24	10	14	24	26	8	8	
PG	unit.024	7	11	21	19	8	26	20	15	5	21	22	
RC	unit.025	20	24	25	17	17	7	7	19	24	12	6	
RU	unit.026	1	18	19	20	27	2	6	14	10	4	3	
SU	unit.027	23	7	22	25	16	17	2	2	1	26	4	

Figura 22: Captura de la hoja Rankings de a herramienta Coin Tool

En la Figura 22 se muestran los siguientes indicadores de la dimensión económica empleados para este estudio, los cuales vienen recogidos en la Tabla 17, y se muestran a continuación:

- ECO1: Uso de energía per cápita
- ECO2: Uso de energía por unidad de PIB
- ECO3: Eficiencia en la conversión y distribución de la energía
- ECO6: Porcentaje de energía destinado al sector industrial
- ECO8: Porcentaje de energía destinado al sector servicios
- ECO9: Porcentaje de energía destinado al sector de los hogares
- ECO10: Porcentaje de energía destinado al sector transporte
- ECO11: Porcentaje de combustibles en la energía y electricidad
- ECO13: Porcentaje de energías renovables en la energía y electricidad
- ECO14: Precios de la energía de uso final por combustible y sector
- ECO15: Dependencia de las importaciones netas de energía

Veamos el ejemplo, en la última fila de la tabla de la Figura 22, de la unidad 27, Suecia, y su puesto en los diferentes indicadores. Suecia se encuentra en muy buen puesto en algunos de los indicadores como el ECO11 y el ECO13, donde ocupa las posiciones 2 y 1, respectivamente, indicadores que sitúan en mejor puesto a aquellos países cuya generación de energía no provenga de combustibles fósiles. Sin embargo, en indicadores como el ECO1 o el ECO14, donde ocupa las posiciones 23 y 26, respectivamente, se encuentra en una de las últimas posiciones. Para Suecia el valor normalizado del indicador que cuantifica la dimensión económica tiene un valor de 52,67.

Otro país que presenta un valor normalizado de la dimensión económica muy parecido al de Suecia es Grecia con un valor de 52,33 (unidad 14, Figura 22). En el caso de Grecia, no existen indicadores que presenten tan buen o tan mal puesto como los de Suecia, todos los indicadores están entre el puesto 7 y el 22. El puesto 7 lo recibe en el indicador ECO6 ya que es uno de los países que menos energía destinan a la industria mientras que en el caso de los indicadores ECO11 y ECO13, Grecia toma la posición 21 para ambos al utilizar gran cantidad de combustibles fósiles para la utilización de energía.

En el sector económico, por tanto, tendría más sentido estudiar cada uno de los indicadores que componen este indicador de manera individual ya que arrojarían datos más representativos a la hora de tomar medidas políticas. Para ilustrar esta idea con un ejemplo se tomarán los valores normalizados de España para todos los indicadores del sector económico, junto a la posición que ocupa España en cada uno de estos indicadores respecto a los 27 países, como podemos ver en la Figura 23.

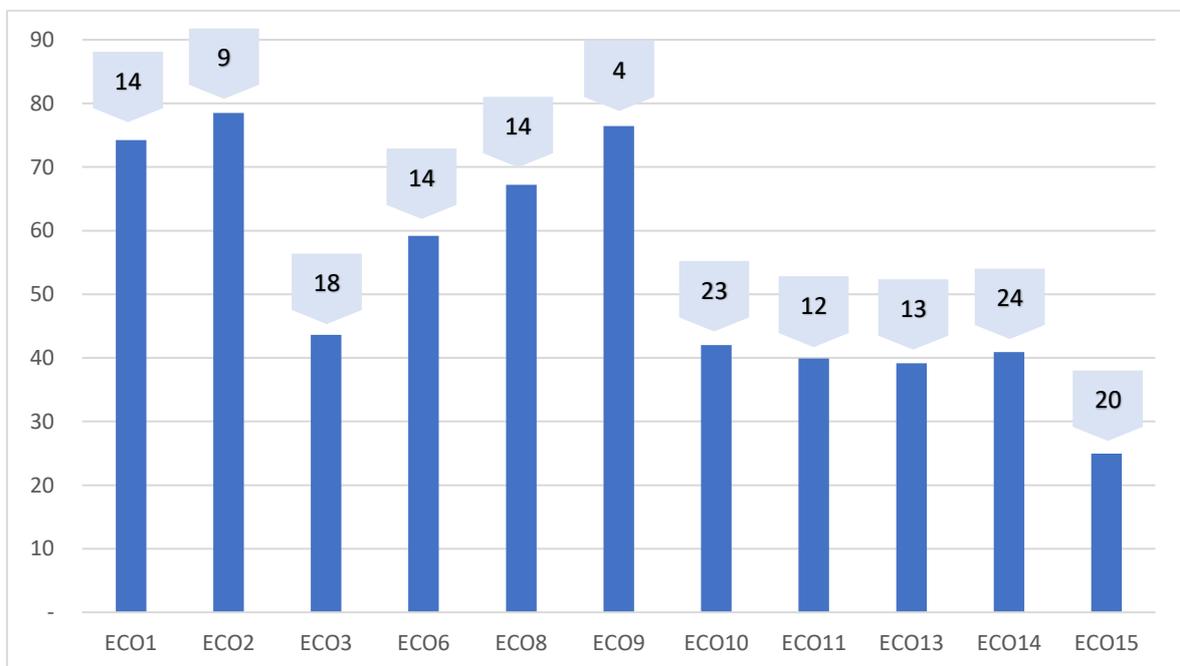


Figura 23: Valor normalizado y posición en los indicadores de la dimensión económica para España

Tal y como se menciona en el párrafo anterior, estudiar cada uno de los indicadores de la dimensión económica para cada país puede arrojar información muy interesante sobre este. En el caso de España vemos que los indicadores con valor normalizado bajo, y que por tanto deben mejorar, son los relacionados con la dependencia energética (ECO15), los precios de la energía de uso doméstico (ECO14), el uso de fuentes de energía renovables (ECO11 y ECO13) y, por último, el relacionado con la eficiencia energética (ECO3). Sin embargo, los indicadores de 'Uso de energía por unidad de PIB' y 'Porcentaje de energía destinado al sector de los hogares' (ECO2 y ECO 9) los puestos obtenidos, noveno y cuarto son bastante satisfactorios.

El indicador ECO15 está formado únicamente por un subindicador que mide la dependencia de las importaciones de energía para cada país, el valor correspondiente a España para este indicador es del 73,45%, lo que quiere decir que solo el 23,55% de la energía consumida en España proviene íntegramente de este país, para conseguir el resto de la energía dependen de otros países. Este es el indicador en el cual España tiene menor valor normalizado y es un indicador que claramente debería estar presente en las políticas que se tomen respecto al sector energético del país ya que una alta dependencia de las importaciones de energía podría poner a España en una situación comprometida en el caso de que se diera una crisis energética.

### 5.1.3 Indicador de la dimensión ambiental

El indicador creado por la aplicación para la dimensión ambiental tiene una correlación con el índice de 0,52, como se puede ver en la Figura 19, lo cual quiere decir que es bastante representativo y está bien construido. En la Figura, 24 se muestra en el mapa de forma gráfica los valores de este indicador para cada país:

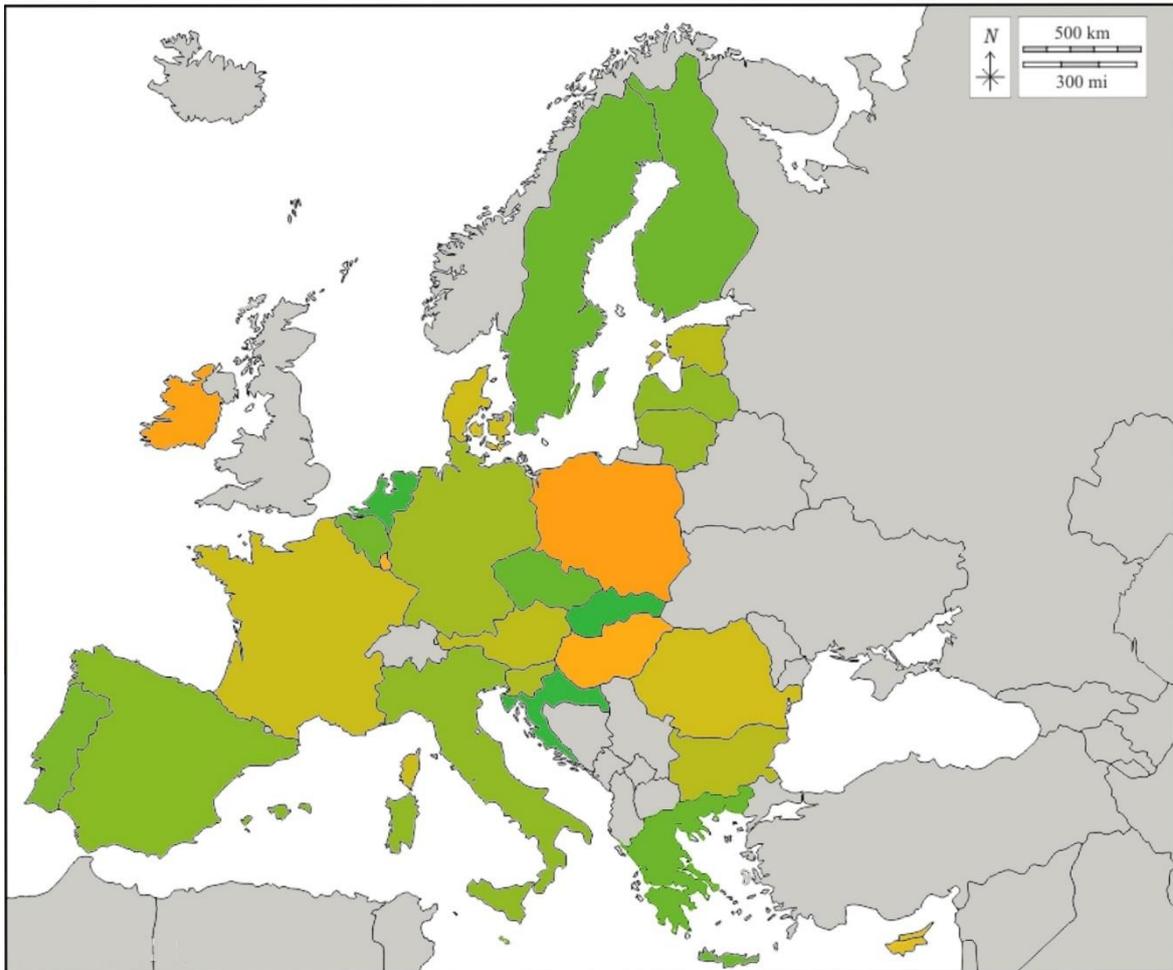


Figura 24: Mapa de temperaturas del indicador de la dimensión ambiental

En el caso de la dimensión ambiental se puede observar que los países que peor cumplen con las medidas ambientales son algunos de los del centro y este de Europa, como por ejemplo Polonia y Hungría, con valores normalizados de 50,71 y 54,93, respectivamente, además de Irlanda con un valor normalizado de 51,94. Estos países no cumplen varias de las limitaciones de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, además, de ser los que mayor cantidad de gases de efecto invernadero emiten per cápita. Como ejemplo, se va a estudiar más en detalle el caso de Polonia, mencionada anteriormente, los valores normalizados de los indicadores que forman los indicadores ENV1 y ENV3 son los que se muestran en la Figura 25, donde podemos ver que Polonia no cumple con tres de los límites de emisiones atmosféricas puestos por la Unión Europea para 2020, estos límites son específicos para cada país y en el documento ‘Informe de la Comisión Europea sobre los avances realizados en la ejecución de la Directiva (UE) 2016/2284’ (COMISIÓN EUROPEA, 2019), se muestra en forma de tabla que países han cumplido con esos límites de emisiones y cuáles no. Además, las emisiones de Gases de Efecto Invernadero son altas y la reducción de las emisiones de estos gases entre los años 1990 y 2018 es de tan solo el 13,10% cuando el objetivo para todos los

países de la Unión Europea es que esta reducción sea del 18%, como se explica en el apartado 3.3.1 de este trabajo.

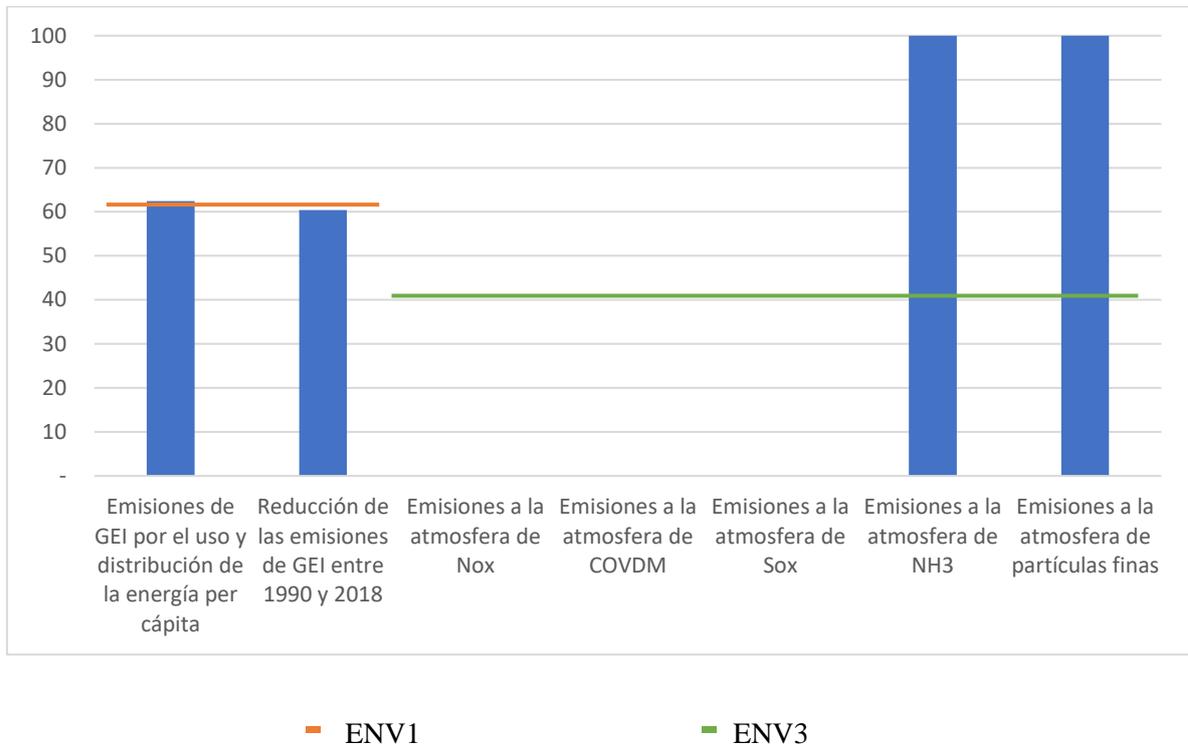


Figura 25: Valores normalizados de los indicadores que componen la dimensión ambiental para Polonia

Como ya se ha mencionado las barras de color azul corresponden al valor normalizado de cada uno de los subindicadores que forman los indicadores de la dimensión ambiental. Estos indicadores son el indicador ENV1 y ENV3, sus valores normalizados aparecen en el gráfico en forma de línea horizontal para que se diferencie mejor de los subindicadores.

## 5.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DEL INDICADOR ENERGÉTICO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE

El Indicador Energético para el Desarrollo Sostenible toma valores entre 50,24 y 74,06, como se muestra en la tercera columna de la Figura 18, este rango nos permite clasificar a los países de una manera adecuada y además nos deja ver que ningún país de la Unión Europea tiene un sistema

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

energético perfecto, ni, por el contrario, completamente deficiente. Como se puede observar en la Figura 26, la dimensión ambiental ayuda a mejorar el valor del índice en aquellos países en los que la dimensión social es más débil, como es el caso de Bulgaria donde se puede observar que la columna correspondiente a la dimensión ambiental es más del doble que la correspondiente a la social. En apenas algunos países, como Polonia o Irlanda, la dimensión ambiental afecta negativamente al valor del indicador. La dimensión económica reduce el valor del índice para aquellos países que presentan muy buenos datos tanto en la dimensión social como en la ambiental como es el caso de Suecia y Finlandia, aunque, por lo general, esta dimensión no favorece el valor del índice para ningún país.

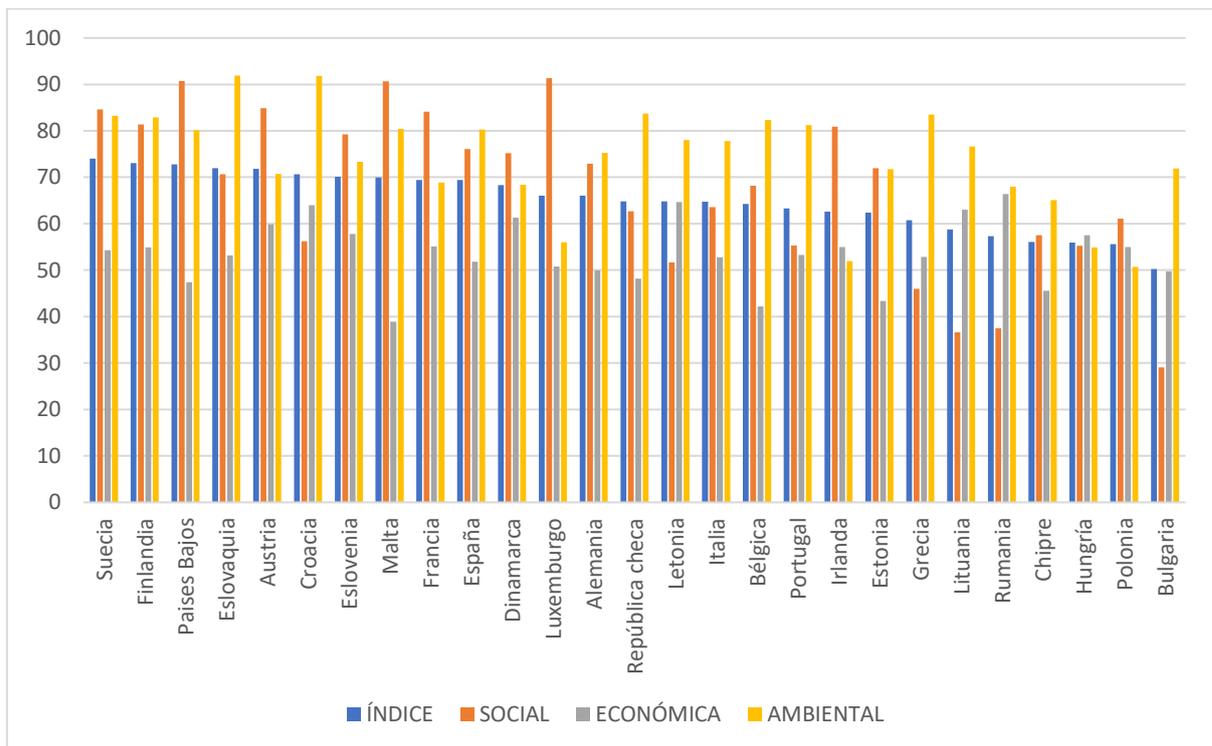


Figura 26: Comparativa entre el índice y las tres dimensiones para cada país

A continuación, se hace un pequeño análisis de cuáles son las dimensiones que deben mejorar algunos países para mejorar su índice de desarrollo sostenible.

- Bulgaria es el país que peor Indicador de Desarrollo Sostenible presenta, si se presta atención en la Figura 26 se observa que, en general, debe mejorar las tres dimensiones, pero especialmente la dimensión social, el mal valor en la dimensión social se debe a que el 33,7% de la población presenta dificultades para mantener su hogar a una temperatura adecuada, un dato muy por encima de la media de la Unión Europea que se sitúa en un 8,73%.

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

- Polonia, el segundo país por la cola, debería mejorar todas sus dimensiones, pero en especial la social y la ambiental, en las cuales está más lejos del resto de países con mejor valor del índice.
- España, por su parte, debería mejorar ciertos aspectos de la dimensión económica como ya se ha comentado gracias a la Figura 23, además de la dimensión ambiental.
- Suecia, el país con mejor valor del índice, aún debe mejorar su dimensión económica, la cual se ve perjudicada principalmente por el gran uso de energía per cápita que realiza y el empeoramiento de la eficiencia energética del país.

Con los datos obtenidos de la aplicación y una vez hecha la comparativa entre países, los valores del Indicador Energético de Desarrollo Sostenible quedan recogidos en el Figura 27 que muestra el mapa de Europa tal para dicho índice, tal y como se han recogido los de las tres dimensiones.

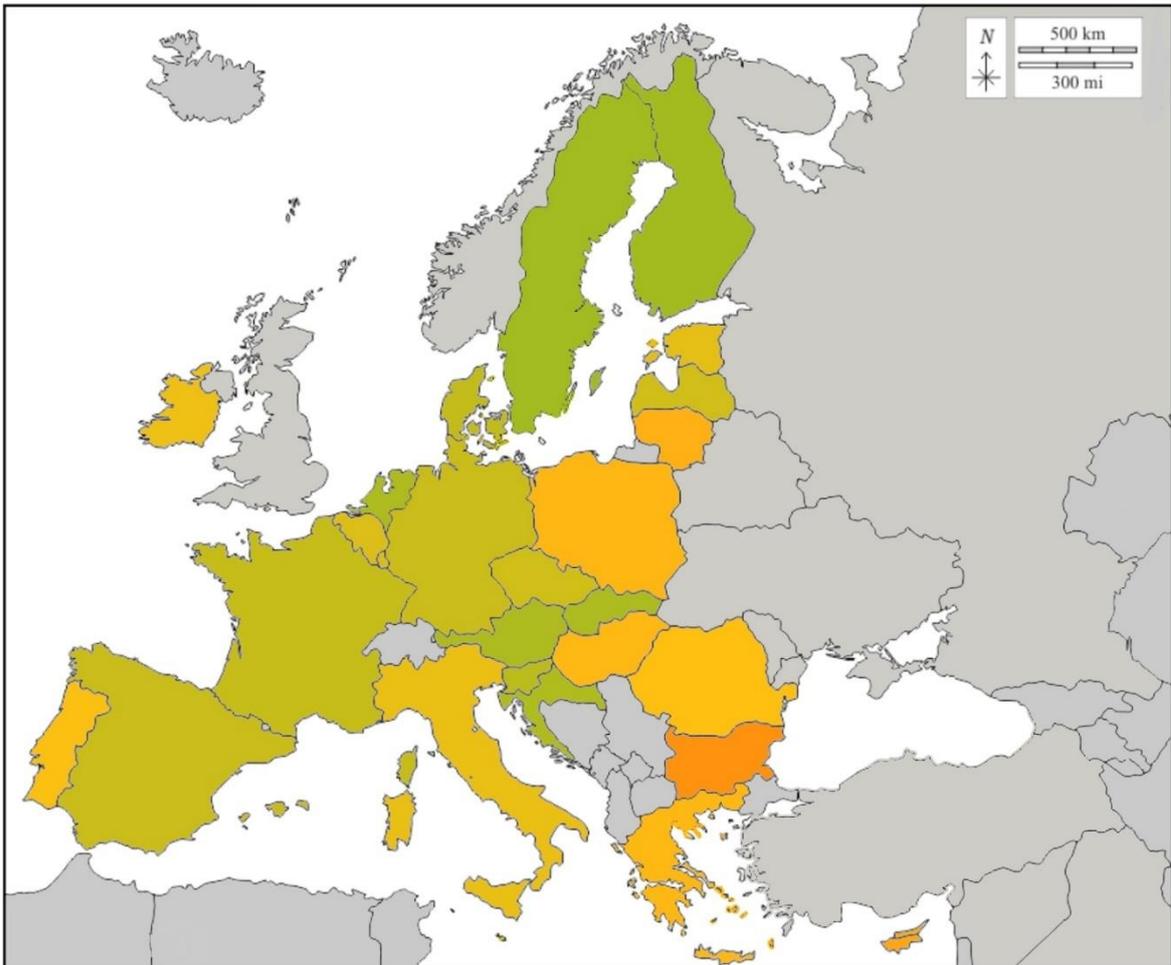


Figura 27: Mapa de temperaturas del indicador energético de desarrollo sostenible

## Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

En este mapa, se observa que los países que presentan un peor valor del índice son los del este de Europa, además de países como Portugal e Italia. Mientras que los países que mejor valor presentan del índice son los del norte y centro de Europa.

En la Figura 28 se hace un análisis más en profundidad de Países Bajos, uno de los países que mejor posición ha obtenido en el ranking del Indicador Energético de Desarrollo Sostenible.

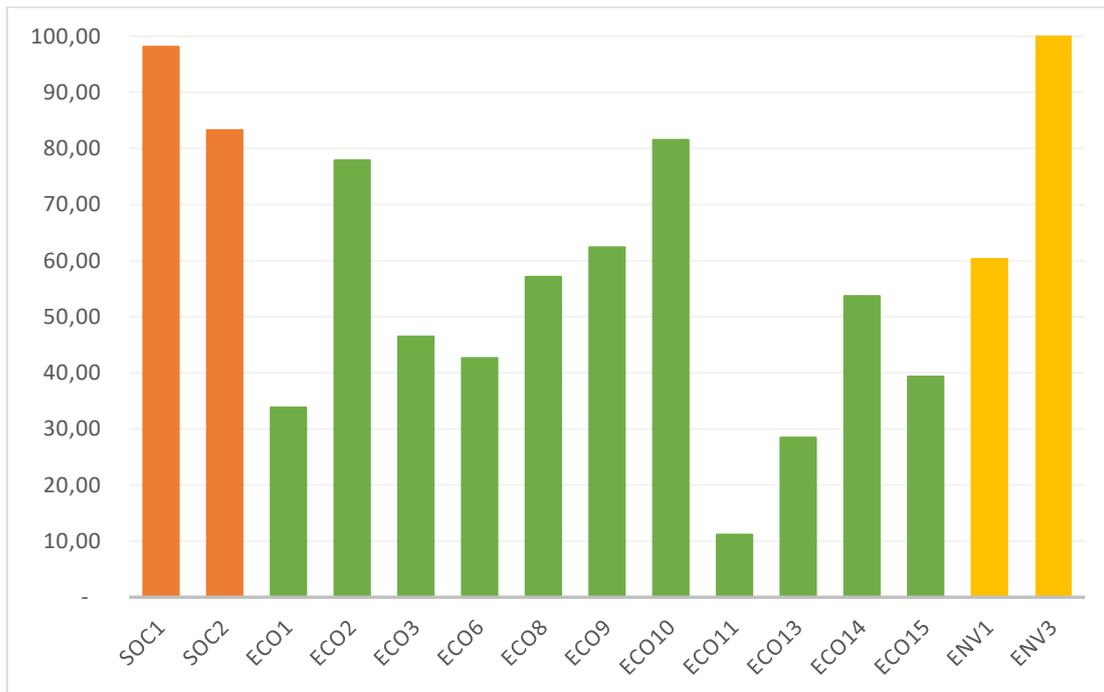


Figura 28: Valor normalizado de los indicadores propuestos por la IAEA para los Países Bajos

Países Bajos se encuentra en tercera posición respecto a los 27 países de la Unión Europea en el Indicador Energético de Desarrollo Sostenible. En las primeras dos columnas podemos ver que cumple muy bien en la Dimensión Social al presentar valores relacionados con la pobreza energética muy bajos. La Dimensión Ambiental, en amarillo, también cumple bastante bien, en especial en lo referente a las emisiones de gases contaminantes. En la Dimensión Económica, en verde, podemos ver mayor disparidad en los valores, indicadores como el ECO2 y el ECO10 cumplen muy bien, mientras que otros como en ECO11 no cumple nada bien. El ECO2 trata sobre el uso de energía por unidad de PIB y el ECO10 sobre el porcentaje de energía destinado al sector transportes, este porcentaje de energía es muy bajo y el sector de los transportes es de los más contaminantes, por esto se ve favorecido al tener una baja cantidad de energía destinada al sector del transporte.

Por su parte el indicador ECO11 trata sobre el porcentaje de combustibles en la energía y la electricidad. Cuando se estudia en más detalle los indicadores que componen este indicador se encuentran los siguientes valores sin normalizar:

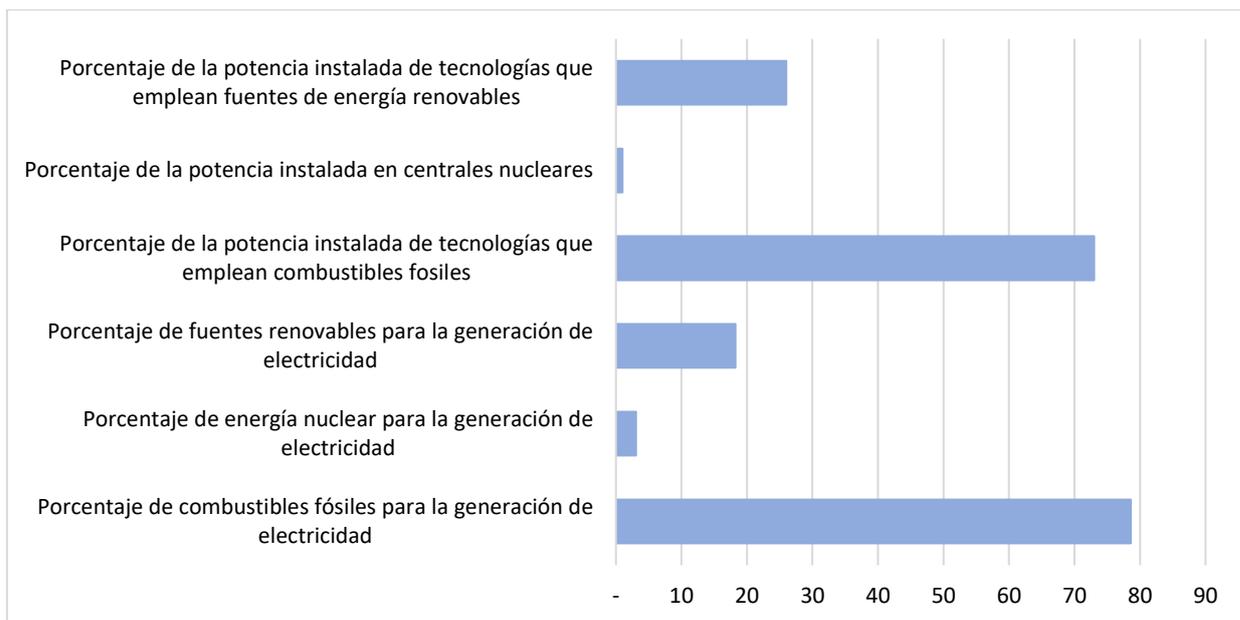


Figura 29: Valor de los indicadores empleados para construir el indicador ECO11

Como se observa en la Figura 25, la mayor parte de tanto la generación de electricidad como la potencia instalada es a base combustibles fósiles. A penas encontramos nuclear en Países Bajos y esto hace que a pesar de que hablemos de casi un 20 % de generación de electricidad gracias a fuentes renovables, el porcentaje de generación a base de combustibles fósiles siga siendo muy alto.

Tal y como se ha realizado un estudio más detallado para Países Bajos, la herramienta Coin Tool permite que de manera sencilla se lleve a cabo un estudio más detallado de cada uno de los países de la Unión Europea.

## 6. CONCLUSIONES

A continuación, se exponen las diferentes conclusiones que se han obtenido tras realizar el estudio.

- La búsqueda de datos correspondiente a los indicadores es costosa ya que la mayoría de los indicadores propuestos por la OIEA no están disponibles como tal y son necesarios otros indicadores para su elaboración los cuales también son difíciles de encontrar, esto provoca que la realización de indicadores compuestos sea más laboriosa. Además, pone en evidencia la necesidad de disponer de una metodología común de recogida y análisis de los resultados.
- El uso de la herramienta Coin Tool resulta muy útil a la hora de manejar una cantidad considerable de datos, aunque presenta varias limitaciones que sería necesario mejorar en un futuro para conseguir que las instituciones empiecen a emplearla en la creación de sus indicadores. Dado que es una herramienta de 2019 es entendible que se produzca esta situación.
- Es necesario que las instituciones y centros de investigación lleguen a un acuerdo acerca de cómo crear indicadores compuestos para poder comparar los resultados entre los diferentes estudios realizados y crear políticas adecuadas. Así mismo, es necesario que se cree un listado de indicadores que sea más preciso que los ya existentes y que se centre en indicadores que puedan medirse numérica y objetivamente.
- El estudio de la dimensión económica entre los países de la Unión Europea es complejo ya que existen grandes diferencias en los modelos económicos de cada país. Para realizar un estudio adecuado de la dimensión económica habría que profundizar en el tema y ser más crítico a la hora de seleccionar los indicadores.
- Los países del norte de Europa son los que han obtenido un mejor valor del índice, además de situarse entre las mejores posiciones en las dimensiones social y ambiental. Por otra parte, los países del este de Europa son los que peor valor del índice presentan, esto se debe en algunos casos a valores bajos en la dimensión social o en la ambiental mientras que en otros casos se debe a un valor bajo en las tres dimensiones en general.
- España debe mejorar en todas las dimensiones, aun así, se sitúa la 10 de 27 con un valor normalizado del Indicador Energético de Desarrollo Sostenible de 69,39. Debe mejorar aspectos como la dependencia de las importaciones o las emisiones de contaminantes atmosféricos, para realizar estas mejoras las instituciones del país deberán tomar las medidas oportunas.



## 7. REFERENCIAS

### INFORMES Y LIBROS

IAEA, UNDESA, IEA, EUROSTAT & AEMA (2008). Indicadores energéticos del desarrollo sostenible: directrices y metodologías. Viena, Austria.

OECD (2008). Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide.

Naciones Unidas (1987). Informe de Brundtland

### BASES DE DATOS

EUROSTAT. (1953). Energy Database [base de datos] Recuperado de: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database>

IEA. (1974). Data and Statistics [base de datos] Recuperado de: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-products>

OUR WORLD IN DATA (2020). Energy Database [base de datos] Recuperado de: <https://ourworldindata.org/explorers/energy>

BP STATISTICS (2020). Statistical Review 2020 [base de datos] Recuperado de: <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>

COMISIÓN EUROPEA (2019). Anexo 1 del documento Informe de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo sobre los avances realizados en la ejecución de la Directiva (UE) 2016/2284 relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2019). Las 10 principales causas de defunción. Recuperado de: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>

COMISIÓN EUROPEA (2020). Energy Statistics Datasheets: EU countries.

## MEDIDAS Y LEGISLACIÓN

NACIONES UNIDAS. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible: Energía Asequible y No Contaminante. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

COMISIÓN EUROPEA. (2008). Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020. Recuperado de [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_es](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es)

UNIÓN EUROPEA. Directiva (UE) 2016/2284 del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos. Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/LSU/?uri=CELEX:32016L2284>

NACIONES UNIDAS (2000). Objetivos de Desarrollo del Milenio. Recuperado de: [https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sdoverview/mdg\\_goals.html](https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sdoverview/mdg_goals.html)

## OTROS ENLACES

EUROPEAN UNION (2019) EU Science Hub, Coin Tool website. Recuperado de <https://ec.europa.eu/jrc/en/science-update/new-tool-develop-and-analyse-composite-indicators-and-scoreboards>

BECKER, W., BENAVENTE, D., DOMINGUEZ TORREIRO, M., MOURA, C., NEVES, A., SAISANA, M., & VERTESY, D. (2019) COIN Tool User Guide, EUR 29899 EN, Publications

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

---

Office of the European Union. Luxemburgo. Recuperado de:

<https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC118407>

OMM, Organización meteorológica Mundial (2020) Nuevas predicciones climáticas de las temperaturas mundiales de los próximos cinco años. Recuperado de:

<https://public.wmo.int/es/media/comunicados-de-prensa/nuevas-predicciones-clim%C3%A1ticas-de-las-temperaturas-mundiales-de-los>



CÁLCULO DE UN INDICADOR ENERGÉTICO PARA EL DESARROLLO  
SOSTENIBLE MEDIANTE LA HERRAMIENTA COIN TOOL Y SU APLICACIÓN A  
LOS PAÍSES DE LA UNIÓN EUROPEA

**DOCUMENTO 2: PRESUPUESTO**



El presupuesto de la realización de este estudio se divide en dos costes, el coste de la mano de obra que es básicamente el coste de la ingeniera encargada de la realización del Trabajo Fin de Grado y el coste de tutorización y el coste de los materiales necesarios para realizar el estudio.

## 1. COSTES DE LA MANO DE OBRA

Para calcular los gastos generados por la mano de obra se han empleado los sueldos netos de un ingeniero industrial y el de un Catedrático de la universidad de dedicación a tiempo completo. Esta información viene recogida en la siguiente tabla:

Tabla 1: Coste de la mano de obra por hora desglosado

Mano de Obra	Código	Sueldo Mensual	Coste por hora
INGENIERA	ING	2500	14,52 €
TUTORA	TUT1	3139	18,21 €
COTUTORA	TUT2	3139	18,21 €

Se ha tomado una jornada laboral de 40 horas semanales y una duración del mes de 4,33 semanas, por tanto, en un mes la jornada laboral es de 172,2 horas aproximadamente.

El número de horas dedicadas a la realización del proyecto viene recogido en la Tabla 2. Desglosadas en cada una de las partes necesarias para su elaboración, así como en cada una de las unidades de la mano de obra, expuestas anteriormente en la Tabla 1. Las partes empleadas para la elaboración del proyecto han sido:

1. Planificación del trabajo
2. Investigación sobre la herramienta Coin Tool
3. Búsqueda de información sobre los indicadores
4. Búsqueda y análisis de datos
5. Desarrollo del proyecto
6. Memoria

Tabla 2: Horas dedicadas a la elaboración del proyecto

	HORAS ING	HORAS TUT1	HORAS TUT2
<b>1. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO</b>	8	11	11
Búsqueda de información previa a la oferta del trabajo	0	6	6
Reunión elección proyecto	2	2	2
Búsqueda de artículos y documentación	6	0	0
Organización de las entregas	0	3	3
<b>2. INVESTIGACIÓN SOBRE LA HERRAMIENTA COIN TOOL</b>	47	4	2
Análisis de artículos y documentos relacionados	25	2	0
Recopilación de información sobre el manejo de la aplicación	20	0	0
Reunión para analizar el potencial de la herramienta	2	2	2
<b>3. BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN SOBRE LOS INDICADORES</b>	25	6	3
Análisis de artículos y documentos relacionados	12	0	0
Reunión tutorización	3	3	3
Selección de los indicadores adecuados para el estudio	10	3	0
<b>4. BÚSQUEDA Y ANALISIS DE DATOS</b>	43	6	2
Consulta en bases de datos	30	5	1
Recopilación de medidas políticas	12	0	0
Reunión tutorización	1	1	1
<b>5. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	105	8	2
Recopilación de datos de las diferentes fuentes	40	0	0
Elaboración de los indicadores	25	3	0

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

Implementación de los datos en la aplicación Coin Tool	15	3	2
Ajuste de parámetros de cálculo de la aplicación	10	0	0
Análisis de los resultados	15	2	0
<b>6. MEMORIA</b>	<b>72</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Redacción	66	0	0
Presupuesto	6	0	0
<b>HORAS TOTALES</b>	<b>300</b>	<b>35</b>	<b>20</b>

Por último, en la Tabla 3 se muestran los costes correspondientes a la mano de obra, asociados a cada una de las partes de la elaboración del trabajo, así como el total.

Tabla 3: Cuadro de precios desglosado de la mano de obra

<b>CUADRO DE PRECIOS</b>			
NOMENCLATURA	HORAS (h)	COSTE(€/h)	TOTAL (€)
<b>1. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO</b>	<b>30</b>		<b>516,78 €</b>
Búsqueda de información previa a la oferta del trabajo	12		218,52 €
TUT1	6	18,21 €	109,26 €
TUT2	6	18,21 €	109,26 €
Reunión elección proyecto	6		101,88 €
ING	2	14,52 €	29,04 €
TUT1	2	18,21 €	36,42 €
TUT2	2	18,21 €	36,42 €
Búsqueda de artículos y documentación	6		87,12 €
ING	6	14,52 €	87,12 €
Organización de las entregas	6		109,26 €
TUT1	3	18,21 €	54,63 €
TUT2	3	18,21 €	54,63 €
<b>2. INVESTIGACIÓN SOBRE LA HERRAMIENTA COIN TOOL</b>	<b>53</b>		<b>452,01 €</b>
Análisis de artículos y documentos relacionados	27		59,73 €
ING	25	14,52 €	39,52 €
TUT1	2	18,21 €	20,21 €
Recopilación de información sobre el manejo de la aplicación	20		290,40 €

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

ING	20	14,52 €	290,40 €
Reunión para analizar el potencial de la herramienta	6		101,88 €
ING	2	14,52 €	29,04 €
TUT1	2	18,21 €	36,42 €
TUT2	2	18,21 €	36,42 €
<b>3. INVESTIGACIÓN DE LOS INDICADORES</b>	<b>34</b>		<b>526,89 €</b>
Análisis de artículos y documentos relacionados	12		174,24 €
ING	12	14,52 €	174,24 €
Reunión tutorización	9		152,82 €
ING	3	14,52 €	43,56 €
TUT1	3	18,21 €	54,63 €
TUT2	3	18,21 €	54,63 €
Selección de los indicadores adecuados para el estudio	13		199,83 €
ING	10	14,52 €	145,20 €
TUT1	3	18,21 €	54,63 €
<b>4. BÚSQUEDA Y ANALISIS DE DATOS</b>	<b>51</b>		<b>770,04 €</b>
Consulta en bases de datos	36		544,86 €
ING	30	14,52 €	435,60 €
TUT1	5	18,21 €	91,05 €
TUT2	1	18,21 €	18,21 €
Recopilación de medidas políticas	12		174,24 €
ING	12	14,52 €	174,24 €
Reunión tutorización	3		50,94 €
ING	1	14,52 €	14,52 €
TUT1	1	18,21 €	18,21 €
TUT2	1	18,21 €	18,21 €
<b>5. DESARROLLO DEL PROYECTO</b>	<b>115</b>		<b>1.706,70 €</b>
Recopilación de datos de las diferentes fuentes	40		580,80 €
ING	40	14,52 €	580,80 €
Elaboración de los indicadores	28		417,63 €
ING	25	14,52 €	363,00 €
TUT1	3	18,21 €	54,63 €
Implementación de los datos en la aplicación Coin Tool	20		308,85 €
ING	15	14,52 €	217,80 €
TUT1	3	18,21 €	54,63 €
TUT2	2	18,21 €	36,42 €
Ajuste de parámetros de cálculo de la aplicación	10		145,20 €
ING	10	14,52 €	145,20 €
Análisis de los resultados	17		254,22 €
ING	15	14,52 €	217,80 €
TUT1	2	18,21 €	36,42 €
<b>6. MEMORIA</b>	<b>72</b>		<b>1.045,44 €</b>
Redacción	66		958,32 €

Cálculo de un indicador energético para el desarrollo sostenible mediante la herramienta Coin Tool y su aplicación a los países de la Unión Europea.

ING	66	14,52 €	958,32 €
Presupuesto	6		87,12 €
ING	6	14,52 €	87,12 €
<b>TOTAL</b>	<b>355</b>		<b>5.017,86 €</b>

## 2. COSTE MATERIALES

En la realización de este estudio, los únicos costes materiales son los derivados del trabajo realizado por la ingeniera, estos costes son los de software y hardware, es decir, el coste tanto del portátil como de los programas que haya necesitado emplear. Estos costes vienen recogidos en las tablas siguientes:

Tabla 4: Coste del ordenador

Producto	Unidades	Coste	Vida útil	Uso	Amortización	Coste final
OMEN by HP Laptop 15", Intel® Core™ i7- 6700HQ, RAM 16GB, SSD 256	1	1000 €	7 años	3 meses	3,57%	35,7 €

Tabla 5: Coste de la licencia Microsoft Office 365

Producto	Unidades	Coste final
Licencia Microsoft Office 365	1	0 €

El coste de la licencia de Microsoft Office 365 es nulo, ya que se trata de una licencia de uso educativo dada por la Universidad Politécnica de Valencia.

Finalmente, se proporciona, en la tabla siguiente, el cuadro de precios de los costes materiales:

Tabla 6: Cuadro de precios de los costes materiales

CUADRO DE PRECIOS		
Producto	Unidades	Coste final
OMEN by HP Laptop 15", Intel® Core™ i7- 6700HQ, RAM 16GB, SSD 256	1	35,7 €
Licencia Microsoft Office 365	1	0 €
<b>COSTE TOTAL MATERIAL</b>		<b>37,5 €</b>

### 3. PRESUPUESTO FINAL

En la tabla 7 se muestra el presupuesto final del proyecto. Los gastos generales y el beneficio industrial se calculan sobre el Presupuesto de Ejecución Material (PEM). El Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) lo obtenemos sumando el PEM, los gastos generales y el beneficio industrial. Finalmente, se obtiene el presupuesto total o Base de Licitación sumando el IVA al PEC.

Tabla 7: Presupuesto Final

Descripción	Coste
COSTE MANO DE OBRA	5017,86 €
COSTE MATERIALES	37,5 €
PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	5055,36 €
10% GASTOS GENERALES	505,54 €
6% BENEFICIO INDUSTRIAL	303,32 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)	5864,22 €
21% IMPUESTO VALOR AÑADIDO (IVA)	1231,49 €
BASE DE LICITACIÓN	7095,71 €

El coste final del proyecto asciende a SIETE MIL NOVENTA Y CINCO CON SETENTA Y UN EUROS.