



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales
Universidad de León

Grado en Economía
Curso 2020/2021

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO Y SU EFECTO EN
LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO: UN ESTUDIO
BASADO EN EL ANÁLISIS INPUT-OUTPUT

ANALYSIS OF ELECTRICITY SECTOR PRODUCTION AND ITS EFFECT ON
GREENHOUSE GAS EMISSIONS: A STUDY BASED ON THE INPUT-OUTPUT
MODEL

Realizado por el alumno Aaron García Colom
Tutelado por el Profesor Don Luis Enrique Pedauga
Cotutelado por la Profesora Doña Nuria González

León, septiembre 2021

Tabla de contenido

| | | |
|-------|--|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 4 |
| 2. | OBJETIVOS DEL TRABAJO | 5 |
| 2.1 | OBJETIVOS GENERALES..... | 5 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 6 |
| 2.2.1 | OBJETIVOS TEÓRICOS | 6 |
| 2.2.2 | OBJETIVOS PRÁCTICOS | 6 |
| 3. | METODOLOGÍA | 7 |
| 4. | ESTRUCTURA DEL SECTOR ENERGÉTICO EN ESPAÑA | 8 |
| 4.1 | LA IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA..... | 14 |
| 4.1.1 | LA ETAPA DESARROLLISTA EN EL SECTOR ENERGÉTICO | 15 |
| 4.1.2 | EL SECTOR ENERGÉTICO DURANTE LA TRANSICIÓN ESPAÑOLA..... | 16 |
| 4.1.3 | EL DESARROLLO DE LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA HACIA UN PROCESO DE LIBERALIZACIÓN E INTEGRACIÓN EUROPEA | 20 |
| 4.2 | PESO DE LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA EN LOS PLANES DE ELECTRICIDAD..... | 22 |
| 4.3 | EL SUBSECTOR ELÉCTRICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA | 25 |
| 5. | CONTRIBUCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES A LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD ... | 27 |
| 5.1 | INDICADORES ENERGÉTICOS DE OFERTA | 31 |
| 5.2 | INDICADORES ENERGÉTICOS DE DEMANDA | 33 |
| 6. | ENERGÍAS RENOVABLES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO | 34 |
| 6.1 | EL PAPEL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA ESTRATEGIA EUROPEA..... | 34 |
| 6.2 | DESCARBONIZACIÓN, ENERGÍAS RENOVABLES Y EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO..... | 39 |
| 7. | IMPACTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES A TRAVÉS DEL MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES | 44 |
| 7.1 | BASE DE DATOS..... | 44 |
| 7.1.1 | MATRIZ DE CONTABILIDAD SOCIAL (SAM-17) | 45 |
| 7.1.2 | CUENTAS SATÉLITES DE MEDIOAMBIENTE (EA-17)..... | 48 |
| 7.2 | ESTIMACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO RENOVABLE | 51 |
| 7.3 | MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES BASADOS EN LA SAMEA | 52 |
| 8. | RESULTADOS | 57 |
| 9. | CONCLUSIONES..... | 63 |
| 10. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 66 |
| 11. | ANEXOS..... | 73 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| TABLA 4.1 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA EN ESPAÑA (GWH) (1990-2019)..... | 16 |
| TABLA 4.2 OBJETIVOS COMPARADOS DE LOS PLANES ENERGÉTICOS ESPAÑOLES (PARA EL AÑO HORIZONTE TEMPORAL)..... | 17 |
| TABLA 4.3 INTENSIDAD ENERGÉTICA DEMANDA FINAL/PIB TEP/MILLÓN \$1985 | 20 |
| TABLA 4.4 GRADO DE ELECTRIFICACIÓN DE LA DEMANDA POR SECTORES | 26 |
| TABLA 5.1 COMPOSICIÓN DEL MIX ENERGÉTICO PARA EL CASO DE ESTUDIO..... | 32 |
| TABLA 5.2 INDICADOR DE OFERTA DEL SECTOR ELÉCTRICO | 33 |
| TABLA 5.3 INDICADOR DE DEMANDA DEL SECTOR ELÉCTRICO..... | 34 |
| TABLA 6.1 GRADO DE ELECTRIFICACIÓN DE LA DEMANDA POR SECTOR | 39 |
| TABLA 6.2. COEFICIENTES DE FIABILIDAD SEGÚN POTENCIA INSTALADA PARA POTENCIA FIRME..... | 43 |
| TABLA 6.3 EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA POR TECNOLOGÍA DESDE 2015..... | 44 |
| TABLA 7.1. ESTRUCTURA DE EMISIONES DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, GAS, VAPOR Y AIRE ACONDICIONADO | 49 |
| TABLA 7.2. EMISIONES SEGÚN TIPO DE TECNOLOGÍA (EMISIONES TCO ₂ -EQ/MWH) | 50 |
| TABLA 8.1 RELACIÓN LINEAL ENTRE PRODUCCIÓN Y GEI POR TECNOLOGÍA | 58 |
| TABLA 8.2 SIMULACIÓN AÑO 2018 | 59 |
| TABLA 8.3 SIMULACIÓN AÑO 2019 | 60 |
| TABLA 8.4 SIMULACIÓN AÑO 2020 | 60 |
| TABLA 8.5 RESULTADOS DE ANÁLISIS SUBSECTORAL ELÉCTRICO | 61 |

Índice de Gráficos

| | |
|--|----|
| GRÁFICO 4.1 DEPENDENCIA TOTAL DE ENERGÍA (1990-2018)..... | 8 |
| GRÁFICO 4.2 DEPENDENCIA TOTAL DE ENERGÍA A BASE DE SÓLIDOS FÓSILS (1990-2018)..... | 10 |
| GRÁFICO 4.3 DEPENDENCIA TOTAL DE PETRÓLEO, EXCLUYENDO BIODIESEL (1990-2018)..... | 11 |
| GRÁFICO 4.4 DEPENDENCIA TOTAL DE GAS (1990-2018) | 12 |
| GRÁFICO 4.5 ESTRUCTURA DE LA DEMANDA DE ENERGÍA (1990-2018) | 14 |
| GRÁFICO 4.6 ESTRUCTURA DE LA CAPACIDAD INSTALADA POR EMPRESAS 1988 Vs 1997..... | 23 |
| GRÁFICO 5.1 BALANZA COMERCIAL DEL SECTOR ELÉCTRICO | 28 |
| GRÁFICO 5.2 EVOLUCIÓN DE LOS COSTES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE DESDE 2010..... | 29 |
| GRÁFICO 5.3 PRECIO TOTAL ENERGÍA EUR/MWH..... | 31 |
| GRÁFICO 6.1 PROPORCIÓN DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES | 37 |
| GRÁFICO 6.2 EVOLUCIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO Y UTCUTS (1990-2020) | 41 |
| GRÁFICO 7.1 ESTIMACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO RENOVABLE | 52 |
| GRÁFICO 7.2 IMPACTOS SIMULADOS POR TIPO DE TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN | 56 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| FIGURA 4.1 ESTRUCTURA DEL SECTOR ENERGÉTICO ESPAÑOL | 25 |
| FIGURA 5.1 CURVA DE OFERTA Y DEMANDA DEL MERCADO ELÉCTRICO | 30 |
| FIGURA 6.1 FLUJO DE INVERSIONES TOTALES DEL PNIEC 2021-2030 | 38 |
| FIGURA 7.1 ESQUEMA DEL MODELO INPUT-OUTPUT (MIO)..... | 45 |
| FIGURA 7.2 ESTRUCTURA DE UNA SAMEA | 50 |

RESUMEN

Las actuales cifras de emisiones del sector presionan la posible sostenibilidad del sistema energético a corto plazo. Este aspecto hace que sea necesario cada vez más tomar medidas con el objetivo de mitigar su impacto climático. Un modelo que de mayor protagonismo a las energías renovables puede contribuir a ello. Este trabajo da inicio con la estructura del sector eléctrico realizando un análisis de este, mediante una matriz de contabilidad social y cuentas ambientales para el 2017. Prestando atención a las interrelaciones económicas y climáticas del sector eléctrico y las actividades que lo integran. De este modo, poder extraer conclusiones sobre la importancia de la planificación eléctrica.

Palabras clave: Matriz de Contabilidad Social, análisis de descomposición estructural, energía renovable, sector eléctrico, gases de efecto invernadero.

ABSTRACT

The sector's current emissions figures put pressure on the possible sustainability of the energy system in the short term. This makes it increasingly necessary to take measures to mitigate its climate impact. A model that gives more prominence to renewable energies can contribute to this. This paper starts with the structure of the electricity sector by analysing it through a matrix of social accounting and environmental accounts for 2017. Attention was paid to the economic and climatic interrelationships of the electricity sector and the activities that comprise it. In this way, conclusions can be drawn on the importance of electricity planning.

Keywords: Social Accounting Matrix, structural decomposition analysis, renewables energy, electricity sector, greenhouse gases.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los grandes retos del siglo XXI es el cambio climático. Esto es evidente observando los resultados que diferentes organismos internacionales, como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y el “*Intergovernmental Panel on Climate Change*” (IPCC) han presentado. El IPCC, ha publicado hasta la fecha 6 informes en los que establece entre otras, que uno de los principales desencadenantes del calentamiento climático es causado por la acción antropogénica, que pone en riesgo las condiciones de vida (IPCC - ONU, 2021).

Estamos en un sistema con recursos energéticos finitos, sobre lo cual no han tenido predisposición los modelos de crecimiento económico a la hora de tomar acción. En la actualidad, se da valor al concepto denominado “equilibrio intergeneracional”, el cual se encuentra desarrollado en el “*Informe Brundtland*” para las Naciones Unidas. En el mismo, se establece el desarrollo sostenible como el afán de satisfacer las necesidades presentes, sin poner en riesgo la capacidad de cubrir las necesidades futuras (Brundtland, 1987).

Dando inicio a una serie de medidas con previsión a corto-medio plazo, con implicaciones directas en la reconversión hacia la energía primaria con origen renovable del sistema eléctrico. Todo ello, enmarcado en el objetivo de lograr la descarbonización de la economía: reduciendo así los gases de efecto invernadero (GEI), con el objetivo de cara a lograr ser una economía de bajas emisiones en el año 2050.

Esto daría lugar a la electrificación de la economía, que consiste en la sustitución de bienes homogéneos, como son los factores productivos con orígenes fósiles por factores energéticos renovables, lo que conllevaría a un aumento de la demanda de los mismos (Linares y Declercq, 2017).

Las implicaciones climáticas del sector energético, según las cifras se le atribuyen 50 MtCO₂-eq¹ para el año 2020, huelga decir que técnicas ligados a la generación energética como es la industria de la cogeneración se le atribuyen hasta un 42% de las emisiones, lo mismo ocurre con la industria generadora de electricidad con origen en el carbón que emite el 24% de las GEI del sector (Red Eléctrica de España, 2021a).

¹ MtCO₂-eq= Es el acrónimo para referirse a millones de toneladas equivalentes de CO₂.

Por esto, parece razonable analizar de una forma metodológica el sector energético, porque existen razones suficientes como para ser estudiado profundamente, ya que guarda interrelaciones con toda la economía. Los resultados de este estudio, nos proporcionarán información acerca de los efectos de las políticas que se están llevando a cabo, en pos de lograr la sostenibilidad del sector, teniendo en cuenta los aspectos de los tres ámbitos de la sustentabilidad: economía, medioambiente y sociedad (López et al., 2021).

Para comenzar con este estudio, se ha presentado el sector energético y su estructura, así como la importancia en términos de planificación; continuando con la estructura de éste, se detalla de forma cuantitativa la estructura del mercado. Centrándonos en los esfuerzos de la integración de energía renovable en la generación primaria de energía eléctrica.

Todo ello, ha servido de justificación o introducción para la realización de un modelo que se ha nutrido del sistema “*Social Accounting Matrix and Environmental Accounts*” (SAMEA). Este sistema parte del trabajo que desarrollaron en una primera instancia (Leontief, 1941) y P. Sraffa (1960) y la ampliación llevada a cabo por (Vicent y Padilla, 2009), los cuales ampliaron el “*Modelo Input-Output*” (MIO) de Leontief, para un análisis subsectorial del que se parte para sacar premisas de la política climática que afectan al sector eléctrico. Como parte final de este trabajo, se compararán los resultados obtenidos con informes macroeconómicos de consultorías y las conclusiones extraídas del estudio realizado.

2. OBJETIVOS DEL TRABAJO

2.1 OBJETIVOS GENERALES

El objetivo general de este trabajo es analizar y plasmar, las implicaciones climáticas que tiene la actividad desarrollada por el sector eléctrico en el año 2017, debido a su gran participación en las emisiones. A través del estudio metódico del modelo Matriz de Contabilidad Social y Cuentas Ambientales “SAMEA”, esto nos ha permitido incorporar de forma matricial, las cuentas satélites de emisiones a la atmósfera, así como a las interrelaciones de demandantes y ofertantes que ocurren en la economía productiva. Dando como resultado, los efectos de las políticas ambientales sobre el sector, en pos de lograr un desarrollo sostenible. Todo ello, partiendo de la estructura que tiene el *mix eléctrico* en España.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como parte de un todo, se han tenido que desarrollar los objetivos específicos pertinentes para lograr el objetivo general.

2.2.1 Objetivos teóricos

- i. Realizar una revisión bibliográfica del sector eléctrico y sus implicaciones ambientales, en cuestiones de desarrollo sostenible.
- ii. Investigar el Modelo de Matrices de Contabilidad Social (SAM) y sus vertientes ambientales.
- iii. Estudiar los diferentes análisis específicos empleados sobre el subsector eléctrico.
- iv. Recopilar los datos pertinentes para la desagregación sectorial en términos ambientales y económicos.
- v. Realizar una revisión de los diferentes informes macroeconómicos desde 2017 hasta 2020.

2.2.2 Objetivos prácticos

- i. Investigar y aunar el conjunto de cuentas que componen el sector eléctrico en términos de producción.
- ii. Estudiar las cuentas satélites de emisiones como parte de las cuentas ambientales “EA”, así como las ponderaciones de cada fuente de electricidad.
- iii. Formar el conjunto de cuentas que forman el sector eléctrico dentro de la SAMEA.
- iv. Efectuar la matriz de coeficientes técnicos según el MIO de Leontief.
- v. Realizar un análisis a partir del multiplicador doméstico.
- vi. Calcular la regresión lineal del sector eléctrico plantear dos hipótesis.
- vii. Realizar el análisis subsectoral según el estudio de Alcántara y Padilla.
- viii. Estimar el impacto de las diferentes políticas de descarbonización en términos ambientales.
- ix. Comparar los resultados con los informes macroeconómicos.

3. METODOLOGÍA

Este trabajo se estructuró entorno a dos partes bien delimitadas la teórica y práctica. Por ello, la parte teórica, se ha sustentado en el método histórico-descriptivo del sector eléctrico español a lo largo de los últimos años, así como de la planificación desde la etapa desarrollista, hasta la actualidad. De igual manera, hemos revisado la importancia que tienen las energías renovables en el *mix eléctrico*, en su implicación en reducir el impacto ecológico de éste. Hemos prestado atención a los indicadores de oferta y demanda, todo ello para introducir la postura del Gobierno en la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), ya que la meta final del sector es lograr su descarbonización, es decir producción con cero emisiones.

Para ello hemos recopilado estudios de numerosas fuentes bibliográficas, tanto directas como indirectas del ámbito académico, las cuales ya habían tratado el problema climático desde la visión del sector eléctrico antes. Con la ayuda de métodos cuantitativos y una vez recopilada toda esta información aplicamos una metodología basada en la realización de un Modelo SAMEA, el cual parte de una ampliación del sistema propuesto por Leontief en (1941). Para realizar dicho análisis recurrimos a diferentes bases de datos que constatarán numéricamente la importancia del sector y nos permitieran realizar nuestro estudio, las cuales fueron el INE², IDAE³, REE⁴ entre muchas otras, así como bases de datos extranjeras para conocer los flujos económicos y eléctricos que establece España con Francia y Portugal.

Una vez recopilados los datos, nos han permitido realizar las premisas del trabajo. Los análisis son variados gracias a la versatilidad de la SAMEA-17 de la que partimos. Por ello, realizamos un estudio de multiplicador doméstico para poder extraer conclusiones de las implicaciones climáticas que están teniendo las políticas energéticas en términos de descarbonización en los años 2018/19/20, siendo estos los últimos datos disponibles en la REE.

² INE: Instituto Nacional de Estadística.

³ IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.

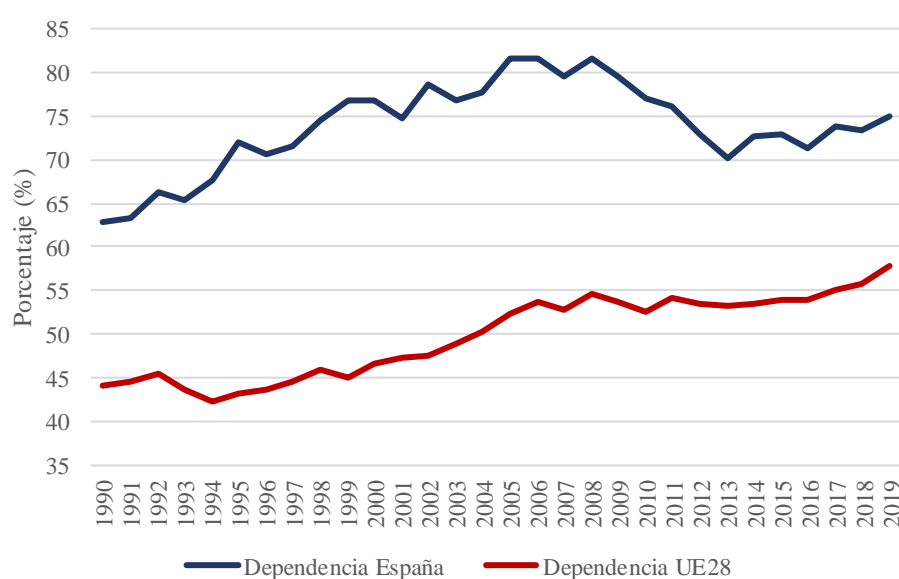
⁴ REE: Red Eléctrica Española.

Otro de las vías de estudio de este trabajo partió de un análisis subsectorial del sector, dándonos a conocer las interrelaciones directas e indirectas de forma desagregada en torno a los efectos Total, Escala, Spillover y Feed-back (Navarro y Alcántara, 2011). Por último, realizamos una estimación del sector eléctrico planteando dos hipótesis. Por un lado, la que nos proporciona la regresión lineal y por otro, la peor alternativa que consistía en la sustitución de la potencia renovable por su antagonista la energía con origen en el carbón. La primera de estas nos ha permitido calcular el ahorro económico y climático de las diferentes potencias renovables en términos de CO₂ y económicos. Esto da un mayor peso al estudio ya que los resultados son comparables con diferentes informes macroeconómicos de Deloitte, APPA, entre otros (Asociación de Empresas de Energías Renovables, 2018, 2019b; Deloitte, 2018, 2019). Ambas partes nos permiten justificar a ciencia cierta las diferentes conclusiones sacadas del trabajo.

4. ESTRUCTURA DEL SECTOR ENERGÉTICO EN ESPAÑA

Tradicionalmente el sector energético es considerado un sector estratégico (Cuerdo Mir, 1999), dado que conforma uno de los principales insumos para la producción de bienes o servicios, convirtiéndolo en uno de los condicionantes del nivel de bienestar de una sociedad (Romero, 2001).

GRÁFICO 4.1 DEPENDENCIA TOTAL DE ENERGÍA (1990-2018)



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de Eurostat (2021a) y (Romero, 2001)

Aun siendo tan importante, tan solo representa un 3% del Producto Interior Bruto (PIB), según nos muestra el INE, el cual incluye las actividades de industria extractiva y suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado (Instituto Nacional de Estadística, 2020). Es por ello, que aun teniendo poco peso en términos económicos, afecta al conjunto de la economía, recibiendo un trato especial en la búsqueda de su eficiencia, competitividad, así como lograr una diversificación del suministro con costes bajos, además de reducir las externalidades en términos ambientales (Garrués Irurzun, 2016).

Observando el gráfico 4.1, se puede apreciar la tendencia que sigue la dependencia de terceros países, marcada por el aumento de la demanda en contraposición a la baja producción nacional (Isbell, 2006). Evaluando la serie temporal, el mínimo se produjo en los años noventa (1990-91), cuando la política incentivó el consumo de carbón nacional; por otro lado, el máximo de dependencia se produjo en los años (2005-09), causado por el aumento de la intensidad energética en sectores como el transporte (Ruiz Galdón et al., 2016).

Uno de los principales retos de un país en la actualidad son: la contaminación, la fiabilidad de suministro y la estabilidad de precios, estos dos últimos afectados por conflictos geopolíticos de terceros países (Fernández Ordoñez, 2011; Isbell, 2006).

La misma situación se repite en Europa, como se muestra en el trabajo de González, N. donde existe una clara predisposición en lograr una mayor seguridad energética, ya que en la actualidad, según los últimos datos publicados en 2021 por Eurostat, dan una cifra de dependencia en el año 2019 de un 75% para España y un 57,9% para la UE-28⁵ (Eurostat, 2021a; Rabanal, 2018), siendo los exportadores de dicha energía los países árabes y Rusia (Khader, 2003; Sánchez Andrés, 2008).

Dicha inseguridad se agrava dado que partimos de una situación que según dicta la teoría del pico Hubbert, al igual que expertos climáticos y de empresas petroleras, alertan de que de la escasez de los recursos fósiles que destaquen por su cantidad y calidad frente al coste de extracción (Ballenilla, 2004). Como señalan Kerschner, C. *et al.* dan una fecha clara para el agotamiento de recursos energéticos, dando como fecha próxima para el fin del petróleo al ritmo de consumo de 2004 para 2047, siguiendo en esta lista, el gas en 2068 y el carbón en 2144, permiten asegurar una crisis para el sistema basado

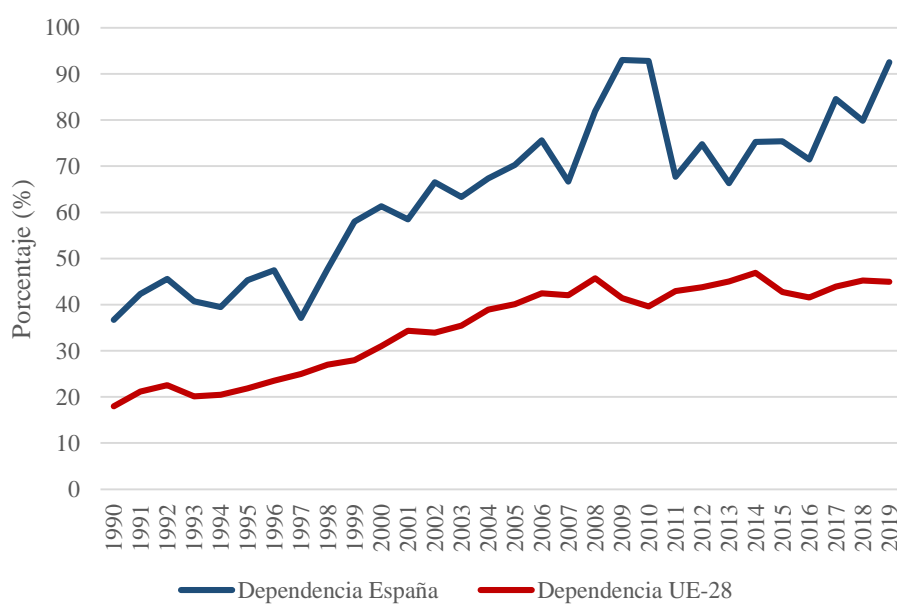
⁵ UE-28: Unión Europea de los 28 incluye Reino Unido.

principalmente en los recursos fósiles poniendo hincapié en el cambio por el lado de la seguridad de suministro (Kerschner *et al.*, 2009).

Es por ello, que hay que resaltar la mala situación debido a las cifras de las diferentes fuentes de energía y el grado de dependencia según el tipo de suministro energético. Para el caso español, provienen del Libro de la Energía (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2017) así como para la Unión Europea (UE) de la base de datos (Eurostat, 2021a), los cuales han sido procesados por elaboración propia:

- Tradicionalmente, el carbón ha sido un recurso energético importante (Ruiz Galdón *et al.*, 2016). Actualmente, la demanda de energía primaria de carbón en España es de 12.821 miles de Tep⁶, de los cuales cubrimos con nuestra producción el 8.79% o lo que es lo mismo, 1.128 ktep. Dicha cifra de autoabastecimiento ha ido disminuyendo por la baja calidad del producto nacional, ya que la producción se ha mantenido más por razones sociales que puramente económicas (Rabanal González, 2000). Por ello, recurrimos a importaciones provenientes de Colombia, Rusia y Sudáfrica (Barrerera y Ruiz-Buatista, 2020). Como se muestra en el siguiente gráfico 4.2, la tendencia de la evolución ha seguido una línea alcista en cuanto dependencia tanto a nivel nacional como europea sobre productos combustibles sólidos fósiles.

GRÁFICO 4.2 DEPENDENCIA TOTAL DE ENERGÍA A BASE DE SÓLIDOS FÓSILES (1990-2018)

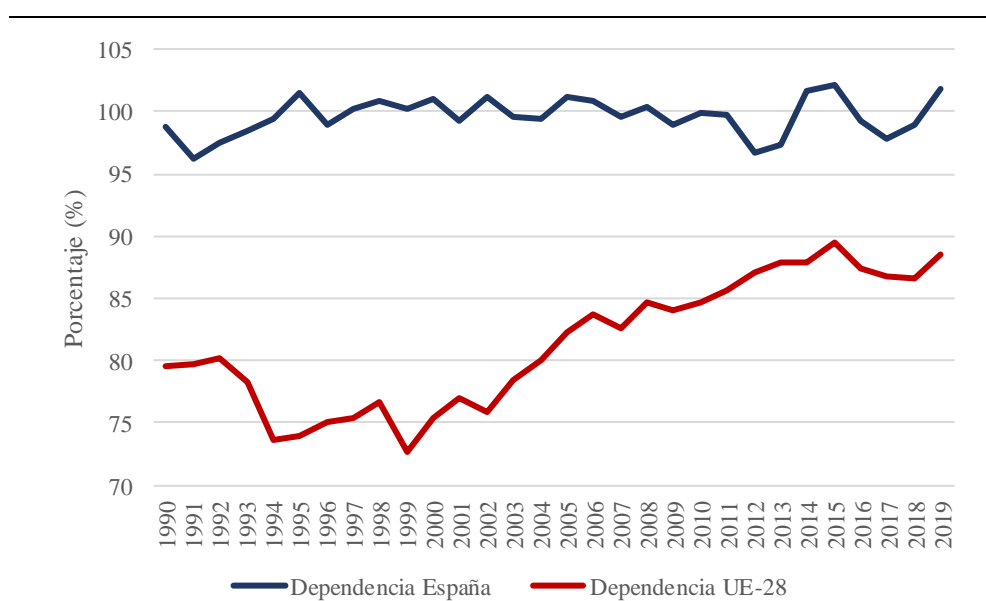


Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de Eurostat (2021a)

⁶ Tep: Toneladas equivalentes de petróleo.

- El petróleo, se sitúa como la principal fuente de energía en cuanto a consumo primario, ya que solo el sector del transporte es el encargado del consumo del 65% sobre el total (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, 2021a), lo que difiere con el dato de producción de 122 miles tep, y esto corresponde con el 0.21% de los 57.969 ktep que demandamos, teniendo su origen en la importaciones de la zona denominada MENA⁷, Nigeria y México entre otros (Cores, 2021a). Misma situación se reproduce en la UE como muestra Khader, B. ya que en 1961 las importaciones de petróleo bruto pasaron de 171t a las 533t en 1972 millones de toneladas de petróleo, es decir, un aumento del 221% en el transcurso de 11 años (Khader, 2003). Hoy en día, las importaciones del crudo se mantienen y la cifra que nos proporciona BP es de 522,5t para el año 2019 (British Petroleum, 2020). Una muestra de la dependencia de esta materia prima energética se puede observar en el gráfico 4.3.

GRÁFICO 4.3 DEPENDENCIA TOTAL DE PETRÓLEO, EXCLUYENDO BIODIESEL (1990-2018)



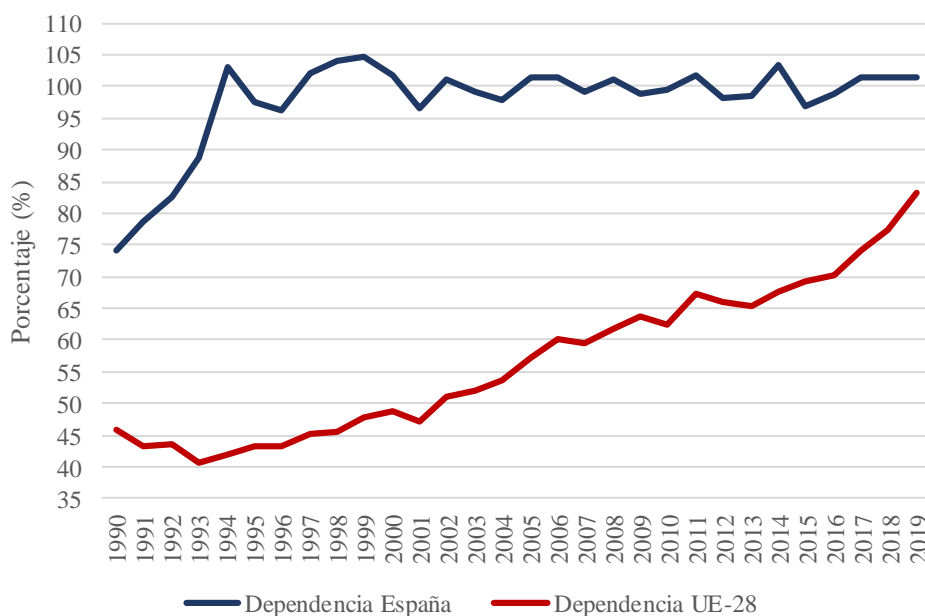
Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de Eurostat (2021a).

- El gas natural es el gran favorecido de la revolución verde, debido a que es menos contaminante que las otras alternativas fósiles y, es por ello, que será la última energía fósil en desaparecer de nuestra estructura (Marqués y Saenz de Ormijana, 2019). Al igual que los otros recursos, se presenta un símil en cuanto a su disposición, ya que

⁷ MENA: Medio Oriente y Norte de África.

producimos sólo 24 (ktep)⁸, en contrapartida, nuestra alta demanda de 27.274 ktep, lo que corresponde a una producción del 0,08% en el ámbito nacional. Nuestro principal afluyente de gas natural es la zona MENA, destacando el acuerdo que tiene España con Argelia, así como Estados Unidos, entre muchos otros (Cores, 2021b). Como mantiene la autora Salvadora Silicia, el gas natural tanto de origen fósil como renovable, va a jugar un gran papel en la transición nacional energética por sus bajas emisiones con respecto al resto combustibles fósiles (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021; 2019), siendo claro estas afirmaciones en la evolución que ha tenido, como se aprecia en el gráfico 4.4. lo que nos hace tener cierta dependencia de Rusia ya que el 80% del gas que llega a UE tiene su origen en dicho país (British Petroleum, 2020). Del mismo modo esta vertiente de dependencia se mantiene en otros territorios europeos como el caso alemán e italiano, con gran dependencia energética de gas natural con una tasa del 40.5% y 30.8% respectivamente (Sánchez Andrés, 2008), lo que nos hace tener cierta inseguridad energética (British Petroleum, 2020).

GRÁFICO 4.4 DEPENDENCIA TOTAL DE GAS (1990-2018)



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de Eurostat (2021a).

⁸ Ktep: Kilotoneladas equivalentes de petróleo.

- El último de los factores que agrava nuestra dependencia energética es la importación de uranio enriquecido, necesaria para la producción de energía nuclear. Este recurso proviene de Rusia, Níger, Canadá, etcétera (Foro de la Industria Nuclear en España, 2020). La predisposición con la que se ve la inversión en energía nuclear es cada vez menor debido a las catástrofes que ha causado, por ello países como Alemania se habían planteado una descarbonización enfocada en la energía atómica pero fue desestimada por el accidente de Fukushima I (Glachant y Ruester, 2014).

Observando detenidamente los gráficos, se puede extraer la hipótesis de que la planificación de la política energética ha buscado disminuir la dependencia de las zonas exportadoras de recursos energético fósiles, con el fin de disminuir las importaciones de inputs (Isbell, 2006). Gracias a la política de incentivo de las inversiones en energías renovables como la eólica, en 2017 ahorramos 9,2 (Mtep)⁹, valorados en 1.505,5 millones de euros (Deloitte, 2018).

España no tiene capacidad para controlar el precio de los factores energéticos, ya que estos se obtienen vía importaciones convirtiéndola en una economía vulnerable a los mercados de combustibles (Ruiz Galdón *et al.*, 2016).

Por otra parte, echando la vista en la estrategia “*Long Term-Strategy*” (LTS) (European Commission, 2019), esta está marcada por un entramado de ideas en torno: al origen de los insumos energéticos, ecológicos y de eficiencia energética englobados por el “*Trilema energético*”¹⁰, vinculando de este modo la política energética y ambiental (Solorio, 2011). La UE propuso un mercado de emisiones conforme a la preocupación por el cambio climático a nivel europeo la creación de los mercados de emisiones “*Emissions Trading System*” (ETS). Como argumenta en el estudio de Bayer, P. y Aklin, M. ha tenido un impacto en los precios de los combustibles fósiles, al tiempo que se premia la inversión en energías renovables y eficiencia energética, para lograr una reducción de las toneladas emitidas a la atmósfera, y justifican que unos precios altos se trasladen en una mayor eficiencia del mercado, dado que se puede dar el caso de una subcontrata a terceros países,

⁹ Mtep: Millones de toneladas equivalentes de petróleo.

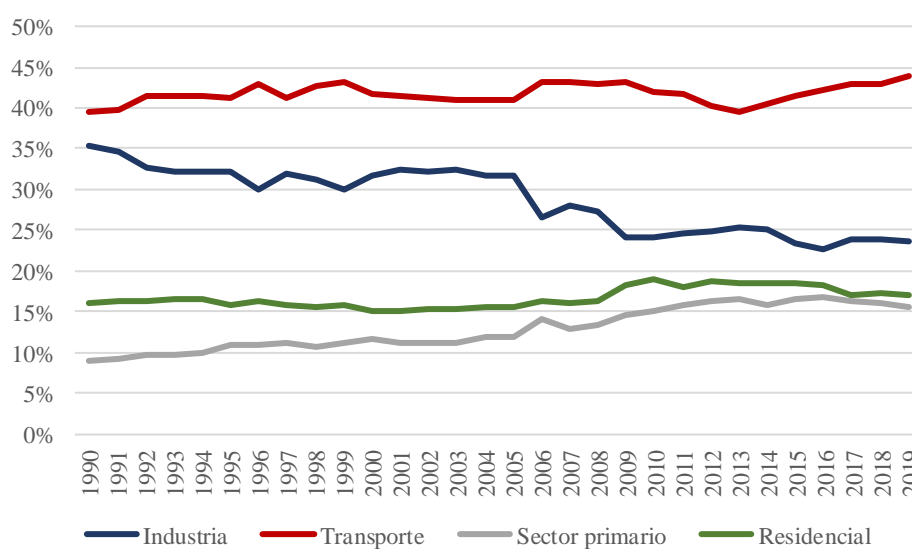
¹⁰ Trilema energético: término que hace referencia a los objetivos para alcanzar un suministro energético competitivo, un acceso universal al mismo y la protección del medioambiente (World Energy Council, 2020).

lo que es claro es que se han logrado reducir en torno a 1.200 millones de toneladas de CO₂ de 2008 a 2016 (Bayer y Aklin, 2020).

Una vez establecida la estructura productiva del sector energético, hay que proceder al análisis de la planificación y regulación que lo han definido hasta el día de hoy, a razón de los diferentes cambios socio-económicos y políticos que han marcado la estructura productiva del país, así como la estructura de demanda del mismo como se muestra en el gráfico 4.5.

En el gráfico, se muestra reflejado la estructura del consumo sectorial de energía (incluye recursos no renovables, renovables y electricidad) medida en Ktep. Además, se puede observar, según sostienen numerosos autores el proceso de terciarización que ha sufrido la economía española, con la finalidad de reducir la dependencia energética de nuestra industria (Ballesta Camacho y Rodríguez, 2009; Costa-Campi, 2016; Cuerdo Mir, 1999).

GRÁFICO 4.5 ESTRUCTURA DE LA DEMANDA DE ENERGÍA (1990-2018)



Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de IDAE

4.1 LA IMPORTANCIA DE LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA

Dando que el sector energético es vital, y considerando las fuertes regulaciones del mismo, la planificación energética juega un papel esencial para la economía de un país, la competitividad empresarial y el nivel de bienestar de los ciudadanos de cualquier país como hemos podido comprobar en España en estos últimos meses. El impacto energético sobre la economía puede llegar incluso a variables de la economía como la balanza comercial, el empleo y, por tanto, el crecimiento económico. Por ello, para el caso español,

es necesaria una política energética bien diseñada, como se ha demostrado (Fernández Ordoñez, 2011; Isbell, 2006; Ruiz Galdón *et al.*, 2016).

4.1.1 La Etapa Desarrollista en el Sector Energético

Uno de los primeros acontecimientos que dio paso a la etapa planificadora del sector energético, se produjo en 1924, mediante un Real Decreto¹¹, declarando el suministro eléctrico como “*servicio público de prestación obligatoria*”, pasando a ser una entidad reguladora por el Estado dadas sus implicaciones en las acciones diarias (Flores Jimeno y Santos Cebrián, 2015). Posteriormente, se crearían empresas de carácter público, como son ENDESA en 1940 y ENHER en 1949, así como UNESA encargada de la interconexión entre las áreas regionales de generación eléctrica que pasaría a llamarse RECA¹² en 1953 (Marcos-Fano, 2010).

Durante el periodo del “desarrollismo”, los tecnócratas en el marco de 1959 a 1965, iniciaron en España un plan de apertura con el exterior, denominado “Plan de Estabilización” de 1959 (Azcarate y Mingorance, 1996). Dio inicio al “*Milagro español*”, que fue una etapa marcada por el crecimiento económico, motivado en parte por la accesibilidad a las energías fósiles, así como una mayor accesibilidad a la inversión extranjera, lo cual modificó por completo la tendencia sobre la potencia instalada (R. H. MILLS, 1967).

Como es el caso de la hidráulica que pasó de un 84% a un 50% en un periodo de 10 años debido al nuevo *mix energético* planteado (Marcos-Fano, 2010). Afectando de forma negativa a nuestra capacidad de autoabastecimiento energético, generando una dependencia en torno a las importaciones, cifrada en un 22,6% en 1975 según (Romero, 2001). En especial, se perdió la figura de la generación nacional y, en consecuencia, un desequilibrio en la balanza de pagos (Isbell, 2006).

En esta época, el crecimiento del PIB estaba ligado a un aumento de la demanda de energía, o lo que es lo mismo, un aumento en la intensidad energética como se refleja en

¹¹ Real Decreto 1924 dictaba que «*las necesidades de la vida moderna y las exigencias de la industria no permiten que la Administración pública se desentienda de los suministros de energía eléctrica, agua y gas, indispensable para la existencia de los individuos y de las industrias*».

(Flores Jimeno y Santos Cebrián, 2015)

¹² RECA: Repartidor Central de Cargas.

tasa interanual de crecimiento del 11%, esto dio paso a la puesta en funcionamiento de la primera central nuclear “Zorita” en Guadalajara, cuyo objetivo era cubrir dicho exceso de demanda (Galdeano Martínez, 1983; Romero, 2001). También se optó por la nacionalización de Hunosa¹³, para la producción de carbón nacional, evitando así el impacto social, originado por el “*crowding out*”¹⁴ del sector petrolífero al carbón (Khader, 2003; Rabanal González, 2000).

Este cambio en los factores energético hizo que se incrementara la producción energética de (36.9M de Tec a 84 de Tec)¹⁵ entre 1959/1973 (Azcarate y Mingorance, 1996). Un claro ejemplo de los hechos acontecidos en esta etapa entorno a la producción eléctrica se refleja en la tabla 4.1.

TABLA 4.1 EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN ELÉCTRICA EN ESPAÑA (GWH) (1990-2019)

| AÑO | HIDRÁULICA | TÉRMICA | NUCLEAR | TOTAL |
|------|------------|---------|---------|--------|
| 1940 | 3353 | 264 | - | 3617 |
| 1950 | 5017 | 1836 | - | 6853 |
| 1956 | 11182 | 2491 | - | 13673 |
| 1960 | 15625 | 2989 | - | 18614 |
| 1964 | 20646 | 8880 | - | 29526 |
| 1970 | 27959 | 27608 | 923 | 56490 |
| 1973 | 29524 | 40203 | 6545 | 76272 |
| 1980 | 30803 | 75010 | 5210 | 111023 |

Fuente: Elaboración propia a partir de Galdeano (1983).

4.1.2 El Sector Energético durante la Transición española

La transición española pone fin a la época desarrollista, dando paso a un contexto incierto, marcado por el cambio político, al tiempo que el mercado energético sufría un “shock” por el precio petróleo en el inicio de 1973 por el conflicto de Yom Kipur (British Petroleum, 2020; Flores Jimeno y Santos Cebrían, 2015).

Se originó por un conflicto bélico en Oriente Medio, dando paso a un “*shock*” en el precio del crudo que, según Arciniega, A. provocó que el precio del “oro negro” se multiplicara por cinco (Arciniega, 1976; *Evolución anual del precio del crudo*, 2021).

¹³ Hunosa: Hulleras del Norte, Sociedad Anónima.

¹⁴ “*Crowding Out*”: Efecto expulsión.

¹⁵ Tec: unidad de medida de medida energética equivalente a una tonelada de carbón.

En España, se optó por una política de compensación que no transmitiera los precios reales de la energía a los consumidores, a recomendación del Fondo Monetario Internacional (FMI). Esto hizo que las fluctuaciones fueran cubiertas mediante subvenciones, afectando así a los presupuestos y manteniéndose el consumo de fuelóleo (Álvarez y Ortiz, 2015).

TABLA 4.2 OBJETIVOS COMPARADOS DE LOS PLANES ENERGÉTICOS ESPAÑOLES (PARA EL AÑO HORIZONTE TEMPORAL)

| | PEN-75 | PEN-77 | PEN-78 | REVISIÓN |
|----------------------------|---------------|-------------------|---------------|---------------|
| PUESTA EN FUNCIONAMIENTO | No se aplicó | No entró en vigor | 1979 | 1981 |
| DURACIÓN DEL PEN | 1985 | 1987 | 1987 | 1990 |
| DEMANDA ESPERADA (M.TEC) | 196.7 | 154 | 145 | 152.1 |
| PETRÓLEO | 43.70% | 53.80% | 54.30% | 45.20% |
| CARBÓN | 14.00% | 16.60% | 16.20% | 45.00% |
| ENERGÍA RENOVABLE | 8.40% | 8.90% | 5.30% | 9.20% |
| GAS NATURAL | 11.10% | 6.50% | 5.30% | 6.10% |
| ENERGÍA NUCLEAR | 22.80% | 14.20% | 14.80% | 15.10% |
| OTRAS | - | - | - | 1.60% |
| PRODUCCIÓN EN BORNES (GWH) | 220,000 | 175,000 | 163,000 | 171,799 |
| ENERGÍA RENOVABLE | 45000 (20,4%) | 42000 (24,0%) | 42300 (24,0%) | 41411 (24,1%) |
| TÉRMICA CARBÓN | 36000 (16,4%) | 39000 (22,3%) | 41120 (22,3%) | 56112 (32,7%) |
| TÉRMICA FUEL | 16000 (7,2%) | 29000 (16,5%) | 17180 (16,5%) | 6663 (3,9%) |
| TERMONUCLEAR | 123000(56,0%) | 62000 (35,4%) | 60600 (35,4%) | 65053 (37,8%) |
| OTROS | - | 3000 (1,8%) | 3000 (1,1%) | 2450 (1,5%) |

Nota: Energía renovable solo comprende la energía hidroeléctrica.

Fuente: Elaboración propia a partir de N. González (2000).

Marcando así el inicio del Plan Energético Nacional (PEN) del año 1975, que centró sus esfuerzos en la diversificación del *mix energético* mediante una mayor cuota de energía térmica y energía nuclear e intentando así, disminuir el consumo de petróleo, lo cual no se consiguió por el recelo de la población a la energía nuclear (Rabanal González, 2000). Sí que se logró dar una mejor posición al gas natural con la firma del contrato entre Enegás y Sonatrach por el método “*Take or Pay*”¹⁶ como sostiene Galdeano en su trabajo, pero la cifra que se firmó era inverosímil en comparación a nuestro consumo real, al tiempo

¹⁶ *Take or Pay*: consistía en la puesta a disposición de gas a España, esto generó problemas ya que la cantidad contratada era mayor a la demandada (Galdeano Martínez, 1983).

que el carbón recobró algo de importancia con el objetivo de lograr un mayor autoabastecimiento (Galdeano Martínez, 1983), como se observa Tabla 4.2.

Esto marcó, que el sector eléctrico incurriera en un mayor endeudamiento con una correlativa inversión en moneda extranjera para así aumentar la potencia instalada y cubrir el exceso de demanda esperado, que finalmente, fue menor al planteado (Costa-Campi, 2016; Flores Jimeno y Santos Cebrían, 2015; Garrués Irurzun, 2016).

Todo ello fue debido a que el mercado eléctrico tenía que tener una potencia instalada superior y de este modo, cubrir los desequilibrios en el mercado eléctrico vía exceso de demanda (Cuerdo Mir, 1999).

Esto dio comienzo a una constante inestabilidad financiera que no se subsanó hasta la implantación de la “Ley del Sector Eléctrico” (LSE) de 2014, la cual buscaba una remuneración justa (García Rendón y Moncada Mesa, 2018).

En la tabla extraída del trabajo “*La importancia del carbón en la planificación energética*” de Nuria González, se puede observar la planificación del sector energético de la segunda mitad de la década de los 70, en la cual se observa la dirección que sigue el *mix energético*, en el intento de desvincularse del petróleo (Rabanal González, 2000).

En este plan, se mantenía la hipótesis de que el consumo de energía debía ser superior a la tasa de crecimiento del PIB, suposición errónea ya que no se tenía en cuenta la eficiencia energética (Costa-Campi, 2016; Cuerdo Mir, 1999).

Tras la estabilización del nuevo gobierno que se enfrentaba a los malos resultados del PEN-75, motivó a que el sector fuera un enclave a tratar en los Pactos de la Moncloa, los cuales plantearon los problemas energéticos de la economía así como el PEN-77, como es la dependencia de los combustibles fósiles con un crecimiento del uso del petróleo a una tasa del 12%, donde se observaba que la estructura de la demanda de energía era de 52,7% y del 27,6% respectivamente para el sector industrial y transporte, abarcando así el 80% (Galdeano Martínez, 1983). Todo ello se sustentaba en torno a tres principios que generaban un bucle que se retroalimentaba: el consumo desparejo al Producto Nacional Bruto (PNB) enlazado con un mayor grado de dependencia, marcado por la escasez de fuentes energéticas propias como ya se vió en el gráfico 4.1 al 4.4, lo cual generaba desequilibrios en la balanza de pagos. Finalmente, este plan no salió a luz por conflictos de intereses entre el Gobierno y las empresas energéticas (Rabanal González, 2000).

La estructura de demanda guarda verosimilitud con el proceso de terciarización del que habla Cuerdo Mir (Cuerdo Mir, 1999), con la actual distribución del 43,9% para el sector

transporte, y un 23,6% para el sector industrial, según los datos publicados por el IDEA, que corresponden al año 2019 (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, 2021a) y como se muestra en el gráfico 4.5 que sobre la estructura de la demanda.

En este II PEN-78, con una vigencia de 10 años (Rabanal González, 2000), se plasmará la idea clave que sigue patente a día de hoy en torno a cambiar la estructura productiva de la economía del país. Fijando de esta manera, la necesidad de terciarización de la economía, es decir, nuestras reservas de recursos energéticos no puede sustentar nuestras exportaciones enfocadas en (acero, buques y cemento), cuestionándose los fundamentos que sustentan la teoría a largo plazos (Cuerdo Mir, 1999), es por ello que se buscaba la electrificación de la economía para facilitar las sustitución entre las fuentes de energía (Marcos-Fano, 2010; Marqués y Saenz de Ormijana, 2019). De este plan, se sacaron recomendaciones las cuales se tratan en el PEN-79 que, si bien eran importantes, no salieron a la luz por la oposición (Galdeano Martínez, 1983).

Entre las mismas, destaca la investigación de nuevas tecnologías aprovechando así, las fuentes energéticas con las que cuenta España, la creación de un organismo de control del PEN y de la demanda energética (LTS), defensa del consumidor y ecológica, que pretendía investigar la contaminación con unas medidas acordes con el objetivo de alcanzar el “trilema energético”¹⁷ (Costa-Campi, 2016). Finalmente, se optó por el abandono de la política compensatoria de precios, ya que esta generaba una ineficiencia energética y esto afectaba directamente, a la propensión marginal del consumidor, todo ello enmarcado en la segunda crisis del petróleo (Romero, 2001). En este año, el autoabastecimiento era del 27,7% y llegaría al 36,95% en 1982 (Galdeano Martínez, 1983), como se muestra en el gráfico 4.1.

En búsqueda de una mayor gestión estatal del sector, se creó en 1980 Aselétrica con las funciones de la ya citada RECA, la cual coordinaba la relación entre UNESA (la actual aelēc¹⁸) y el Estado, estableciéndose un periodo de regulación compartida, muy discutida por las empresas energéticas (Cuerdo Mir, 1999; Flores Jimeno y Santos Cebrián, 2015).

¹⁷ Trilema energético: término referido a la búsqueda de seguridad de suministro, sostenibilidad económica y ambiental, actualmente España ocupa el puesto 15 del Ranking según (World Energy Council, 2020, p. 12).

¹⁸ Aelēc: Asociación de Empresas de Energía Eléctrica.

4.1.3 El desarrollo de la planificación energética hacia un proceso de liberalización e integración europea

En búsqueda de dar solución al desequilibrio financiero y tras no lograr la puesta en funcionamiento del plan, el nuevo gobierno promulgó la implantación del PEN-83 que dio paso a un nuevo planteamiento centrado en el ahorro energético y la independencia del petróleo, que ya había sentado sus bases con una caída de 17,3Mtec en los tres años (Galdeano Martínez, 1983) que preceden al PEN con una vigencia hasta 1991 (Rabanal González, 2000), dentro del cual se firmará el Marco Legal Estable (MLE) que afectará directamente al sector eléctrico siendo una prioridad, ya que el derrumbe financiero hubiera dificultado el suministro eléctrico, al tiempo que se nacionalizó la red de transporte de alta intensidad y se creó la REE en 1985 (Costa-Campi, 2016).

**TABLA 4.3 INTENSIDAD ENERGÉTICA
DEMANDA FINAL/PIB TEP/MILLÓN \$1985**

| AÑO | ÍNDICE ESPAÑA | EFICIENCIA ENERGÉTICA |
|------|------------------|--------------------------|
| 1982 | 100 | 313.7 |
| 1983 | 97.2 | 304.9 |
| 1984 | 98.7 | 309.7 |
| 1985 | 95.7 | 300.1 |
| 1986 | 95.1 | 298.3 |
| 1987 | 93.6 | 293.8 |
| 1988 | 93.2 | 292.3 |
| 1989 | 93.5 | 293.5 |
| 1990 | 93.7 | 293.9 |

Fuente: Elaboración propia a partir de Cuerdo MIR (1999)

El Gobierno anuló la ampliación de la oferta energética, lo que conllevó a una mejor fijación de la demanda para intentar frenar el endeudamiento que se había generado. Se buscó la independencia del petróleo hasta lograr su descenso en un 11%, de 1982 a 1990, con centrales térmicas avivadas con carbón nacional, la producción de electricidad y en menor medida, la gasificación de la economía, que fue disminuyendo su intensidad energética¹⁹ gracias a la diversificación de la demanda por la apuesta por la idea de la

¹⁹ Intensidad energética: Se calcula dividiendo la demanda de energía entre el PIB del país. De este modo se puede saber cuántas unidades eléctricas hacen falta para producir cada unidad de PIB.

terciarización (distribución) de la misma (Costa-Campi, 2016), así como la disminución de las exportaciones de bienes industriales. Dicho proceso, generó una disminución de la eficiencia energética del 313,7 al 293,9 en el periodo que comprende el PEN-83 y la evolución de esta se observa en el tabla 4.1.3 sobre eficiencia energética (Cuerdo Mir, 1999).

Siguiendo con la línea planificadora, el PEN-91 con una vigencia hasta 2000, se empieza a planificar con el objetivo de lograr la eficiencia energética. El gobierno sigue en su postura contumaz con el intento fallido por conocer la demanda de energía y sus intentos por desacoplarse del uso del petróleo, generando el efecto contrario por la estructura de la demanda energética diversificada hacia el sector del transporte el cual es demandante de fuelóleo. Se da el inicio de una etapa que buscaba incentivar la autogeneración, así como la entrada de las energías renovables o la cogeneración en la “cesta energética”, siendo las unidades producidas por este tipo mejor pagadas (Azcárate y Mingorance, 1996; Cuerdo Mir, 1999).

Los esfuerzos en pos de la integración del sector llegaron de la mano de los Planes de Acción y Eficiencia Energética (PAEE), que daba cierta promoción de las energías renovables así como las eficientes como es el caso de la cogeneración, las cuales estaban pagadas a un precio superior al de las energías convencionales (Cuerdo Mir, 1999), siendo una fecha destacable la firma de este. De esta forma desacoplar el dogma que regía la idea de que para crecer hay que hacerlo vía intensidad energética, no obstante, en el caso español no es viable.

Por ello, con la entrada en el nuevo siglo se ajustó la producción de energía y al formar parte de la CECA, se cesó en la producción de carbón de las exploraciones menos rentables por lo que perdimos capacidad de autoabastecimiento, afectando esto negativamente a la balanza comercial energética. En la economía española para crecer, hacía falta una mayor demanda/consumo de energía como se vio con los esfuerzos realizados en los PAEE. Esto da lugar a que, concretamente en 1997, se firmara el protocolo de Kioto dando paso a una etapa con un carácter más concienciado con las GEI por el ahorro y la eficiencia (Rendón García, 2019).

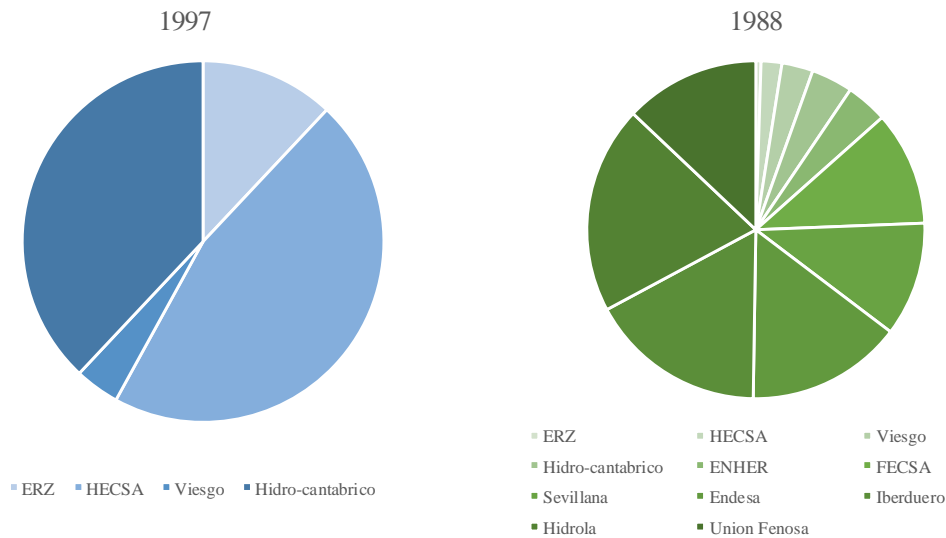
4.2 PESO DE LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA EN LOS PLANES DE ELECTRICIDAD

Una vez definida la planificación del sector energético, es preciso destacar que el subsector eléctrico es uno de los más importantes dentro del sector energético, ya que, por sus cualidades, la electricidad cumple las funciones de transporte, usos industriales, sector residencial (calorífico) y otros. Es por ello que es uno de los sectores que más se ha ido modulando a las necesidades de la sociedad en los últimos años del siglo pasado, y más en la actualidad, sobre todo por el proceso de electrificación que va a sufrir la economía española (Fernández Ordoñez, 2011).

Una de las primeras medidas para regular el subsector fue el (MLE), el cual fue desarrollado en el periodo de 1988 a 1997, y sus funciones/objetivos eran de ordenación tarifaria integral, fijando esta con el principio de cubrir los costes al mismo tiempo que cubriría un margen de beneficio razonable para garantizar la estabilidad del sector, incluyendo los costos de cuatro actividades y así añadir seguridad de retribución a las inversiones realizadas a largo plazo (Garrués Irurzun, 2016). Esto hizo que se lograra la búsqueda de eficiencia con el objetivo de situar sus costes por debajo de la tarifa marcada y como consecuencia, lograr una estabilidad de precios a la baja (Flores Jimeno y Santos Cebrián, 2015). Esta medida provocó que, para solventar el bache económico, se realizara una concentración de capitales (empresas), como se puede ver en el gráfico 4.6, lo que cambió por completo el mercado eléctrico.

Endesa pasó a controlar a la empresa sevillana, FECSA, ENHER, ERZ y Viesgo. Además, se creó Iberdrola con la asociación de Iberduero e Hidroeléctrica así como la creación de Unión Fenosa, mediante la reunión de capitales de Unión Eléctrica y Fuerzas Eléctricas, creando un nuevo marco de gestión eléctrico español (Costa-Campi, 2016). Si bien hay autores como Garrués, J. que critican como se hizo el MLE señalando que se le dió a cada empresa, lo necesario para solventar su situación financiera, y no se realizó mediante un modelo que incentivó la eficiencia y en post de la competitividad (Garrués Irurzun, 2016). Esta situación logro una mejora en la competitividad ya que la cuota de la principal empresa generadora de electricidad pasará del 51.8% en 1999 a tan solo un 24.5% (García-Álvarez y Moreno, 2016).

GRÁFICO 4.6 ESTRUCTURA DE LA CAPACIDAD INSTALADA POR EMPRESAS 1988 VS 1997



Fuente: Elaboración propia a partir de M^a Teresa Costa Campi (2016).

El MLE era un primer paso para la liberalización del sector eléctrico y su integración en el mercado eléctrico europeo, mercado dictado conforme la Directiva 96/912CE y cuya repuesta fue en forma de ley mediante la Ley 54/1997 (LSE). Esto dará inicio al proceso de liberalización e integración del sistema eléctrico, al mismo tiempo que emana una creciente preocupación por el cambio climático y por ello, se estableció que garantizarían el suministro eléctrico de calidad y a bajo costo, añadiendo la preocupación climática, marcando el camino para alcanzar el “Trilema energético” (Garrués Irurzun, 2016). El marco del proceso liberalizador consistió en la separación de las actividades que conforman el sector eléctrico, así como el fin de la planificación centralizada, cerrando el proceso con la liberalización de la última empresa pública (ENDESA) dando paso a una transición eléctrica (Flores Jimeno y Santos Cebrián, 2015).

El proceso de integración eléctrica fue, hasta cierto punto, exitoso con la creación del *spot* eléctrico formado por el mercado diario de Portugal y España, de esta forma se creó el MIBEL, un mercado diario eléctrico que aumentó la competencia del sector, con la correlativa fijación de un precio común (Costa-Campi, 2016).

La estructura que conocemos a día de hoy, ha sido creada a partir de regulaciones nacionales y/o europeas que conformaron el mercado eléctrico para lograr un sector más competitivo, en la búsqueda del “Trilema energético”. Según esto, hay que comprender al sector eléctrico como un engranaje de relación vertical y horizontal formado por cuatro

actividades diferenciadas según (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f.-a):

- **Generación energética:** Según el Ministerio de Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO), se entiende por generación “a la producción de energía eléctrica”, la cual es una actividad liberalizada. Definiendo este concepto de una forma más extensiva, se trata de una actividad que emplea tanto fuentes de energía primaria (petróleo, gas natural, biomasa, energía eólica y solar, entre otras) para ofrecer un servicio como es la electricidad o bien mediante la transformación de la misma en energías secundarias para sus diferentes usos. Además, es un sector demandante de grandes cantidades de inversión para su puesta en funcionamiento, y a su vez, se beneficia de las economías de escala y de las barreras de entrada como son: (grandes instalaciones generadoras, las primas de las renovables o la concentración del mercado mayorista, entre otras). Por sus cualidades, no permite un fácil almacenamiento al tiempo de que a las instalaciones no se las puede dar otro uso, con indiferencia de que sean renovables o no renovables. Hay que destacar que estas últimas, tienen un factor muy dependiente del exterior con es el caso de España. y las primeras tiene un factor muy determinado por el clima (Fernández Ordoñez, 2011; Lázaro Touza, 2020).
- **Transporte:** Consiste en la transmisión de la energía eléctrica generada por la actividad anterior hasta los puntos de distribución. En España, contamos con una red de alto voltaje que funciona a 380KV y otra red de transporte secundario a 220KV, ambas gestionadas por la Red de Eléctrica de España (REE).

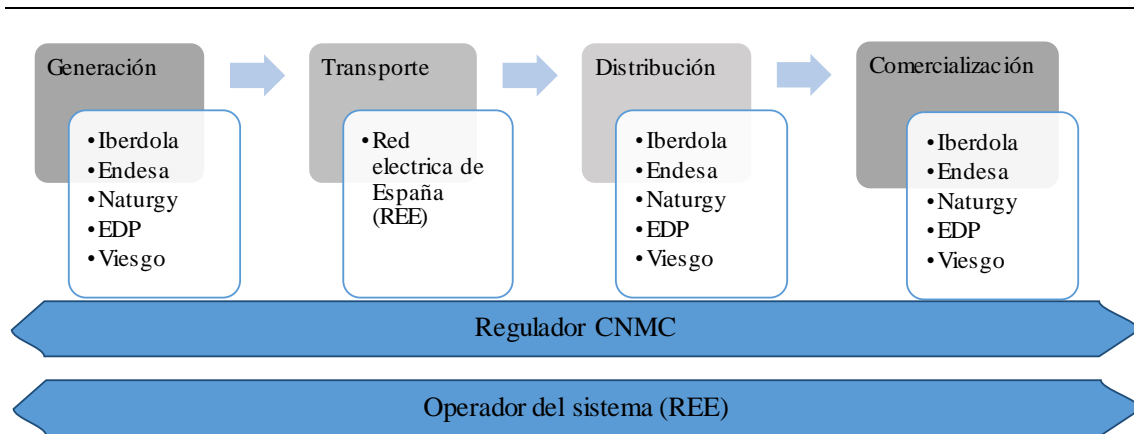
Es una actividad considerada como monopolio natural por su característica de economía de escala, lo que hace que su eficiencia aumente, siendo inviable el duopolio o cualquier estructura que incorpore más agentes al sector; además se encuentra regulada mediante peajes de acceso y cargos (Flores Jimeno y Santos Cebrián, 2015).

- **Distribución eléctrica:** Es una actividad que realiza la interconexión entre la de transporte y los consumidores. También se trata de una actividad regulada ya que cuenta con peajes de acceso a la red, y vienen asignadas la compañía distribuidora según la zona geográfica de España (Rodríguez Romero, 1999).
- **Comercialización:** Es la última actividad del sector energético, tiene la función de conectar a los consumidores con la red de transporte y distribución. Se trata de una

actividad liberalizada desde la entrada en vigor Ley 54/1997 (Mendoza y Carmen, 2015).

En la figura 4.2, se muestra de forma detallada el organigrama del Sector Energético Español y los entes reguladores del mismo:

FIGURA 4.1 ESTRUCTURA DEL SECTOR ENERGÉTICO ESPAÑOL



Fuente: Elaboración propia a partir de (Energía y Sociedad, 2021).

4.3 EL SUBSECTOR ELÉCTRICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Una vez establecidos los cambios que han dado lugar al sector energético y subsector eléctrico por la planificación centrada conforme al “trilema energético” como son: la competitividad (accesibilidad al suministro eléctrico) así como garantizar el suministro energético y respetar el medio ambiente (World Energy Council, 2020), hay que resaltar que este proceso, que ya ha empezado, va hacer que el sector eléctrico cobre relevancia por el proceso de electrificación de la economía española, ya que tiene múltiples usos, es por ello que según el estudio realizado por “*Economics for Energy*”, para España se esperan unas tasas mayores de electrificación para el 2030-2050 como se observa en la tabla 4.4.

Observando los datos, es clara la estrategia que va a seguir España en cuanto a descarbonización (Linares y Declercq, 2017), dicho proceso se explicará de una forma más detallada a lo largo del trabajo.

Por ello observando las previsiones, es importante que el origen del insumo no dependa de recursos limitados garantizando así el cumplimiento de una producción neutra en carbono (Bejerano Batalla y Jové-Llopis, 2019).

**TABLA 4.4 GRADO DE ELECTRIFICACIÓN
DE LA DEMANDA POR SECTORES**

| SECTOR | 2030 | 2050 |
|-------------|------|------|
| RESIDENCIAL | 68% | 74% |
| SERVICIOS | 51% | 100% |
| INDUSTRIA | 34% | 34% |
| TRANSPORTE | 5% | 79% |

Fuente: Escenarios para el sector energético en España: 2030 – 2050 según Linares y D. Declercq (2018).

Antes de hablar del proceso, cabe resaltar que la transición energética consiste en un cambio de la matriz productiva eléctrica, es decir, el cambio del origen de la energía que ya ha ocurrido a lo largo de la historia con la entrada del carbón o del petróleo como motor de la economía, en este caso, se trata de la transición hacia las energías limpias (Linares, 2018).

Los cambios que va a traer dicha transición, se contemplan en el plan denominado “transición justa”, la cual busca mitigar el cambio climático al tiempo que se maximizan los beneficios de la transición y se reduce la huella del carbono y el impacto de la desindustrialización de las zonas mineras, es por ello que el informe se centra en las mismas (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f.-b).

Si bien hay destacar, que toda gran revolución según la Teoría de Jevons, va a traer consigo una paradoja del efecto rebote, ya que una tecnología empleada en un proceso va a generar un aumento del consumo de energía, paralelo al ahorro que genera dicha tecnología (Alcott, 2018), por ello, a la hora de planificar la transición energética se está teniendo en cuenta que la capacidad de generación sea mayor que la demanda real por si se produce ese efecto rebote y no se detenga la economía, ya que las energías renovables están sometidas a un supuesto que no controlamos que es el clima, por ello se está acompañando el proceso con el respaldo del uso de energía nuclear (tradicional o el proyecto Tokamak), cogeneración mediante gas o bien el uso calderas de sales fundidas (Marqués y Saenz de Ormijana, 2019).

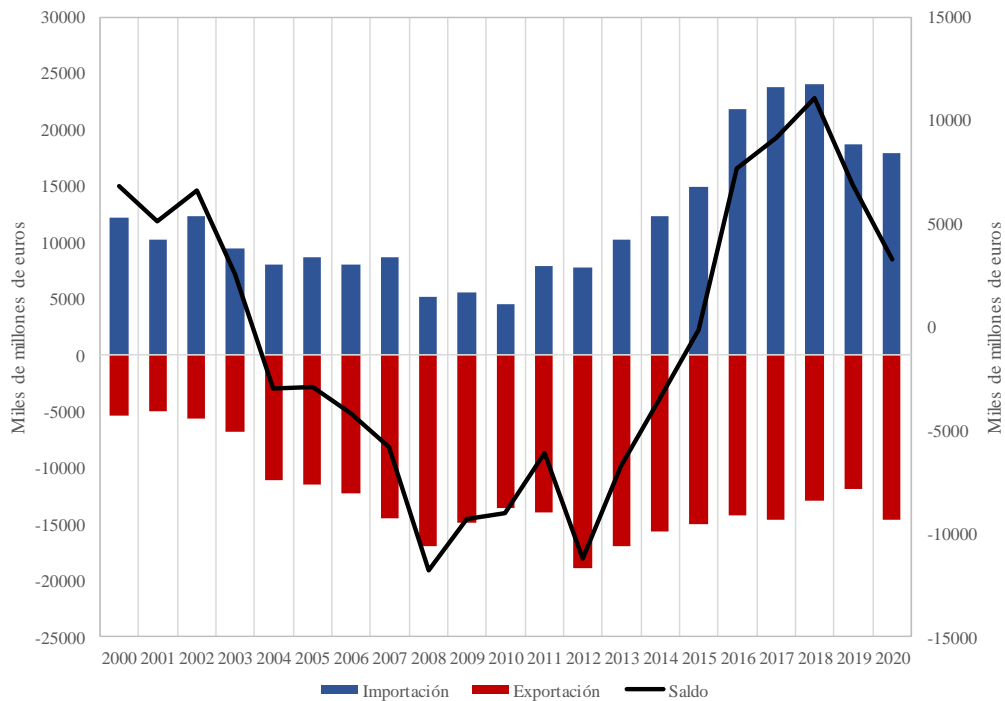
El motivo principal que ha impulsado la transición es el objetivo del control sobre los Gases de Efecto Invernadero (GEI). Una alternativa viable y palpable es la autogeneración y uno de los primeros pasos en esta línea fue la supresión del Real Decreto Ley 15/2018, por la cual se elimina “el impuesto al sol” (Jefatura del Estado, 2018), ya que según un estudio realizado Ribó-Pérez, se ha demostrado que incluir unidades de autogeneración, en un mercado como es el eléctrico, que se caracteriza por ejercer una presión oligopolista, hace que éste sea un mercado imperfecto, por lo que según el estudio se demuestra que al añadir nuevas unidades, éstas entran afectando en detrimento a las comercializadoras/generadoras, porque disminuye su demanda, manteniendo el mercado bajo las condiciones de “ceteris paribus” (Ribó-Pérez *et al.*, 2019).

A nivel estatal, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITERD) planteó modificaciones en el sector energético para aprovechar los avances tecnológicos. Es por ello, que plantea diferentes formas de almacenamiento energético como la turbinación por bombeo con tasas de eficiencia del 80% a la par que inversiones en potencia renovables sustentando así la transición energética (Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, 2021b).

5. CONTRIBUCIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES A LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD

La predisposición europea con respeto a lograr mitigar el cambio climático es clara, en pos de lograr una economía hipocarbónica para 2050 (Bejerano Batalla y Jové-Llopis, 2019), para ello es preciso fijarse en las señales del mercado, este apartado se estructura en torno a los indicadores de oferta y demanda del sector eléctrico. Siendo parte importante de este mercado las relaciones en términos de exportaciones e importaciones por lo que, se puede observar en el gráfico 5.1 los flujos que establece el sector eléctrico con sus países fronterizos.

Se observa como la tendencia exportadora del país ha cambiado de signo a partir de los años 2015, esto es debido a las importaciones desde: Francia, Portugal y Marruecos manteniéndose así hasta el último dato que tenemos disponible (Red Española de Electricidad, 2017).

GRÁFICO 5.1 BALANZA COMERCIAL DEL SECTOR ELÉCTRICO

Fuente: Elaboración propia a partir de Red Española de Electricidad (2020).

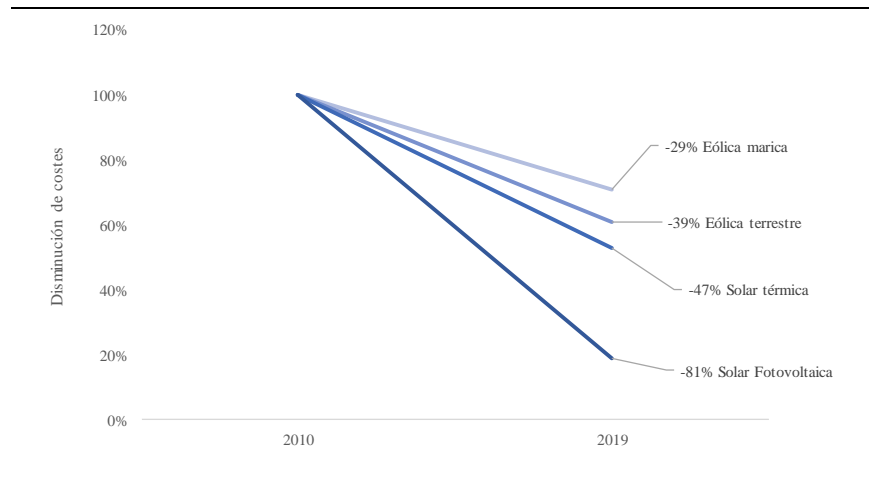
El sector eléctrico guarda una peculiaridad, ya que funciona por el mecanismo “*day ahead market*”²⁰ en la que entran en juego los demandantes y ofertantes que negocian el día previo, con el objetivo de mantener en equilibrio el “*pool eléctrico*” (Flores Jimeno y Santos Cebrián, 2015). Siguiendo con el conjunto de premisas que verifican la importancia del sector eléctrico, vamos a hablar, de las externalidades negativas comprendidas como emisiones de GEI ya que afecta al funcionamiento del mercado, las cuales vienen reguladas por ETS (dicho mecanismo, busca una fijación de precios reales que incluyan los costes ambientales a la ecuación de producción (García-Álvarez y Moreno, 2016)).

Es por ello que, tomando como ejemplo los datos que nos proporcionan SEDENCO2, el precio por emitir para el mes de junio de 2021 fue de 56,53€ *European Allowances Units* (EAU) precio de los derechos de emisiones, (SEDENCO2, 2021) dicha base de datos nos servirá para calcular el ahorro en términos de CO₂ y monetario que ofrece el hacia la energía renovable.

²⁰ “*Day ahead market*”: mercado de día por delante.

Esta cuantía varía según la demanda de los mismos, buscando así incentivar la innovación y la eficiencia, de esta manera que ocupan una situación de preferencia de mercado (Linares y Declercq, 2017).

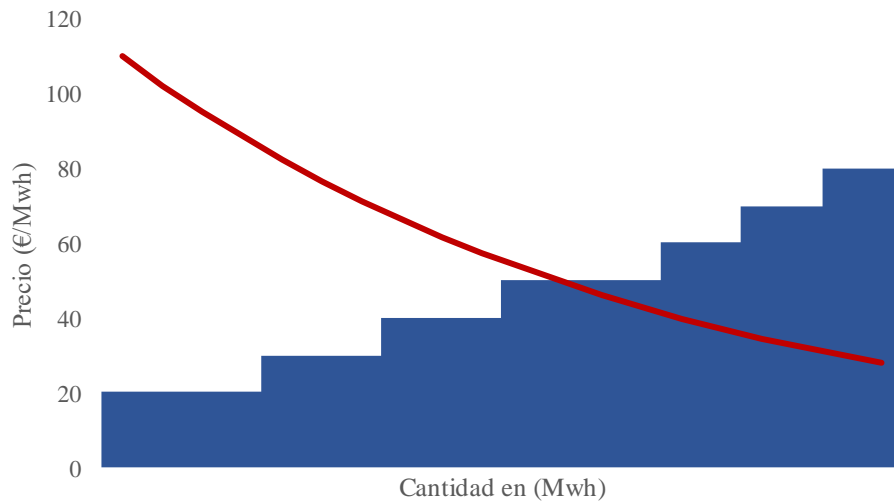
GRÁFICO 5.2 EVOLUCIÓN DE LOS COSTES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE DESDE 2010



Fuente: Elaboración propia a partir de IRENA (2020).

Para comprender el funcionamiento de un mercado es preciso estudiar la función de costes del mismo, por ello el estudio de (Ueckerdt *et al.*, 2013), evaluado mediante otro mecanismo vía “*Levelized Cost of Energy*” (LCOE) de las energías renovables, que agrega costes de integración de externalidad negativa, como son los costes de emitir GEI, así como costes estructurales o para aproximar mejor una comparativa entre energía convencional y renovable. Además, según los gráficos de los LCOE, fuente de energía que nos proporciona *International Renewable Energy Agency* (IRENA), se puede afirmar que la energía renovable tiene unos costes de producción muy inferiores a los de hace 10 años, la disminución ha seguido unas tasas de más del 29% en la eólica marina (International Renewable Energy Agency, 2020) como se puede observar en el gráfico 5.2.

Una vez fijado la distinción entre las diferentes fuentes de energía en cuestión del precio del kw/h, así como del coste en términos de emisiones, se puede aproximar la idea del funcionamiento de este en la siguiente figura 5.1.

FIGURA 5.1 CURVA DE OFERTA Y DEMANDA DEL MERCADO ELÉCTRICO

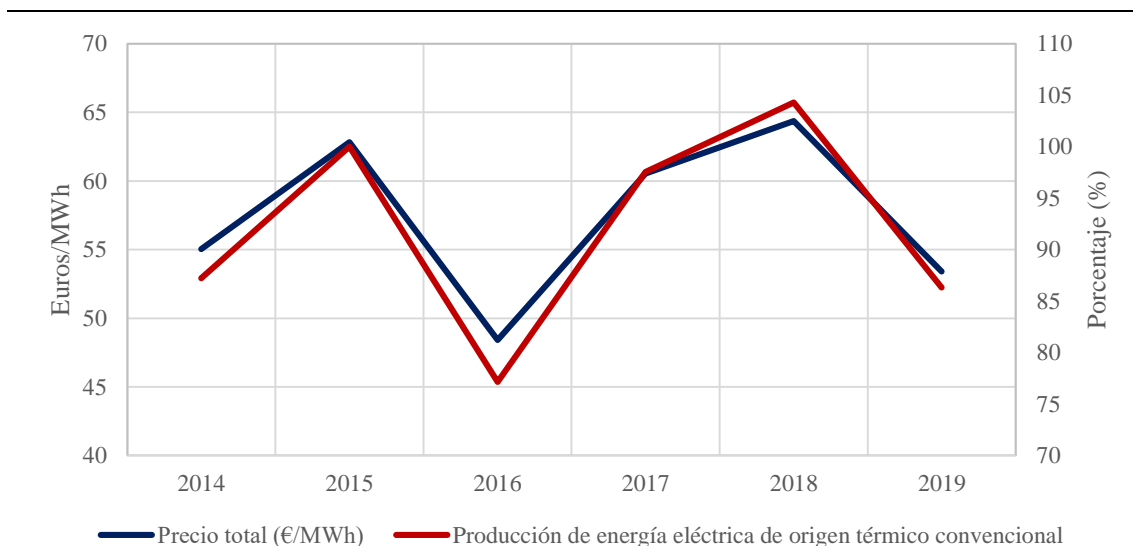
Fuente: Elaboración propia a partir de Pacce, M. (2021).

A razón de la figura según defienden algunos autores como Pacce, M. *et al.* en el informe del Banco de España (BDE) y Moreno, B. y García- Álvarez, M^a., en el mismo, se establece la jerarquía de las diferentes las unidades de energía a la hora de satisfacer la demanda de input eléctrico siendo la razón del orden el coste marginal. Debido a esto, las primeras unidades que entran son las de producción nuclear, fotovoltaica, hidráulica y eólica que como se pudo ver en la figura 5.1. En los últimos diez años han logrado ser cada vez más baratas y eficientes que sus competidores contaminantes (International Renewable Energy Agency, 2020), las siguientes entran a razón de su eficiencia siendo estas ciclo combinado, cogeneración o carbón, las ultimas de esta lista corresponden al fueloil u otras actividades obsoletas, es por ello que el coste final aumenta cuando la cantidad demandada es superior a la cantidad ofertada en términos renovables, por ello el interés por integrar unidades renovables es cada vez mayor, por sus avances en eficiencia (García-Álvarez y Moreno, 2016; Pacce *et al.*, 2021).

El equilibrio en la oferta y la demanda se alcanza en el precio, siendo este fijado a razón de las unidades de electricidad que se demanden y se oferten en el mercado, a partir de esta premisa se puede observar como el precio de la electricidad y el de la producción de energía eléctrica de origen térmico convencional, siguen el mismo ciclo-tendencia para los años de estudio como se puede observar en el gráfico 5.3.

Esto es debido, a que la oferta total de energía renovable o eficiente no cubre el 100% de la demanda por ende las unidades de carbón térmico, entran a formar parte de la cesta eléctrica tirando el precio de esta al alza, representándose así en *mix eléctrico* más elevado.

GRÁFICO 5.3 PRECIO TOTAL ENERGÍA EUR/MWH



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE y REE.

5.1 INDICADORES ENERGÉTICOS DE OFERTA

Una vez comprendido el conjunto de actividades que entra en juego a la hora de negociar la producción de electricidad. Siendo crucial la planificación de la producción ya que, por sus cualidades, no permite su almacenamiento, salvo en el caso que se realice en vectores energéticos²¹ (Flores Jimeno y Santos Cebrián, 2015).

Por lo tanto, es preciso determinar el conjunto de actividades que forman sector eléctrico que está compuesta por un entramado de 14 actividades: (Hidráulica, Turbinación por bombeo, Nuclear, Carbón, Fuel + Gas, Ciclo combinado, Hidroeléctrica, Eólica, Solar Fotovoltaica, Solar Térmica, Otras renovables, Cogeneración, Residuos no renovables y Residuos renovables “biomasa”) (Red Eléctrica de España, 2021b). Debido a la escasa relevancia de algunas de ellas y a las similitudes con respecto a su procedencia, se han procesado los datos mediante un proceso de agrupación o reordenación de los mismos,

²¹ Se entiende por vector energético, al proceso de almacenamiento de electricidad, en momento de exceso de oferta (Cebulla *et al.*, 2018).

dando como resultado un total de ocho actividades, dicha transformación aparece reflejada en la tabla 5.1.

**TABLA 5.1 COMPOSICIÓN DEL MIX ENERGÉTICO
PARA EL CASO DE ESTUDIO**

| TIPO DE ENERGÍA | TECNOLOGÍA |
|-----------------|------------------------|
| RENOVABLE | Hidráulica |
| | Turbinación por bombeo |
| | Hidroeléctrica |
| | Eólica |
| | Fotovoltaica |
| | Solar térmica |
| | Biomasa |
| | Otras renovables |
| NO RENOVABLE | Nuclear |
| | Carbón |
| | Fuel + Gas |
| | Cogeneración |
| | Ciclo combinado |
| | Residuos no renovables |

Fuente: Elaboración propia.

En resumen, la reestructuración de las actividades dio como resultado:

- Hidráulica comprende las actividades (Hidráulica, Turbinación por bombeo e Hidroeléctrica).
- La generación nuclear compuesta por ella misma.
- La producción eléctrica con origen en el carbón.
- La agrupación que forma el ciclo combinado está constituida por (Ciclo combinado, residuos renovables y no renovables).
- Eólica compuesta íntegramente por ella misma.
- La cogeneración la compone exclusivamente por sí misma.
- La generación fotovoltaica la componen la solar fotovoltaica y la térmica.
- Por último, otras energías están compuestas por el valor residual de otras renovables y Fuel + Gas.

Una vez establecidas las actividades que integran la oferta que van a formar parte de nuestro modelo de estudio, es necesario conocer la participación de cada una de ellas dentro del *mix eléctrico*. Para ello, recopilamos los datos de su estructura de generación

que nos proporciona la REE, dando así una tabla 5.2. en la cual, aparece la ponderación de cada una de las actividades.

TABLA 5.2 INDICADOR DE OFERTA DEL SECTOR ELÉCTRICO

| CÓDIGO NACE | PRODUCTO | PARTICIPACIÓN | TIPO DE CONTAMINACIÓN |
|-------------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| P24.1 | HIDROELÉCTRICA | 8.12% | Renovable |
| P24.2 | NUCLEAR | 21.75% | Residuos Nucleares |
| P24.3 | CARBÓN | 17.63% | En el proceso de generación |
| P24.4 | CICLO COMBINADO | 15.88% | En el proceso de generación |
| P24.5 | EÓLICA | 18.76% | Renovable |
| P24.6 | COGENERACIÓN | 11.05% | En el proceso de generación |
| P24.7 | FOTOVOLTAICA | 5.38% | Renovable |
| P24.8 | OTRAS ENERGÍAS | 1.41% | En el proceso de generación |
| Total | | 100% | |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de REE (2021).

5.2 INDICADORES ENERGÉTICOS DE DEMANDA

El vector estudiado por el lado de la demanda difiere del de la oferta ya que para el mismo entra en juego el factor exterior, ha sido preciso, tener en cuenta que no toda la electricidad que se consume a nivel nacional tiene su origen en el territorio nacional, ya que la economía española importa un total de 15.149 Gwh, de los cuales, el 82% tienen su origen en Francia, mientras que el resto, un 18%, provienen del país Luso (Red Española de Electricidad, 2017).

Para el ajuste de las importaciones con respecto al *mix eléctrico* nacional fue necesario poner en común una estructura eléctrica entre los países, de esta forma conocer cómo variaba la estructura de demanda española al incluir unidades del exterior como se puede observar en la tabla 5.2 donde el vector resultante corresponde a la oferta de la economía española que emplearemos para la estructuración de la SAM con la “A24” (*Electricidad, gas, vapor y aire acondicionado*), desagregada en 8 actividades, que se ven afectadas por la estructura de generación portuguesa, para la cual el principal tipo de generación tiene origen en gas natural (International Energy Agency, s. f.), mientras que para el caso francés tiene un gran peso la producción nuclear de energía (Réseau Transport d’Électricité, 2017). Esto hace que del total de energía que se consume en España sea renovable el 31,61%, mientras que no renovable es el 45,27%, siendo, el 23,12% de origen nuclear.

TABLA 5.3 INDICADOR DE DEMANDA DEL SECTOR ELÉCTRICO

| | TECNOLOGÍA | IMPORTACIONES | ESTRUCTURA DE GENERACIÓN PORTUGAL | ESTRUCTURA DE GENERACIÓN FRANCIA | INDICADOR DE DEMANDA |
|-------|-----------------|---------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| A24.1 | HIDRÁULICA | 204.63 | 3.34% | 9.83% | 8.14% |
| A24.2 | NUCLEAR | 1377.80 | 0.00% | 71.05% | 23.12% |
| A24.3 | CARBÓN | 79.36 | 6.41% | 2.71% | 17.10% |
| A24.4 | CICLO COMBINADO | 525.47 | 83.81% | 9.04% | 16.12% |
| A24.5 | EÓLICA | 107.48 | 5.35% | 4.39% | 18.24% |
| A24.6 | COGENERACIÓN | 26.44 | 0.56% | 1.24% | 10.68% |
| A24.7 | FOTOVOLTAICA | 34.96 | 0.43% | 1.71% | 5.24% |
| A24.8 | OTRAS ENERGÍAS | 0.86 | 0.09% | 0.02% | 1.36% |
| | TOTAL | 2357 | 100.00% | 100.00% | 100.00% |

Fuente: Elaboración propia Red Eléctrica de España (2021).

6. ENERGÍAS RENOVABLES Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

6.1 EL PAPEL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE Y LA ESTRATEGIA EUROPEA

El sector de las energías renovables juega papel imprescindible a nivel económico, como mecanismo para lograr una mayor independencia del exterior, diversificar el *mix energético*, así como reducir la huella ecológica del sector eléctrico (Vázquez *et al.*, 2014). ya que éste es un insumo crucial dentro de las funciones de producción y forma parte de los objetivos del trilema energético.

Este breve apartado, se va tratar de explicar las implicaciones políticas y/o ambientales de las energías renovables, con el objetivo de alcanzar un mejor indicador de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) o (SDG) por sus siglas en inglés “*Sustainable Development Goals*”, con el objetivo de lograr la neutralidad en 2050. Siendo estos SDG un total de 17, de los cuales el sector de las energías renovables se ve implicado en 9 de ellos:

- 7-Energía asequible y no contaminante.
- 8-Trabajo decente y crecimiento económico.
- 9-Industria, innovación e infraestructuras.
- 11- Ciudades y comunidades sostenibles.
- 12-Producción y consumo responsables.
- 13-Acción por el clima.

- 15-Vida de ecosistemas terrestres.
- 17-Alianzas para lograr los objetivos.

Todos ellos enmarcados en la Agenda 2030 (Gregorio, 2020; Naciones Unidas, 2020; Red Eléctrica de España, 2020a).

Es por ello, que el motivo de este epígrafe evaluar los esfuerzos de las medias tomadas con el propósito de mitigar el cambio climático, que tiene su origen en acciones antropogénicas de las diferentes actividades económicas (Lázaro Touza, 2020). Los esfuerzos se centran en la reducción de emisiones, conforme a los diferentes acuerdos tales como el Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París que recogen la importancia de controlar las emisiones hacia la atmósfera (Alcántara Escolano, 2019; Naciones Unidas, 1998).

A razón de dicha preocupación, se dio comienzo a una Revolución Verde, englobada en el marco de la Agenda 2030, de este modo en Europa se ha fijado la meta de lograr un crecimiento sustentable (European Commission, 2019; Lázaro Touza, 2020). El punto de partida es claro, un proceso de integración y transformación de la corriente de consumo de la sociedad, a través del cambio del modelo económico. Esto daría lugar a la transformación de la “matriz productiva” enfocado en una transformación de los factores productivos convencionales, por una energía primaria renovable, lo que se trasladaría en una mayor independencia energética (Sevilla Jiménez *et al.*, 2013).

La idea es clara, lograr un desarrollo de acuerdo al Plan de Acción Urgente 2019-2021 dentro de la Transición justa, creando polos de empleo verdes, mediante planes de reinserción de los afectados por el cierre de empresas térmicas o nucleares (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s. f.-b) (7, 8, 9, 11, 12, 13 y 17).

Del mismo modo, según el estudio de Gonzalez-Eguino muestra como el aumento del PIB con las medidas en pos de lograr la descarbonización van a crear 1.7 % de empleo neto lo que en cifras corresponde a un baremo de entre 253.000 y 348.000 personas/año muy afín con el ODS (González-Eguino *et al.*, 2019) (9,8 y11).

La apuesta de la UE “LTS”, es hacer frente al cambio climático causado por las emisiones de GEI, y la alternativa es clara, ya que ha puesto sobre la mesa todo un entramado de medidas que apuestan por las energías renovables las cuales se espera que atraigan 180.000 millones de euros adicionales de inversión (BOE, 2021), a la cual se le han sumado esfuerzos como son los proyectos de captación y almacenamiento del CO₂ en yacimientos de combustibles fósiles abandonados o en el mar, como se explicó en el

Informe 5 del IPCC, por ello es importante invertir en sumideros de CO₂ “UTCUTS” (Metz *et al.*, 2005), para aunar fuerzas y lograr ser la primera zona neutra en emisiones de carbono (LCE).

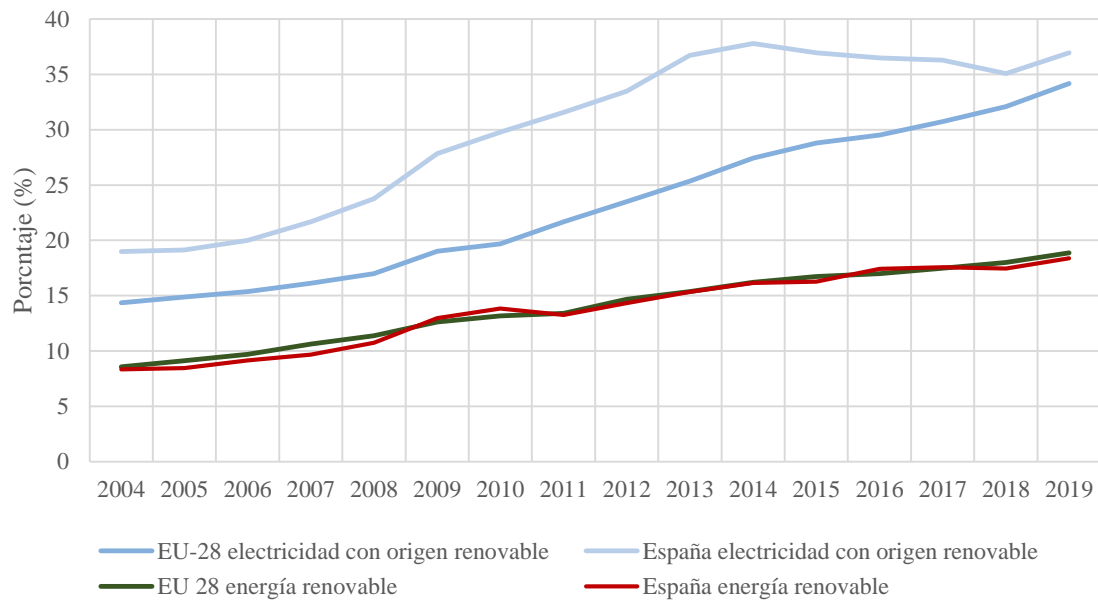
Esto es palpable en su participación activa como eje de la Revolución Verde Global. La Unión se ha marcado unos plazos para conseguir el cumplimiento de las “*Contribución Determinada a nivel Nacional*” por sus siglas en inglés NDC (*Nationally Determined Contribution*) con una fecha límite de 2030 para lograr (European Commission, 2020; González-Eguino *et al.*, 2019):

- Reducción de las emisiones con respecto a 1990 en un 55% o al menos en 40% en los diferentes sectores económicos, sin que exista ningún tipo de concesiones (BOE, 2021).
- Un 32% energía renovable sobre el consumo total de energía.
- Conseguir una mayor eficiencia energética del 32.5%, así como una mayor interconexión eléctrica entre los Estados miembros (Lázaro Touza, 2020; Rendón García, 2019).
- La preocupación por lograr un consistente trilema energético es manifiesto, así como alcanzar la meta de ser la primera zona libre de carbono (European Commission, 2019).

Si bien la situación actual según los datos que nos proporciona Eurostat, está lejos de esta meta impuesta ya que en el gráfico 6.1, aparece la situación detallada de alguno de esos objetivos.

Se puede apreciar la tendencia que han seguido los indicadores, persigue el logro de los objetivos marcados, pero estamos en el ecuador de los mismo ya que el origen de la energía para el caso español es de 18,77%, lo que quiere decir que estamos a 13% de alcanzar nuestra meta para 2030. La misma situación se repite para el caso EU-28 ya que su cifra es de 18.36% (European Commission, 2020) .

Otro indicador del desarrollo, en pos de la transición eléctrica es la cifra española de 36.95% de electricidad renovable, frente al 74% marcado por el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) (González-Eguino *et al.*, 2019).

GRÁFICO 6.1 PROPORCIÓN DE ENERGÍA PROCEDENTE DE FUENTES RENOVABLES

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Eurostat (2021).

Estos objetivos siguen la línea del cumplimiento de los SDG (7,8,9,13,17). Por ello, la UE se ha marcado una hoja de ruta con el objetivo de “*Low Carbon Economy*” (LCE) para Europa (Martínez *et al.*, 2016).

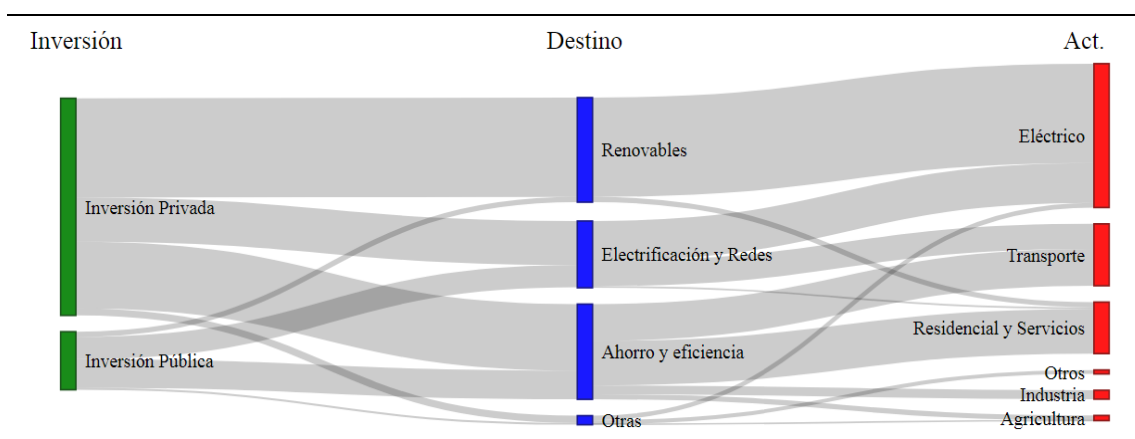
Una vez establecidos los plazos marcados para la Agenda 2030 y los plazos que se han puesto a nivel nacional como europeo, es crucial evaluar si las palabras se han convertido en hechos.

Tal y como se muestra en los datos del Eurostat “*Share of energy from renewables sources*”, la situación de partida es diferente en los países europeos destacando el buen hacer de los países del norte del continente europeo, los cuales superan con creces el objetivo fijado por la UE en el Marco del 20/20/20, del que subyace el 20% de energía con origen renovable situándose el máximo en 78.2% y 73.7% para Islandia y Noruega, datos muy favorables si se comparan con las cifras españolas de 18.4%, lejos del objetivo marcado (Eurostat, 2021b).

El objetivo final es compartido para lograr LCE en el conjunto de la UE, por ello todos los países están lanzando planes de actuación ya que el cambio climático no diferencia de territorios para mostrar sus efectos. Se da así una buena imagen de la predisposición de Europa a cumplir con los SDG (7,8,9,11,12,13,17).

Una vez marcada la situación de partida a nivel comunitario, el contexto a nivel nacional sigue la misma trayectoria, por la cual se han marcado tres pilares que sientan las bases para el Marco Estratégico de Energía y Clima: PNIEC, la Ley del Cambio Climático y Transición (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020b; Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico, 2019).

FIGURA 6.1 FLUJO DE INVERSIONES TOTALES DEL PNIEC 2021-2030



Fuente: Elaboración propia a partir de PNIEC (2020)

Como se observa en el gráfico elaborado por González-Eugenio *et al*, los flujos van a ir encaminados en la electrificación y propagación de la energía renovable acorde a los SDG, es por ello, que se prevé una fuerte inversión por parte del sector público en un montante de 50.908 millones de euros, atrayendo de este modo, una inversión de 190.511, ambas cantidades van a ir encaminadas en la electrificación del sector transporte en un 22,49% , como puntos de carga de coches eléctricos, la eficiencia en el consumo de electricidad del sector residencial y servicios en un 18,72%, siendo la mayor parte de la inversión objetivada en el sector eléctrico que absorbe el 52,4% del total (González-Eguino *et al.*, 2019).

Estas ideas se pueden ratificar en la siguiente tabla 6.1. extraída del informe publicado en “*Economics for Energy*” por Linares, P y Declercq, D., en el cual pronostican las cifras de electrificación para los diferentes sectores en las fechas fijadas de 2030 y 2050, del mismo modo pronostica la introducción de mayor potencia de energías renovables para cubrir este aumento en la demanda que se espera suceda con el abandono de los combustibles convencionales (Linares y Declercq, 2017).

TABLA 6.1 GRADO DE ELECTRIFICACIÓN DE LA DEMANDA POR SECTOR

| GRADO DE ELECTRIFICACIÓN DE LA DEMANDA POR SECTORES | 2030 | 2050 |
|---|------|------|
| RESIDENCIAL | 68% | 74% |
| SERVICIOS | 51% | 100% |
| INDUSTRIA | 34% | 34% |
| TRANSPORTE | 5% | 79% |
| DEMANDA TWH | 274 | 443 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (Linares y Declercq, 2018).

Se puede extraer conclusiones parejas de la inversión del PNIEC y la simulación de Pedro Linares, ya que es evidente que los esfuerzos han de ir acorde a los sectores más contaminantes por ello la importancia de electrificar el sector transporte ya que a día de hoy es uno de los más contaminantes y más dependientes de combustibles fósiles (Ruiz Galdón *et al.*, 2016).

6.2 DESCARBONIZACIÓN, ENERGÍAS RENOVABLES Y EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO

Una vez hablado de la estrategia de inversión que se va a seguir España con la finalidad de alcanzar una transformación eléctrica que sustente un sistema de producción cero emisiones y desarrollo sostenible, es preciso hablar de los gases de efecto invernadero que tan de actualidad están y por ellos que forman parte del núcleo de este estudio.

Según la clasificación fijada en el Protocolo de Kioto, los GEI hacen referencia a un conjunto de gases nocivos que tienen su origen en actividades antropogénicas siendo estos: (CO₂ Dióxido de carbono, CH₄ Metano, N₂O Óxido nitroso, HFC Hidrofluorocarbonos, PFC Perfluorocarbonos y SF₆ Hexafluoruro de azufre) (Naciones Unidas, 1998), los cuales contabilizados según cruzados con las emisiones de cada origen de la electricidad con las Cuentas Ambientales ya que son cruciales para la composición de la parte ambiental del modelo SAMEA.

Para ello, hay que establecer que el objetivo a lograr es reducir las emisiones en un 55% con respecto a 1990 para el 2030 según España, y la neutralidad para el año 2050 (BOE, 2021).

El objetivo es claro en relación a la disminución de las Mt CO₂eq²², la situación de España era optima ya que en 1998 se nos permitía aumentar nuestras emisiones en 15% mientras que a la UE le aconsejaban reducirla. Lejos de cumplir el trato que establecía el Protocolo de Kyoto superamos la cifra de emisiones alcanzando 53.5% más de lo que teníamos en 1990 (Alcántara Escolano y Padilla Rosa, 2010).

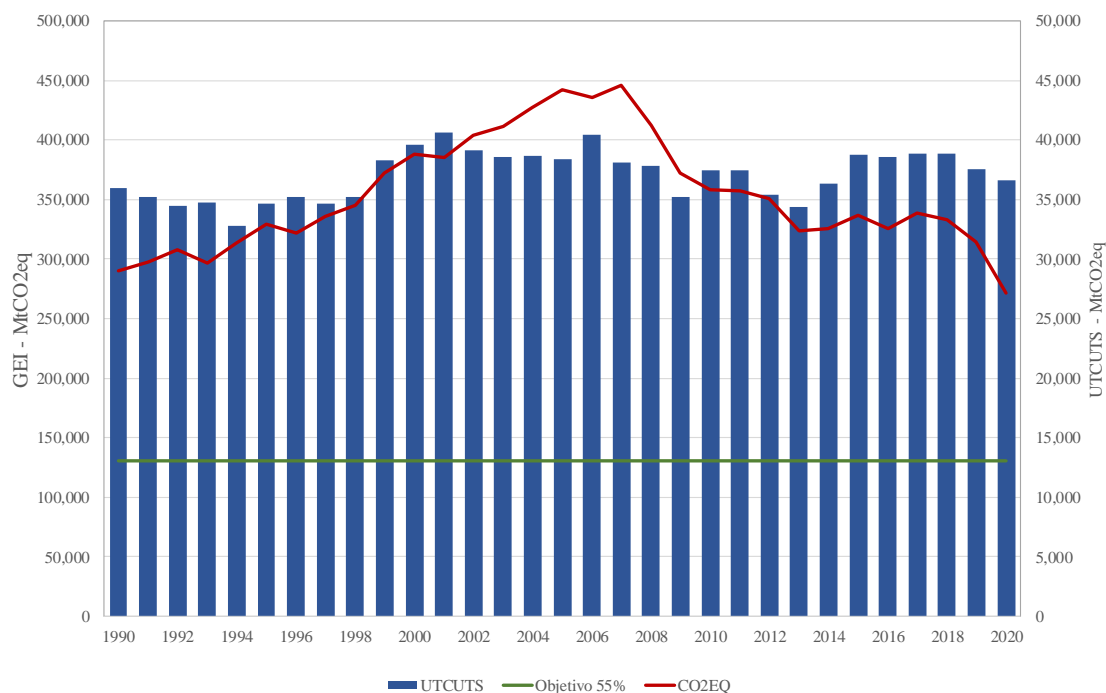
La mejor forma de evaluar las decisiones políticas en términos ambientales es estudiar la evolución de su variable principal MtCO₂eq, atendiendo a los diferentes sectores que las producen. Dichos montantes vienen recogidos en el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero que realiza el MITERD, siendo el último dato disponible el de 2020 en forma de avance (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021), en el siguiente gráfico aparecen reflejada la evolución de las MtCO₂eq desde 1990 ya que la meta es lograr disminuir las emisiones de ese año.

En el gráfico, se puede observar como la preocupación por disminuir el conjunto de las MtCO₂eq por parte del gobierno está resultando efectiva, el último valor corresponde con el mínimo de la serie siendo esta la primer que es inferior a 1990 en un 6.4% y un 39.17% inferior con respecto al máximo de la serie alcanzado en 2007. En definitiva, hemos logrado alcanzar las GEI de 1990 pero la esta meta fijada en 55% de las emisiones de 1990 esta aún lejos ya que nuestro dato de emisiones es 271.506 y la meta es 130.550 para el 2030 (Soca, 2021).

También hay que prestar atención al otro componente del gráfico los denominados sumideros de carbono o mejor llamados captadores de CO₂ “*Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura*” (UTCUTS) o sus siglas en inglés (LULUCF), que aparecen referidos en el Protocolo de Kioto así como en la Ley del Cambio Climático y Transición Energética ya que juega un efecto contrario a los GEI, los cuales se mantiene estables en torno a las 37.000 unidades de UTCUTS (BOE, 2021; Naciones Unidas, 1998). Uno de los pilares es el cambio planificado en el *mix eléctrico*, que aboga por ir suprimiendo las unidades de producción más contaminantes por otras más eficientes y que generen menores tasas de emisiones lo que implica el cese de nuevas plantas correspondientes a la producción eléctrica no renovables.

²² MtCO₂= Millones de toneladas equivalentes de CO₂.

GRÁFICO 6.2 EVOLUCIÓN DE LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO Y UTCUTS (1990-2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Sistema Español de Inventario de Emisiones "CORINAIR" (2020).

Dando como resultado la disminución paulatina de unidades de electricidad no renovable por renovables, o con alto grado de eficiencia, las cifras que aparecen a continuación son de elaboración propia a partir de datos de la REE (Red Eléctrica de España, 2021c):

- La industria del carbón es la más contaminante a razón de 0.95 tCO₂-eq/MWh frente al 0.24 tCO₂-eq/MWh de los Residuos o 0.37 tCO₂-eq/MWh el Ciclo Combinado de Gas Natural, no obstante, será la primera actividad que sufrirá la Transición, que ha pasado de una generación de 45019 GWh en 2017 a la ridícula cifra de 5022GWh para 2020, algo muy llamativo para un país que tuvo una época de fuerte preferencia por el carbón nacional en términos de potencia instalada, la cual ha disminuido del 0.51% lo que supone el cierre de centrales convencionales (Red Eléctrica de España, 2020b).
- Otra fuente de generación eléctrica que va ser afectada por el cambio, es la industria de energía nuclear, que, si bien es una energía limpia de GEI, en su proceso de

generación si produce materiales radiactivos. La energía nuclear ya se veía con recelo, lo que frenó su expansión desde la moratoria nuclear (Garrués Irurzun, 2016) y, finalmente, con la Transición, no estuvo permitida la explotación ni exploración de productos radiactivos, así como la implantación de nuevas plantas nucleares (BOE, 2021). Esto supone que una de las principales fuentes de energía, ya que cubre la demanda de electricidad en más del 20% en los últimos años con tan solo un 6.5% de la potencia instalada, lo que la hace una de las industrias que funciona de manera ininterrumpidas, es decir, un total de 7803 h en el año 2017 (Red Eléctrica de España, 2021c).

- Cogeneración: Como se muestra en la tabla, aun siendo un tipo de generación contaminante, es una de las fuentes menos perjudicadas debido a las bajas emisiones de esta, en comparación a otros orígenes de electricidad contaminantes (Red Eléctrica de España, 2020b; Soca, 2021), siendo un claro ejemplo de eficiencia ya que genera dos unidades de calor por cada unidad de electricidad (Cerdá, 2012), esto se debe principalmente a la combinación de recursos energéticos del que tiene origen la electricidad, ya sean residuos renovables como es el biogás o gas natural siendo sustento de la transición energética (Salvadores Sicilia, 2019). En la actualidad, esta fuente de energía cuenta en términos de generación, el 11,1% sobre el total de la energía producida, lo que corresponde a con una capacidad de generación de 26GW. La inversión en este tipo de generación se espera que se mantenga al menos en el plazo que comprende el PNIEC, es decir 2030.

Una vez establecido los cambios que van afectar al sector eléctrico, es considerable conocer el trabajo publicado por Funcas, en el cual se nos presentan los coeficientes de fiabilidad, bajo la hipótesis de clima de invierno, como se observa en la tabla 6.2.1 (Gómez *et al.*, 2019). Se puede vislumbrar, según la tabla, que la estrategia de descarbonización es clara en “LTS”, ya que si se busca la electrificación de la economía, ha de garantizarse el suministro no solamente renovable sino también eficiente (Marqués y Saenz de Ormijana, 2019). Por ello, han de centrarse los esfuerzos en optimizar el almacenamiento de energía, ya que como afirman Cebulla *et al.*, las energías solar y eólica necesitan de un gran respaldo de potencia instalada así como de capacidad de generación, y dándose preferencia en los mercados de inversión a estos últimos, esto generaría un menor grado de dependencia fósil (Cebulla *et al.*, 2018). Dicho enfoque se plantea también en el PNIEC, el cual cifra para el año 2030 el supuesto de que el sector

eléctrico alcance una cifra de almacenamiento de 6GW, dando viabilidad al modelo renovable planteado entorno a ser LCE (Ministerio para la Transición Ecológica, 2019), según la tabla 6.3 sobre la evolución de la potencia instalada que nos proporciona la (Red Eléctrica de España, 2021c).

TABLA 6.2. COEFICIENTES DE FIABILIDAD SEGÚN POTENCIA INSTALADA PARA POTENCIA FIRME

| TIPO DE ENERGÍA | COEFICIENTE |
|---------------------|-------------|
| Nuclear | 0.97 |
| Carbón | 0.95 |
| Ciclo abierto | 0.96 |
| Ciclo combinado | 0.96 |
| Cogeneración | 0.55 |
| Térmica removable | 0.14 |
| Hidráulica | 0.44 |
| Hidráulica fluyente | 0.25 |
| Bombeo | 0.77 |
| Solar | 0 |
| Eólica | 0.07 |
| Baterías de 4 Horas | 0.96 |

Fuente elaboración propia, a partir de Señales de precio a la inversión en un mercado eléctrico con elevada penetración de renovables de Gómez *et al.* (2018).

De este modo, se puede observar de forma simultánea la estructura el sector eléctrico, así como las acciones tomadas para controlar las GEI, así como los resultados de forma empírica en el apartado 8.

En la tabla se observa la predisposición de las políticas por agregar unidades de energía renovables por su papel crucial dentro del sector eléctrico, ya que se busca que para el 2030 el consumo de energía final sea renovable sea como mínimo de un 42%, que el *mix energético* sea al menos un 74% energía renovable (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020a), para el año 2020 estábamos en un 49,59% según cálculos propios obtenidos de los datos publicados por la (Red Eléctrica de España, 2021b) así como lograr una eficiencia energética como mínimo del 39,5%, según la Ley 7/2021 (BOE, 2021).

TABLA 6.3 EVOLUCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA POR TECNOLOGÍA DESDE 2015

| TECNOLOGÍA | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| HIDRÁULICA | 20385 | 20392 | 20396 | 20406 | 20441 | 20440 | 20436 |
| NUCLEAR | 7573 | 7573 | 7117 | 7117 | 7117 | 7117 | 7117 |
| CARBÓN | 10962 | 10030 | 10030 | 10030 | 9683 | 5733 | 4884 |
| CICLO COMBINADO | 27242 | 27230 | 27238 | 26852 | 26845 | 26836 | 26861 |
| EÓLICA | 22922 | 22974 | 23068 | 23433 | 25683 | 27489 | 27660 |
| COGENERACIÓN | 6246 | 6024 | 5859 | 5846 | 5727 | 5711 | 5694 |
| SOLAR | 6985 | 6990 | 6992 | 7071 | 11087 | 14063 | 14814 |
| OTRAS RENOVABLES | 887 | 890 | 887 | 892 | 1042 | 1090 | 1093 |
| TOTAL RENOVABLES | 51180 | 51246 | 51342 | 51802 | 58252 | 63083 | 64002 |
| TOTAL NO RENOVABLES | 44450 | 43284 | 43126 | 42728 | 42255 | 38280 | 37439 |
| POTENCIA TOTAL | 103203 | 102103 | 101586 | 101647 | 107625 | 108480 | 108558 |

Fuente: Elaboración propia con datos de REE (2021).

7. IMPACTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES A TRAVÉS DEL MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES

El análisis de las cuentas económicas a través del modelaje de la SAMEA, así como la división del subsector generador de electricidad, adquiere su forma gracias a la diferenciación que se establece en este trabajo conforme la información que nos proporciona la distribuidora del insumo REE, disponiendo así la distinción según la tecnología de origen de la energía, así como su vector generador de GEI que aparece reflejado en las cuentas satélites de la contabilidad nacional en la página del INE.

7.1 BASE DE DATOS

Para el estudio de la economía española conforme al modelo de multiplicadores contable, es necesario una gran base de datos que conformen los flujos económicos, financieros y ambientales de una economía. Como inicio de dicha recopilación, se ha partido del estudio que realizó Pedauga.L. sobre el impacto que había tenido el Covid-19 sobre la economía española (Pedauga *et al.*, 2021), del cual se obtuvo una “*Financial Social Accounting Matrix*” por sus siglas anglosajonas (FSAM).

De esta forma, obtener una visualización de forma matricial los últimos datos disponibles para construir un estudio concreto del sector eléctrico español para el periodo que

comprende el año 2017. Una vez obtenidos estos, se recurrió a la base de datos de la REE para obtener la información necesaria para desagregar la actividad que se van analizar: “Suministro de energía eléctrica, gas vapor y aire acondicionado”, tal y como se explicó en el apartado 5 que corresponde a los indicadores de oferta y demanda del modelo.

El objetivo final de este trabajo, es un análisis medio ambiental del sector eléctrico, para lo cual ha sido necesario recurrir a las cuentas ambientales proporcionadas por el INE para conocer la estructura de las emisiones ocasionadas en la economía española, así como en el montante total de emisiones del sector eléctrico. Del mismo modo, se les aplicó unas ponderaciones, obtenidas del Informe del Sistema Eléctrico para generar un vector que recoge las diferentes actividades y su patrón de emisiones, y de esta forma, recopilar toda la información citada hasta ahora para poder generar la SAMEA que estudie el subsector eléctrico español.

FIGURA 7.1 ESQUEMA DEL MODELO INPUT-OUTPUT (MIO)

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
|-----------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| PRODUCCIÓN SECTOR 1 | 1 | X ₁₁ | X _{1j} | X _{1n} | C ₁ | I ₁ | G ₁ | E ₁ |
| PRODUCCIÓN SECTOR 2 | 2 | X _{i1} | X _{ij} | X _{in} | C _i | I _i | G _i | E _i |
| PRODUCCIÓN SECTOR N | 3 | X _{n1} | X _{nj} | X _{nn} | C _n | I _n | G _n | E _n |
| CAPITAL | 4 | K ₁ | K _j | K _n | | | | |
| SALARIOS | 5 | W ₁ | W _j | W _n | | | | |
| IMPUESTOS – SUBVENCIONES | 6 | X ₁ | X _j | X _{nn} | | | | |
| IMPORTACIONES | 7 | M ₁ | M _j | M _{nn} | | | | |

Fuente: Elaboración propia a partir de (Aznar Grasa, 1993).

7.1.1 Matriz de Contabilidad Social (SAM-17)

El estudio de este trabajo se ha basado en el análisis del subsector eléctrico, para ello se parte del Modelo de Input-Output (MIO) que se plantea en el libro “*The Structure of American Economy, 1929-1929: an Empirical Application of Equilibrium Analysis*” (Leontief, 1941), dicho MIO según sostiene Aznar A.: “*Constituye una adaptación de la teoría neoclásica del equilibrio general al estudio de interdependencia cuantitativa que existe entre aquellas actividades económicas que guardan entre sí una relación recíproca*” (Aznar Grasa, 1993, párr. 60) este ha tenido un gran calado como sistema de investigación económico para numerosos autores como (Butnar y Llop, 2011; Cardenete *et al.*, 2011; Hernández, 2012; Navarro y Alcántara, 2011).

El MIO, es básico para explicar los flujos económicos de una economía, debido a que refleja las interrelaciones económicas, de forma matricial como se observa en el siguiente gráfico de forma esquemática, a su vez se rige por unas identidades macroeconómicas tal y como plantea (Aznar Grasa, 1993, pp. 61-64):

Por el lado de la producción:

$$X_i = X_{i1} + X_{i2} + \dots + X_{in} + C_i + I_i + G_i + E_i$$

Siendo cada uno de los elementos:

X_i = Valor de la producción del sector i-ésimo;

X_{ij} = Valor de la producción del sector i-ésimo que vende al sector j-ésimo ya que es necesario para generar su output;

C_i = Valor de la producción del sector i-ésimo consumida de forma nacional;

I_i = Valor de la producción del sector i-ésimo vendida como bien de inversión nación;

G_i = Valor de la producción del sector i-ésimo vendida al ente público;

E_i =Valor del total de la producción del sector i-ésimo que se exporta fuera de la región;

Obteniéndose dos partes de una misma ecuación, los productos intermedios que sirven como input a los sectores productivos y la demanda de productos finales.

$$X_i = \sum_{j=1}^n X_{ij} + D_i$$

$$D_i = C_i + I_i + G_i + X_i$$

Por el lado de los usos:

$$X_j = X_{1j} + X_{2j} + \dots + S_j + B_j + (T_j - Sb_j) + M_j$$

Los elementos que componen dicha ecuación son:

X_j =valor de la producción del sector j-esimo;

X_{ij} =valor de la producción del sector j-esimo compra al sector i-esimo necesaria para su producción;

S_j = Gasto incurrido en salario y seguridad social del sector j-ésimo;

B_j =Beneficios del sector j-ésimo;

$T_i - Sb_j$ =Impuestos menos subvenciones del sector j-ésimo;

M_j = Valor de lo importado por el sector j-ésimo en el exterior de la región;

La búsqueda de una mejor representación de los vínculos, que existen en una economía entre los diferentes sectores, se logró con el modelo que se planteó a posteriori por el economista Pyatt, G “*A SAM approach to modeling*” y según el autor del sistema, lo definió como una ilustración de la economía nacional en una matriz cuadrada, en el que el sumatorio de las filas es igual al sumatorio de las columnas, logrando así el equilibrio (Pyatt, 1988).

El impacto de la Matriz de Contabilidad Social “MCS”, en inglés SAM fue tal que su divulgación ha hecho que se emplee como método de estudio del impacto de numerosas políticas económicas en sus diferentes vertientes como la FSAM o SAMEA usadas a nivel internacional como aparece reflejado en los trabajos de (Cámara Sánchez *et al.*, 2011; Cardenete *et al.*, 2011; Pedauga *et al.*, 2021; Rodríguez Morilla *et al.*, 2005; Velázquez *et al.*, 2016); dichos modelos han de cumplir una serie de requisitos o identidades macroeconómicas como plantea (Sancho y Cardenete, 2006) en su trabajo “*Elaboración de una matriz de contabilidad social a través del Método de Entropía Cruzada: España 1995(*)*”:

1. $PIB = C + FBK + G + (F)$ De dicha fórmula propuesta por Keynes en (1936) y mide el PIB por el lado del gasto;
2. $PIB = W + \pi + T_1$ Mide el PIB por el lado de la renta;
3. $W + \pi = C + S + T_2$ Usos de la renta;
4. $D = T_1 + T_2 - G$ Cuentas Públicas;
5. $F = (X - M)$ Saldo con el exterior;

Donde cada uno de los elementos significa:

PIB = Producto interior bruto; C = Consumo del Sector Privado; FBK= Formación bruta de capital; G= Gasto del Sector Público; F = Cuenta Comercial que se descompone en X= Exportaciones y M= Importaciones; W Cuenta de los Asalariados; π = Excedente bruto de Explotación; S= Ahorro; T_1 y T_2 son los impuestos Indirectos y Directos, respectivamente.

Una vez establecido el modelo empleado para las simulaciones del sector eléctrico, se realizará una descomposición estructural de la SAM, que gira en torno al análisis del subsector de la energía eléctrica, concretamente en torno a la actividad “A24” (*Suministro*

de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado), así como la producción “P24” (Electricidad, gas, vapor y aire acondicionado) dichas cuentas, recogían información de la generación de electricidad de forma simplificada (Instituto Nacional de Estadística, 2021).

Por ello, se va a realizar una descomposición de dichas actividades, con el afán de conocer de forma más minuciosa el impacto que va a traer la transición energética (Linares, 2018) de precisar el análisis de la producción de electricidad por sus diferentes ramas, al tiempo que se muestra el peso del insumo directo e indirecto en toda la producción nacional y su peso en la lucha para mitigar el cambio climático mitigando las emisiones de GEI.

7.1.2 Cuentas satélites de medioambiente (EA-17)

Uno de los objetivos de este trabajo, ha sido lograr comprender el sector eléctrico español, así como su relevancia a nivel nacional en el proceso de electrificación que va enmarcarse la economía española (González-Eguino *et al.*, 2019) siendo esto crucial dadas las metas de descarbonización que se ha propuesto la economía española (Widuto, 2019).

Para conocerlo ha sido necesario construir la parte ambiental del modelo EA, una vez descompuesto las cuentas correspondientes al sector de generación de electricidad, a los cuales se les agregan las cuentas ambientales conforme estipula la creación del modelo SAMEA.

Por este motivo, se trabajará con los porcentajes que nos proporciona la REE de las emisiones detalladas por fuente de energía (Red Eléctrica de España, 2020b), así como el índice de emisiones medido en MtCO₂eq/Mwh (Red Eléctrica de España, 2021a), de este modo, medir su implicación directa e indirecta en el logro de las metas fijadas por la Comisión Europa (European Commission, 2019). Dando relevancia a las actividades neutras en su producción de electricidad, las cuales son muy afines al objetivo de lograr una economía hipocarbónica y su impacto a la hora de mitigar el cambio climático ya que sustituyen actividades contaminantes. Por eso fue necesaria crear un vector generador de emisiones de CO₂ y otras emisiones contaminantes para la atmósfera tal y como aparece en la tabla 7.1. sirviéndonos de este para descomponer el montante que nos proporcionaba el INE en cuanto a emisiones del subsector (Instituto Nacional de Estadística, 2021).

TABLA 7.1. ESTRUCTURA DE EMISIONES DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, GAS, VAPOR Y AIRE ACONDICIONADO

| TOTAL GEI | N ₂ O | HFC | PFC | SF ₆ | CH ₄ | CO ₂ |
|--------------|------------------|-------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|
| 67956.1 | 538.6 | 222.4 | 0.3 | 222.6 | 219.2 | 66753 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del INE.

El INE establece la distinción entre los siguientes gases de efecto invernadero conforme a lo publicado en el Protocolo de Kyoto que se firmó en 1997 siendo estos (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆), tal y como se clasificaron en el apartado 6 de este trabajo (Naciones Unidas, 1998). Estos GEI se han de fragmentar conforme la clasificación de las actividades que se ha establecido en la tabla 7.1 a través de las ponderaciones obtenidas del informe publicado por la REE (Red Eléctrica de España, 2020b) obteniendo de esta manera un vector de emisiones de las diferentes fuentes de generación eléctrica quedando de la forma que se muestra en la tabla 7.2 que se puede aplicar a las cuentas satélites que se mostró en la tabla 7.1 (Instituto Nacional de Estadística, 2021), desagregando así todos los gases que tienen su origen en el sector de generación de energía eléctrica, siendo estos el 19,49 % sobre el total de emisiones en España para el año 2017.

En la anterior tabla se ha partido de la información que nos proporciona el INE, en cuanto a las emisiones que genera el montante de la actividad titulada según el CNAE 2009 “*Suministro de energía eléctrica, gas vapor y aire acondicionado*” (Instituto Nacional de Estadística, 2007), para su desagregación en las diferentes actividades que forman nuestro *mix energético nacional* según los tipos de tecnologías generadoras de energía, asignándoles el valor de “cero” a todas aquellas que tiene una huella de carbono neutra en su proceso de generación (European Commission, 2019).

Haciendo un breve inciso sobre las energías limpias, habría que establecer que en el proceso de obtención de los insumos para su fabricación, tales como son las tierras raras, para posterior ensamblaje y fabricación de los diferentes tipos de energías limpias traen consigo externalidades negativas como son cambios en el hábitat natural, las GEI en los procesos de transformación y transporte para su puesta en funcionamiento, aparte del impacto ambiental que tienen los residuos radioactivos generados en la industria nuclear, como el impulso que hace girar los generadores eólicos, aun así hay que establecer que

los procesos productivos generan una menor entropía que la combustión de energías no renovables (Merino, 2012; Santamarta, 2004).

**TABLA 7.2. EMISIONES SEGÚN TIPO DE TECNOLOGÍA
(EMISIONES TCO₂-EQ/MWH)**

| TECNOLOGÍA | EMISIONES |
|----------------------------|-----------|
| Central térmica de carbón | 0.95 |
| Ciclo combinado | 0.37 |
| Central térmica fuel y gas | 0.77 |
| Cogeneración | 0.38 |
| Residuos | 0.24 |

Fuente: Red Española de Electricidad (2021).

Una vez hecho este breve inciso, hay que establecer la estructura que tiene el vector generador de emisiones que aparece reflejado en el tabla 7.2 según los datos que publica la REE, dando como resultado el vector de emisiones, asignando el valor de “cero” a las tecnologías que generan energía sin emitir gases nocivos, al tiempo que se aplica las tasas de GEI a las actividades que generan emisiones (Red Eléctrica de España, 2020b).

Una vez construido el conjunto de cuentas económicas que integran la SAM y se incorporan las cuentas ambientales EA, el modelo resultante es una SAMEA, la cual se representa en la siguiente figura. La SAM con la desagregación de las actividades que forman el sector eléctrico esta ampliada en el anexo de este trabajo.

FIGURA 7.2 ESTRUCTURA DE UNA SAMEA

| SAMEA | | SAM | | | EA |
|-------|--|-------------------|------------------|----------------|-------------------|
| | | Cuentas endógenas | Cuentas exógenas | Totales | Cuentas Endógenas |
| S | Cuentas endógenas (m) | Y _{mm} | X _{mk} | Y _m | V _{mv} |
| A | Cuentas exógenas (k) | X _{km} | X _{kk} | X _k | - |
| M | Totales | Y _m | X _k | - | V _v |
| E | Cuentas endógenas medioambientales (r) | R _{rm} | - | R _r | - |

Fuente: Elaboración propia a partir de Camara *et al* (2013).

7.2 ESTIMACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO RENOVABLE

Una vez detallado el modelo de estudio, así como construido las diferentes cuentas necesarias para la construcción de la SAMEA, es necesario explicar y detallar los diferentes modelos que componen este estudio.

En este apartado se buscaba estimar el sector de las renovables como aparece en el gráfico 7.1 A través de una regresión lineal, tomando como eje de las X el sumatorio de la actividad que integran el sector eléctrico, siendo el montante total su participación en términos económicos según los datos obtenidos de la SAM. Por otro lado, en el eje de las Y se van a presentar su impacto total en términos de CO₂ equivalente es decir según los datos que proporciona el INE para el sector eléctrico ponderado según el vector de emisiones datos correspondientes a la REE de este modo el punto de cruce corresponde a cuanto contamina cada actividad y su importancia económica, tal y como se puede observar en el gráfico 7.1.

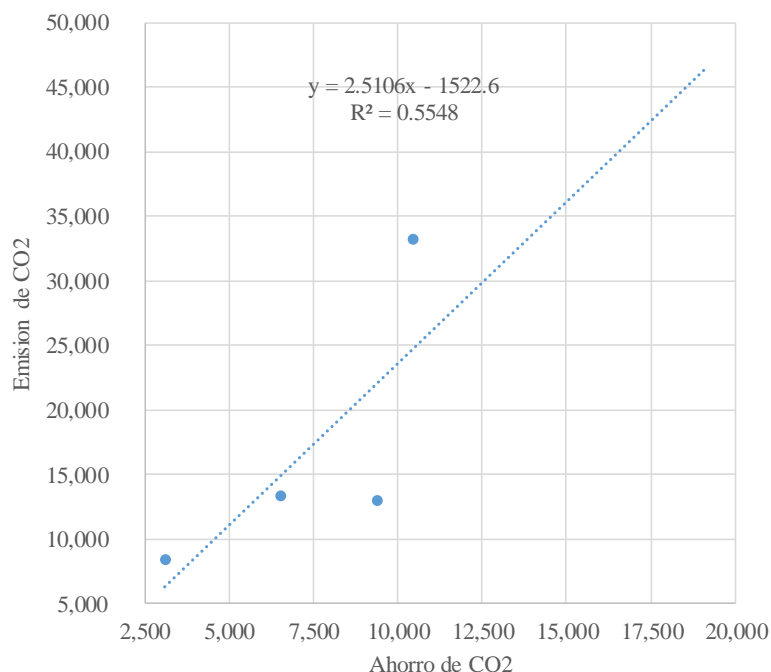
Del cual obtuvimos una ecuación de la recta $Y: a + bX$, formada por las siguientes parámetros:

Y = Es la variable predecida, los valores que toma aparecen en la tabla 8.1

a = Constante, que para dicho modelo toma el valor de **1522,6**.

b = Pendiente la cual toma el valor de **2,5106**.

X = variable que tomara los valores de las diferentes actividades generadoras de electricidad .

GRÁFICO 7.1 ESTIMACIÓN DEL SECTOR ENERGÉTICO RENOVABLE

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos de REE (2021).

Una vez calculados los componentes de la ecuación, procedemos sustituir los diferentes componentes del modelo de modo que podemos estimar el Ahorro de CO₂ que supone en la SAMEA-17 la incorporación de unidades renovables. Del mismo modo, se planteó una “alternativa b” o “peor alternativa” para representar de forma numérica el impacto que tendría en términos de CO₂ el cambio de toda la energía renovable por una potencia muy contaminante como la carbonífera. Las conclusiones extraídas de este estudio, se compararán con los resultados de informes macroeconómicos publicados por Deloitte y APPA.

7.3 MODELO DE MULTIPLICADORES CONTABLES BASADOS EN LA SAMEA

Una vez establecido el comportamiento de la demanda y producción en España y las cuentas ambientales dentro del ámbito de la energía eléctrica, se va a plasmar el análisis del modelo de multiplicadores contables empleados en la SAMEA, que tratará

las energías renovables que forman el *mix energético* a través de la matriz inversa de Leontief (Leontief, 1941).

Para una mejor comprensión del mismo, se van a definir las variables y parámetros empleados en el modelo, siguiendo las directrices tomadas de los trabajos de (Butnar y Llop, 2011; Velázquez *et al.*, 2016; Vicent y Padilla, 2009):

A Es una matriz cuadrada de rango ($n \times n$) que expresa los coeficientes o requerimientos técnicos que se obtienen $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{x_j}$ ecuación obtenida del modelo de Leontief. El sistema lo componen n sectores que pertenecen al conjunto N .

N Son subsectores que no pertenecen al sector eléctrico y $m + 1, \dots$, es uno de los subsectores del sector de energía eléctrica ($s = n - m$).

I Matriz identidad de tamaño ($n \times n$).

M= [I-A]⁻¹ Matriz inversa de Leontief de forma cuadrada.

x^M Vector columna de tamaño ($m \times 1$) que manifiesta la producción de los m subsectores que no pertenecen al sistema eléctrico.

x^S Vector columna de tamaño ($s \times 1$) que manifiesta la producción de los s subsectores que pertenecen al sistema eléctrico.

y^M Vector de columna ($m \times 1$) que muestra la demanda final de los m subsectores que no pertenecen al sistema eléctrico.

y^S Vector de columna ($s \times 1$) que muestra la demanda final de los s subsectores que pertenecen al sistema eléctrico.

x = $\begin{pmatrix} x^M \\ x^S \end{pmatrix}$ este compuesto por la producción del sector

y = $\begin{pmatrix} y^M \\ y^S \end{pmatrix}$ contiene la información de la demanda final (**DF**)

Partiendo de la ecuación extraída de los cinco supuestos básicos del MIO explicados en la figura 7.1 del Modelo de Leontief:

$$\begin{pmatrix} x^M \\ x^S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{MM} & A_{MS} \\ A_{SM} & A_{SS} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x^M \\ x^S \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} y^M \\ y^S \end{pmatrix}$$

$$X = AX + Y$$

$$X - AX = Y$$

$$[I - A]X = Y$$

$$[I - A]^{-1} [I - A]X = [I - A]^{-1} Y$$

$$[I - A]^{-1} * [I - A] = I$$

$$X = [I - A]^{-1} Y$$

$$M \equiv [I - A]^{-1} Y$$

$$\left[\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} A_{MM} & A_{MS} \\ A_{SM} & A_{SS} \end{pmatrix} \right]^{-1} \begin{pmatrix} y^M \\ y^S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_{MM} & M_{MS} \\ M_{SM} & M_{SS} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X^S \\ X^M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y^S \\ Y^M \end{pmatrix}$$

Ahora sustituimos el resultado, obtenido a la equivalencia x a la matriz de Leontief de forma que queda una expresión tal que:

$$\begin{pmatrix} A_{MM} & A_{MS} \\ A_{SM} & A_{SS} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_{MM} & M_{MS} \\ M_{SM} & M_{SS} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X^S \\ X^M \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X^S \\ X^M \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y^S \\ Y^M \end{pmatrix}$$

Para la siguiente expresión, hemos descompuesto la producción en producción final e insumos productivos necesarios para alcanzar la producción final Y . Asumiendo que los sectores no eléctricos solo forman parte de la demanda intermedia AX por lo que la parte de la ecuación que corresponde a las cuentas no incluidas en el sector eléctrico tienen un valor de 0 quedando tal que $X^M = 0$, dejando al MIO :

$$\begin{pmatrix} A_{MM} & A_{MS} \\ A_{SM} & A_{SS} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} M_{MM} & M_{MS} \\ M_{SM} & M_{SS} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ X^S \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ X^S \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_S^M \\ Y_S^S \end{pmatrix}$$

La explicación de los elementos finales consiste en que:

(Y_S^M) siendo este elemento de la matriz la producción de todos los sectores no incluidos en el subsector eléctrico, que este necesita para su cubrir su **DF**.

(Y_S^S) siendo este elemento de la matriz la producción dentro del sector eléctrico, necesaria para cubrir la **DF** del sector.

Las matrices anteriores escritas de forma algebraica se pueden escribir de la siguiente forma:

$$A_{SM} M_{MS} X^S + A_{SS} M_{SS} X^S + X^S = Y_S^M$$

$$A_{MM} M_{MS} X^S + A_{MS} M_{SS} X^S + 0 = Y_S^M$$

Siendo la primera parte de este sistema $A_{SM} M_{MS} X^S + A_{SS} M_{SS} X^S + X^S = Y_S^M$, toda la producción de los sectores que no son el sector eléctrico necesaria para cubrir la **DF** del sector eléctrico, siendo este un componente externo al mismo.

La segunda parte del sistema $A_{MM} M_{MS} X^S + A_{MS} M_{SS} X^S + 0 = Y_S^M$, muestra la parte de la producción del propio sector, necesaria para cubrir la **DF** del propio sector eléctrico.

Descomponiendo más la segunda parte del sistema por términos se puede diferenciar:

$A_{MS} B_{MS} y^S$ consiste en la producción del sistema eléctrico necesaria por el resto de la economía para cubrir la demanda del sector que se va analizar.

$A_{SS} B_{SS} y^S$ es la producción propia de un sector para cubrir su propia producción.

La unión de dichas ecuaciones, muestra el comportamiento interno del sector eléctrico dentro de la economía, así como todas las relaciones que son necesarias para la producción final de la economía.

Para terminar, $X^S = \mathbf{DF}$ del sector eléctrico y se muestra como un DLC por su significado en inglés “Demand level component”.

Ya que el motivo del estudio, es analizar las emisiones del sector eléctrico, habría que añadir un componente más a este sistema que computará la parte ambiental del mismo, y es mediante dos vectores de emisiones, uno para el sistema eléctrico C^S y otro para el resto de la economía que no forman parte del sector eléctrico C^M , creado un componente que muestra las externalidades negativas en forma de emisiones necesarias para dicha producción.

La ecuación anterior se ha transformado, en una matriz de multiplicador ambiental, la cual desagregaremos por partes para discernir mejor el impacto de cada componente:

$$E = C^{S'} X^S + C^{S'} (A_{SM} M_{MS} + A_{SS} M_{SS}) X^S + C^{M'} (A_{MM} M_{MS} + A_{MS} M_{SS}) X^S$$

Siendo el significado de cada tramo tal que:

E = Son las emisiones medidas de forma directa como indirecta asociadas al sector eléctrico.

Emisiones asociadas a la demanda del componente nivel.

$$DLC = C^{S'} X^S$$

IC = Emisiones asociadas al componente interno.

$$IC = C^{S'} (A_{SM} M_{MS} + A_{SS} M_{SS}) X^S$$

EC = Emisiones asociadas a los componentes externos

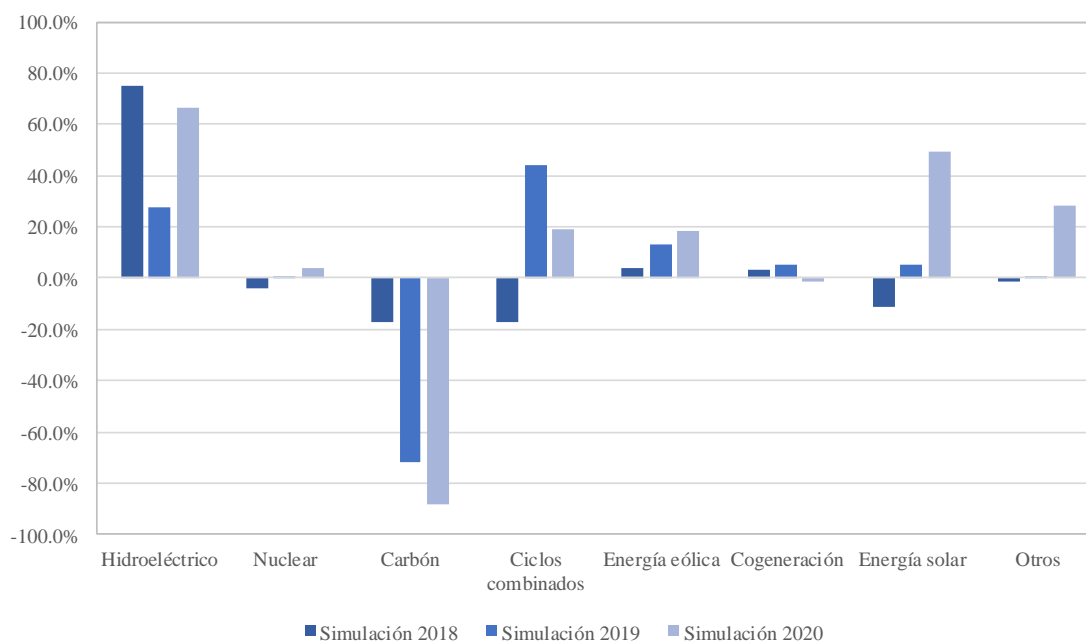
$$EC = C^{M'} (A_{MM} M_{MS} + A_{MS} M_{SS}) X^S$$

De forma sistemática quedaría:

Uniendo dichas ecuaciones en una única expresión obtenida es:

$$E = DLC + IC + EC$$

Donde los componentes $IC + EC$ sin la parte de la \mathbf{DF} contienen la información de la producción intermedia, así como la producción final necesaria para obtener la producción final del sector eléctrico.

GRÁFICO 7.2 IMPACTOS SIMULADOS POR TIPO DE TECNOLOGÍA DE GENERACIÓN

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la REE (2021).

Un estudio alternativo al análisis del subsector, es el realizado a partir de la creación de la SAMEA es el uso de la cuenta base, para emplear el modelo de multiplicadores domésticos, que parte de la forma matricial de orden $(n \times 1)$ que expresa el total de las relaciones que se establecen en la economía para el año 2017.

Sobre el que se aplicaran diferentes simulaciones extraídas del estudio de la evolución del *mix eléctrico*, siendo estos los cambios establecidos en la generación de electricidad y a su vez su implicación en términos de GEI.

Todo ello se expresa de la siguiente manera se expresan esos las variaciones en el sector eléctrico, estos se interrelacionan con las cuentas exógenas a través del modelo de multiplicadores domésticos dando como resultado unas simulaciones, que se han visto ven afectas por los shocks ocurridos en la generación eléctrica, en nuestro caso los shocks corresponden a los años 2018/19/20, los cuales vienen representados de forma gráfica gráfico 7.2.

Observando esta tabla, se pueden ver los resultados de la política energética, que sigue las directrices de la política climática. A simple vista, se ve la tendencia que tienen las energías contaminantes, resaltando la peculiaridad de la energía de ciclo combinado al emplear gas natural y/o renovable por su alta eficiencia, como ya se ha dicho en este trabajo (Salvadores Sicilia, 2019). El caso que más se enfatiza en el grafico es la caída de

la generación de electricidad vía carbón, ya que en 2020 tuvo un descenso del 88%, cuando arrastraba una caída del 71% en 2019 y del 16% en 2018, el mismo se espera que desaparezca pronto por sus altas emisiones (Barrerira y Ruiz-Buatista, 2020; Red Eléctrica de España, 2021b).

De forma antagónica, ocurre con la potencia con origen renovable que tiene rendimientos de 66% o del 49% para la energía hidráulica y solar respectivamente (Red Eléctrica de España, 2021b), debido a la fuerte inversión de este sector de forma, al tiempo que se espere que estas cifras junto a la eólica sean mejores para la fecha de 2030 (Gómez *et al.*, 2019).

8. RESULTADOS

Una vez concluido con el desarrollo metodológico y la sustentación teórica del modelo planteado en este trabajo, ratificando la importancia de trabajar con una SAMEA, al ser un modelo tan dinámico.

Se van proceder a presentar los diferentes resultados extraídos de los modelos de la regresión lineal como método de estimación, análisis subsectorial, y modelo de multiplicadores domésticos.

En la tabla 8.1 se nos muestra el ahorro de CO₂ alcanzado con la implantación de energía renovable. En primer lugar el ahorro de CO₂ total obtenido en nuestro modelo es de 46.430 eq de CO₂, frente a los 40.569 que plantea APPA en el “*Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España 2019*” lo que quiere decir que nuestro dato se desvía del obtenido por ellos en tan solo un 1.14% una muy buena aproximación a su estudio, del mismo modo extrapolando este dato obtuvimos el ahorro económico que se calcula multiplicando por el precio de ese año del ETS que fue de 5,83 (SEDENCO2, 2021), el resultado es que nuestro ahorro económico es de 270 millones de euros frente a los 237 millones de euros de informe de APPA (Asociación de Empresas de Energías Renovables, 2019a, 2019b).

TABLA 8.1 RELACIÓN LINEAL ENTRE PRODUCCIÓN Y GEI POR TECNOLOGÍA

| | PRODUCCIÓN | GEI | RELACIÓN LINEAL | PEOR ALTERNATIVA |
|-------------------|------------|-------|--------------------|---------------------|
| Renovable | 19105 | | 46430 | 60888 |
| Hidroeléctrico | 4806 | | 10539 | 15316 |
| Energía eólica | 11111 | | 26366 | 35412 |
| Energía solar | 3188 | | 6479 | 10160 |
| Nuclear | 12881 | | 30809 | 41054 |
| Carbón | 10441 | 33277 | 24685 | |
| Ciclos combinados | 9405 | 12961 | 22084 | |
| Cogeneración | 6543 | 13311 | 14901 | |
| Otros | 3104 | 8407 | 6269 | |

Otra comparativa de datos la realizamos a través del estudio realizado por Deloitte para Asociación Empresarial Eólica, las cuales cifran el ahorro de emisiones de la potencia eólica en 25 millones de toneladas de CO₂, mientras que nuestro modelo nos da un dato de 26.366 mil toneladas lo que quiere decir que nos hemos desviado de su resultado en 1.05% (Deloitte, 2018, 2019). Estos tres resultados nos dan viabilidad a nuestro modelo y a sus resultados ya que estamos comparando con grandes aseguradoras.

Del mismo modo planteamos los datos de la alternativa menos ambiental posible en la cual hemos supuesto que la energía renovable es sustituida 100% por energía proveniente de carbón las cifras de emisiones se disparan debido que el ahorro alcanzado se transformaría en 60 millones de toneladas de CO₂ equivalente, de los cuales tendrían origen 40 millones de toneladas en la sustitución de la energía nuclear por carbonífera. Este nos permite extraer muchas conclusiones acerca de las implicaciones que tiene y tendrá el sector eléctrico sobre la estrategia de descarbonización, así como lograr los objetivos impuestos con respecto al cambio climático.

TABLA 8.2 SIMULACIÓN AÑO 2018

| | EXÓGENO | SHOCK | SIMULACIÓN | VARIACIÓN |
|------------------|---------|----------|------------|-----------|
| TOTAL | 348,535 | 1,983.3 | 346,551 | -0.6% |
| N ₂ O | 18,015 | 15.9 | 17,999 | -0.1% |
| HFC | 7,158 | 6.6 | 7,152 | -0.1% |
| PFC | 127 | 0.0 | 127 | 0.0% |
| SF ₆ | 225 | 6.5 | 219 | -2.9% |
| CH ₄ | 39,588 | 6.9 | 39,582 | 0.0% |
| CO ₂ | 283,420 | 1,947.5 | 281,473 | -0.7% |
| Hidráulica | - | - | - | - |
| Nuclear | - | - | - | - |
| Carbón | 33,277 | 1,477.83 | 31,800 | -4.4% |
| Ciclo combinado | 12,961 | 594.31 | 12,366 | -4.6% |
| Eólica | - | - | - | - |
| Cogeneración | 13,311 | - 112.81 | 13,424 | 0.8% |
| Fotovoltaica | - | - | - | - |
| Otras energías | 8,407 | 19.79 | 8,387 | -0.2% |

Fuente: cálculos propios.

Otra parte de nuestro trabajo, consiste en la evaluación de las políticas eléctricas para lograr aplacar los GEI, que se han realizado gracias a las simulaciones planteadas para los años 2018/19/20, a través de los cambios estructurales en la producción del sector eléctrico, dando como resultado tres tablas que muestran como es la evolución del sector eléctrico, en pos de reducir las emisiones como se observa en las tablas 8.2/.3/.4 extraídos de los shocks planteados en el gráfico 7.2.

En las tablas aparece reflejado los resultados extraídos de las simulaciones para los años 2018/19/20. Mostrando la caída de cada tipo de GEI, siendo notable la caída constante en términos de CO₂, así como en SF₆, al mismo tiempo se produce una disminución paulatina del resto de GEI (HFC, PFC, CH₄, N₂O), es por ello que la suma de todas estas caídas se reflejan del mismo modo en una caída en el CO₂ equivalente ya que es la conversión de todos ellos, a tasas de 0.6%, 1.3% y 1.9% para los años 2018/19/20 respectivamente. Un breve inciso es que, en el CH₄, su caída es testimonial ya que su principal origen es la industria ganadera.

TABLA 8.3 SIMULACIÓN AÑO 2019

| | EXÓGENO | SHOCK | SIMULACIÓN | VARIACIÓN |
|------------------|---------|-----------|------------|-----------|
| TOTAL | 348,535 | 4,613.7 | 343,921 | -1.3% |
| N ₂ O | 18,015 | 36.9 | 17,978 | -0.2% |
| HFC | 7,158 | 15.2 | 7,143 | -0.2% |
| PFC | 127 | 0.0 | 127 | 0.0% |
| SF ₆ | 225 | 15.1 | 210 | -6.7% |
| CH ₄ | 39,588 | 15.5 | 39,573 | 0.0% |
| CO ₂ | 283,420 | 4,530.9 | 278,889 | -1.6% |
| Hidráulica | - | - | - | - |
| Nuclear | - | - | - | - |
| Carbón | 33,277 | 6,290.55 | 26,987 | -18.9% |
| Ciclo combinado | 12,961 | -1,500.35 | 14,461 | 11.6% |
| Eólica | - | - | - | - |
| Cogeneración | 13,311 | -176.50 | 13,487 | 1.3% |
| Fotovoltaica | - | - | - | - |
| Otras energías | 8,407 | -5.18 | 8,412 | 0.1% |

Fuente: cálculos propios.

TABLA 8.4 SIMULACIÓN AÑO 2020

| | EXÓGENO | SHOCK | SIMULACIÓN | VARIACIÓN |
|------------------|---------|----------|------------|-----------|
| TOTAL | 348,535 | 6,477.4 | 342,057 | -1.9% |
| N ₂ O | 18,015 | 47.1 | 17,968 | -0.3% |
| HFC | 7,158 | 19.0 | 7,139 | -0.3% |
| PFC | 127 | - 0.0 | 127 | 0.0% |
| SF ₆ | 225 | 21.6 | 204 | -9.6% |
| CH ₄ | 39,588 | 8.4 | 39,580 | 0.0% |
| CO ₂ | 283,420 | 6,381.5 | 277,039 | -2.3% |
| Hidráulica | - | - | - | 0.0% |
| Nuclear | - | - | - | 0.0% |
| Carbón | 33,277 | 7,734.21 | 25,543 | -23.2% |
| Ciclo combinado | 12,961 | - 657.46 | 13,618 | 5.1% |
| Eólica | - | - | - | 0.0% |
| Cogeneración | 13,311 | 33.49 | 13,278 | -0.3% |
| Fotovoltaica | - | - | - | 0.0% |
| Otras energías | 8,407 | - 526.58 | 8,934 | 6.3% |

Fuente: cálculos propios.

En la otra parte de este cuadro, se enseña la caída en términos económicos de estas potencias eléctricas no renovables, de nuevo se vuelve a repetir la caída en la industria del carbón, alcanzando cuotas tan altas de caída como el 18,9% de 2019 y el 23,2 de 2020, siendo favorable en términos ambientales por sus implicaciones climáticas, del

mismo modo, como se mostraba en la parte de descarbonización, no se ha producido una caída en las otras fuentes contaminantes las cuales son más eficientes, ya que estas buscan cubrir la cierta inestabilidad que tienen las energías renovables como se mostró en el gráfico de fiabilidad de las potencias de energía.

TABLA 8.5 RESULTADOS DE ANÁLISIS SUBSECTORAL ELÉCTRICO

| | TOTAL | ESCALE | FEED-BACK | SPILL-OVER |
|------------------|----------|----------|-----------|------------|
| TOTAL | 1,419.41 | 1,106.14 | 273.50 | 39.77 |
| N ₂ O | 11.25 | 8.77 | 2.17 | 0.32 |
| HFC | 4.65 | 3.62 | 0.90 | 0.13 |
| PFC | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| SF ₆ | 4.65 | 3.62 | 0.90 | 0.13 |
| CH ₄ | 4.58 | 3.57 | 0.88 | 0.13 |
| CO ₂ | 1,394.28 | 1,086.55 | 268.66 | 39.06 |
| Hidráulica | - | - | - | - |
| Nuclear | - | - | - | - |
| Carbón | 708.78 | 541.67 | 147.64 | 19.47 |
| Ciclo combinado | 276.05 | 210.96 | 57.51 | 7.58 |
| Eólica | - | - | - | - |
| Cogeneración | 283.52 | 216.67 | 59.06 | 7.79 |
| Fotovoltaica | - | - | - | - |
| Otras energías | 151.06 | 136.84 | 9.30 | 4.92 |

Fuente: cálculos propios.

Otra de las aproximaciones que se han hecho en este trabajo, ha sido mediante un análisis subsectorial de la economía española centrándonos en el sector eléctrico.

Dicho modelo, nos permite exponer de forma desagregada el resultado del estudio en torno a cuatro efectos (*total, escale, feed-back y spillover*) que guardan vínculos con el sector eléctrico, como se ha explicado con anterioridad en la explicación del modelo de estudio que aparecen reflejados en la tabla 8.5.

Para empezar, habría que hablar del “*Effect Total*” o montante total de emisiones correspondientes en exclusiva al propio subsector eléctrico, dicho estudio nos permite observar la participación que ha tenido cada una de las fuentes de energía eléctrica en términos de GEI.

Ratificando de nuevo la fijación que ha de tener la política de descarbonización, en hacer frente a la producción de electricidad de forma contaminante, centrándose en primera instancia, en la electricidad con origen carbonífero, ya que esta es un hándicap para las metas impuestas en España y la Unión Europea, observando los datos esta abarca alrededor del 50%.

Este total se fraccionará en primer lugar en el “*Effect Escale*”, el cual nos esquematiza las emisiones originadas dentro del propio subsector, esta cuantía está relacionada con la demanda de electricidad final. Sigue la misma estructura de peso que en el efecto total, siendo el mismo de 48.96% para la potencia del carbón 21%, tanto para la electricidad con origen en ciclo combinado, como cogeneración, por último, otras potencias generadoras. Esto guarda similitud con el leve peso en la generación de electricidad.

En segundo lugar, el “*Effect Feed-back*” representa la relación que tiene el subsector con el resto de actividades es decir las emisiones generadas en la distribución de electricidad a los demandantes, es decir el input que genera el sector, el conjunto de todo el efecto representa tan solo el 19.3%.

La última parte de este total, viene representada por el “*Effect Spill-Over*”, el cual representa de forma residual debido a su escaso efecto, este representa las emisiones generadas para satisfacer las necesidades del subsector eléctrico, al cual le corresponde un porcentaje del 2,8%.

Para terminar, en la profundización del modelo SAMEA, se procederá a presentar los resultados extraídos a través del estudio del modelo de multiplicadores para evaluar los resultados de la política energética que se enmarca en el objetivo de la descarbonización de la economía (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020a), al tiempo que se presentan los datos obtenidos del modelo de análisis subsectorial que plantean Francisco Navarro en su trabajo sobre la implicación del sector agroalimentario en las emisiones de “CH₄”, como Butnar, I. en el cual se estudia las emisiones de “CO₂” con origen en el subsector servicios, así como el trabajo publicado por Cardenete *et al.*, (Gómez *et al.*, 2019) o sobre la SAMEA de la eficiencia económica y ambiental (Butnar y Llop, 2011; Navarro y Alcántara, 2011; Rodríguez Morilla *et al.*, 2005), entre otros artículos que han guiado la línea de trabajo de este trabajo.

De este modo, se busca evaluar de una forma empírica los cambios enfocados en el sector eléctrico, persiguiendo el camino de la eficiencia energética al tiempo que se reducen las emisiones.

Dicha progresión, se puede observar en la tabla 8.1, en la cual se desagrega por años el efecto de la política energética, pudiéndose observar la complejidad del modelo SAMEA ya que muestra el impacto de la política ambiental en términos de variación de las GEI, al tiempo que presenta las variaciones en términos económicos.

Por otro lado, para desagregar en mayor precisión, se presentan los datos obtenidos a través del análisis subsectorial, dando como resultado la tabla 8.2 que se descompone en

tres partes de un todo, como ya se explicó con anterioridad. Al tiempo que se presentan el efecto que tiene cada tipo de fuente energética no renovable sobre el conjunto de las emisiones que genera el subsector eléctrico.

De la estimación realizada en el apartado 8.2 hemos extraído unos resultados que se presentan en la tabla. De dicha tabla se extrae información valiosa en cuanto al resultado de la política de reducción de emisiones así como vez desarrollado los cálculos propios del modelo de análisis submultiplicadores sobre la SAMEA-17, se pueden extraer premisa gracias al cálculo sobre el subsector eléctrico e que ratifican el peso del se esto es papable en numerosos informes macroeconómicos de la mano de Deloitte, Asociación de Empresas de Energía Renovables y Pwc que reflejan el cambio en pos de la meta de lograr un mayor ahorro económico y de emisiones de CO₂ (Asociación de Empresas de Energías Renovables, 2018, 2019b, 2019a; Deloitte, 2018, 2019; PwC, 2015).

9. CONCLUSIONES

Mediante la realización de este estudio, hemos podido observar la versatilidad de la herramienta metodología SAMEA. El cual, nos ha permitido analizar la política eléctrica del país y la situación que ha atravesado el subsistema eléctrico en los últimos años. Con esta técnica, hemos analizado el subsistema integrado y sus implicaciones directas como indirectas en términos económicos y de emisiones de gases de efecto invernadero. Esto ha sido posible gracias a la recopilación y procesado de un gran abanico de datos de diferentes fuentes como: el INE, en términos de cuentas ambientales y económicos, la REE, Foronuclear e IDEA entre otros, como base de datos del sistema eléctrico, además de navegar en bases de datos extranjeras, de este modo conocer los flujos económicos y eléctricos del sector español, los cuales nos han permitido construir nuestra SAMEA con mayor precisión y sacar conclusiones de las políticas climáticas.

A raíz de los datos obtenidos y las medidas políticas tomadas, en pos de cambiar el sector eléctrico, se pueden sacar unas primeras aproximaciones de la relevancia que tiene el sector eléctrico en la lucha para mitigar el cambio climático y hacer frente a los efectos adversos de este. Ya que, en la actualidad juega un papel de hándicap en términos de gases de efecto invernadero, lo que afecta directamente al resto de sectores, del mismo modo, esta afirmación puede cambiar con las medidas de transición justa con el objetivo de buscar reconversión o electrificación verde, siendo un alivio para las malas cifras de emisiones.

Como se ha visto a lo largo de este trabajo, las bases del cambio están fijadas y la meta también, pero este cambio ha de pensarse de forma global y actual localmente. En España, contamos con una situación de partida en términos climáticos y geográficos óptimos para el desarrollo de producción eléctrica renovable como se demuestra en numerosos artículos como el libro de “energía sostenible sin malos humos” que habla de dicha capacidad de producción.

Se podría afirmar que la dirección que están tomando las políticas, tanto nacionales como comunitarias, son afines a la búsqueda de la descarbonización. Sin embargo, desde mi punto de vista, son escasas ya que hablamos de un *mix energético* que tiene un potencial eléctrico renovable mayor en términos de potencia instalada.

Los efectos de las políticas climáticas buscan eliminar grandes unidades de producción de electricidad, con origen en recursos fósiles ya que son recursos finitos y desfavorables en términos ambientales y económicos por la gran dependencia extranjera con un 75% en España y un 58% para la Unión Europea, de los 28 como se observó en los gráficos del apartado 4.1, por este motivo, la producción de unidades con inputs fósiles son cada vez menores, destacando las de origen carbonífero, ya que han reducido aproximadamente nueve veces su generación, dentro del *mix eléctrico* lo que numéricamente hablando significa una caída de 45.019 Gwh a tan solo 5022 Gwh de una tecnología que contamina a razón de 1.05 (tCO₂-eq/MWh), la cual se espera que se reduzca a cero a lo largo de esta década. Estas son buenas noticias teóricamente hablando, pero empíricamente solo se replican en términos ambientales del sector en una caída del 1.86% en toneladas equivalentes de CO₂.

Esto es debido a que se han sustituido por fuentes de energías más eficientes pero contaminantes. En vez de apostar por fuentes renovables, aunque estas tengan inconveniente de la dependencia climática, como se ha demostrado en el gráfico de los coeficientes de fiabilidad, es por ello que queda patente la necesidad que muchos autores defienden, de invertir en energías renovables más eficientes al tiempo que se mejora la capacidad de ahorro del sistema mediante vectores energéticos, los cuales aumentan la fiabilidad de la transición.

También me parece importantes los resultados del análisis del subsistema, ya que muestra como prácticamente el 80% de las emisiones se deben al efecto escala, lo que destaca que la gran mayoría de las emisiones tienen origen en la propia demanda, este efecto se podría disminuir incentivando la autogeneración eléctrica mediante pequeños generadores domésticos.

En definitiva, de este trabajo se puede extraer una idea clara, si se desea alcanzar los objetivos fijados en las agendas climáticas de 2030 y 2050 de forma global y en particular en España, las medidas han de ser más ambiciosas, se deben de intensificar las medidas que incentiven la participación de todos los agentes económicos, ya sean del sector privado como público, no basta con la electrificación de estos, sino que también hay que prestar atención a su origen en cero emisiones, ya que el ahorro en términos de CO₂ es cada vez mayor y con ello también se aumenta el ahorro en términos económicos, con el objetivo fijado en evitar que se cumplan los peores pronósticos del IPCC.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara Escolano, V. (2019). Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España. *Papeles de economía española*, 121, 88-99.
- Alcántara Escolano, V., y Padilla Rosa, E. (2010). Determinantes del crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en España (1990-2007). *Revista Galega de Economía*, 19(1), 1-15.
- Alcott, B. (2018). Paradoja de Jevons (efecto rebote). En G. D'Alisa, F. Demaria, y K. Giorgos (Eds.), *Decrecimiento: un vocabulario para una nueva era* (pp. 197-201). Icaria.
- Álvarez, E., y Ortiz, I. (2015). Notas Sobre La Eficiencia Energetica En España. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, 886, 71-82.
- Arciniega, A. (1976). El Plan Energético Nacional Respuesta a una crisis. *Arbor*, 362(93), 69-74.
- Asociación de Empresas de Energías Renovables. (2018). Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España en 2017. En *Appa*. http://www.appa.es/descargas/2017/Estudio_APPA_2016.pdf
- Asociación de Empresas de Energías Renovables. (2019a). Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España. En *APPA*.
- Asociación de Empresas de Energías Renovables. (2019b). Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España. En *APPA*.
- Azcárate, B., y Mingorance, A. (1996). La contribución de las energías renovables en la planificación energética española. *Espacio, tiempo y forma. Serie VI, Geografía*, 9, 39-51.
- Aznar Grasa, A. (1993). Modelo Input-Output. En F. J. Trivez Bielsa (Ed.), *Métodos de predicción en economía. I, Fundamentos, input-output, modelos econométricos y métodos no paramétricos de series temporales* (1a. ed). Ariel.
- Ballenilla, F. (2004). El final del petróleo barato. *El Ecologista*, 20-23.
- Ballesta Camacho, J. A., y Rodríguez, M. (2009). Terciarización e industrialización en la economía española un análisis input-output. *Papeles de economía española*, 120, 106-125.
- Barrerira, A., y Ruiz-Buatista, C. (2020). *Saying adios to coal: lessons on just transition from Spain*. Europe Beyond Coal.
- Bayer, P., y Aklin, M. (2020). The European Union Emissions Trading System reduced CO2 emissions despite low prices. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(16), 8804-8812. <https://doi.org/10.1073/pnas.1918128117>
- Bejerano Batalla, J., y Jové-Llopis, E. (2019). El mercado eléctrico: los agentes y la discusión sobre su diseño. *Estudios sobre la Economía Española*, 28, 1-38.
- BOE. (2021). Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética. *Boletín Oficial del Estado*, 62009-62052.

- British Petroleum. (2020). *Statistical Review of World Energy 2020*.
- Brundtland, G. H. (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. En *Oxford University Press*.
- Butnar, I., y Llop, M. (2011). Structural decomposition analysis and input-output subsystems: Changes in CO2 emissions of Spanish service sectors (2000-2005). *Ecological Economics*, 70(11), 2012-2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.05.017>
- Cámara Sánchez, Á., Flores García, M., y Fuentes Saguar, P. D. (2011). Análisis económico y medioambiental del sector eléctrico en España. *Estudios de Economía Aplicada*, 29(2), 493-514.
- Cardenete, M. A., Fuentes Saguar, P. D., y Polo, C. (2011). Análisis de intensidades energéticas y emisiones de CO2 a partir de la matriz de contabilidad social de Andalucía del año 2000. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 8(2), 31. <https://doi.org/10.7201/earn.2008.02.02>
- Cebulla, F., Haas, J., Eichman, J., Nowak, W., y Mancarella, P. (2018). How much electrical energy storage do we need? A synthesis for the U.S., Europe, and Germany. *Journal of Cleaner Production*, 181, 449-459. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.144>
- Cerdá, E. (2012). Energía obtenida a partir de biomasa. *Cuadernos Económicos de ICE*, 83. <https://doi.org/10.32796/cice.2012.83.6036>
- Cores. (2021a). *Importaciones de crudo a España*.
- Cores. (2021b). *Importaciones de gas natural por países*.
- Costa-Campi, T. M. (2016). Evolución del sector eléctrico español (1975-2015). *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, 889/890, 139-156.
- Cuerdo Mir, M. (1999). Evaluación de 10s Planes Energéticos Nacionales en España (1975-1998). *Revista de Historia Industrial*, 15, 161-178.
- Deloitte. (2018). Estudio macroeconómico del impacto del sector eólico en España. *Asociación Empresarial Eólica*, 116.
- Deloitte. (2019). Estudio macroeconómico del impacto del sector eólico en España 2019. *Asociación Empresarial Eólica*, 1-128.
- Energía y Sociedad. (2021). *El proceso de liberalización y separación de actividades reguladas*.
- European Commission. (2019). *Going climate-neutral by 2050: A strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate-neutral EU economy*.
- European Commission. (2020). *Update of the NDC of the European Union and its Member States. December*, 1-19.
- Eurostat. (2021a). *Energy Dependence*.
- Eurostat. (2021b). *Share of energy from renewable sources*.
- Evolución anual del precio del crudo*. (2021, enero). Mineralöl Wirtschafts Verband e.V.
- Fernández Ordoñez, M. (2011). *Estructura del sistema energético español. Análisis y*

- propuestas futuras*. Grupo de Estudios Estratégicos.
- Flores Jimeno, M. del R., y Santos Cebrián, M. (2015). El mercado eléctrico en España: la convivencia de un monopolio natural y el libre mercado. *Revista Europea de Derechos Fundamentales*, 25, 257-297.
- Foro de la Industria Nuclear en España. (2020, diciembre). *Procedencia de los concentrados de uranio comprados por España en 2018*.
- Galdeano Martínez, F. (1983). Criterios y planes energéticos. *Revista de fomento social*, 151, 273-285. <https://doi.org/10.32418/rfs.1983.151.3241>
- García-Álvarez, M. T., y Moreno, B. (2016). La liberalización en la industria eléctrica española. *Gestión y Política Pública*, 25, 551-589. <http://www.scielo.org.mx/pdf/gpp/v25n2/1405-1079-gpp-25-02-00551.pdf>
- García Rendón, J. J., y Moncada Mesa, J. (2018). Efectos de cambios regulatorios sobre el desempeño del pool eléctrico español entre 2004 y 2006. *Revista de Economía del Rosario*, 20(2), 243-273. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/economia/a.6456>
- Garrués Irurzun, J. (2016). La transición eléctrica en España : de la regulación tradicional a la regulación para el mercado, 1982-1996. *Revista de Historia Industrial*, 61, 183-206.
- Glachant, J. M., y Ruester, S. (2014). The EU internal electricity market: Done forever? *Utilities Policy*, 31, 221-228. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2014.03.006>
- Gómez, T., Rivier, M., Chaves, J. P., Martín, F., y Gerres, T. (2019). Señales de precio a la inversión en un mercado eléctrico con elevada penetración de renovables. *Papeles de Energía*, 6, 9-39.
- González-Eguino, M., Arto, I., Rodríguez-Zúñiga, A., García-Muros, X., Sampedro, J., Kratena, K., Cazcarro, I., y Sorman, A. H. (2019). Análisis de impacto del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030 de España. *Papeles de Economía Española*, 163, 9-22.
- Gregorio, M. De. (2020). Biomasa en España. Generación de valor añadido y análisis prospectivo. *Estudios sobre la Economía Española - 2020/01*, 1-28.
- Hernández, G. (2012). Matrices insumo-producto y análisis de multiplicadores: una aplicación para Colombia. *Revista de Economía Institucional*, 14(26), 203-221.
- Instituto Nacional de Estadística. (2007). *Estructura completa de la CNAE 2009*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2020). *Contabilidad nacional anual de España: agregados por rama de actividad*.
- Instituto Nacional de Estadística. (2021). *Cuentas de emisiones a la atmósfera por ramas de actividad (CNAE 2009) y Hogares como consumidores finales, sustancias contaminantes y periodo*.
- International Energy Agency. (s. f.). *Electricity generation by source, Portugal 1990-2019*.

- International Renewable Energy Agency. (2020). *Costos de las Energías Renovables en 2019*.
https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Costs_2019_ES.PDF
- IPCC - ONU. (2021). El cambio climático es generalizado, rápido y se está intensificando. *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC)*.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/08/IPCC_WGI-AR6-Press-Release-Final_es.pdf
- Isbell, P. (2006). La dependencia energética y los intereses de España. *Análisis del Real Instituto Elcano (ARI)*, 32, 1-7.
- Jefatura del Estado. (2018). Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. *Boe*, 6 Octubre(242), 97430-97467.
- Kerschner, C., Bermejo Gómez de Segura, R., y Olaizola Arto, I. (2009). Petróleo y carbón: del cenit del petróleo al cenit del carbón. *Cambio climático y energías renovables*, 39, 23-36.
- Khader, B. (2003). La dependencia energética europea del mundo árabe. *Alternativas sur*, 2(2), 61-86.
- Lázaro Touza, L. (2020). Cambio climático 2020 : ciencia, tras el maratón COP 25, el Pacto Verde Europeo y legislación climática en España. *Análisis del Real Instituto Elcano (ARI)*, 14, 1-17.
- Leontief, W. (1941). *The Structure of American Economy, 1919-1929: an Empirical Application of Equilibrium Analysis*. Harvard University Press.
- Linares, P. (2018). La Transición Energética. *Ambienta*, 125, 20-31.
- Linares, P., y Declercq, D. (2017). *Escenarios para el sector energético en España 2030-2050*. Economics for economy.
- López, L. A., Zafrilla, J., y Cadarso, M. Á. (2021). Grupo de investigación de Economía, Energía y Medioambiente (GEAR), Universidad de Castilla-La Mancha. Modelo input-output multirregional ampliado. En *Papeles de Energía*.
- Marcos-Fano, J.-M. (2010). Historia y panorama actual del sistema eléctrico español. *Física y Sociedad*, 13, 10-17.
- Marqués, J., y Saenz de Ormijana, T. (2019). La descarbonización de la industria, retos y oportunidades. *Papeles de Economía Española*, 163, 54-70.
- Martínez, P., Hewitt, R., Díaz, J., Román Bermejo, L., Hernández, V., Guillén, J., Bressers, H., y de Boer, C. (2016). Losing the roadmap: Renewable energy paralysis in Spain and its implications for the EU low carbon economy. *Renewable Energy*, 89(2016), 680-694.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2015.12.004>
- Mendoza, D., y Carmen, A. (2015). De la liberalización (Ley 54 / 1997) a la reforma (Ley 24 / 2013) del sector eléctrico español. *Cuaderno Orkestra*.

- Merino, L. (2012). Energías renovables para todos. *Iberdrola*, 20.
- Metz, B., Davidson, O., de Coninck, H., Meyer, L., y Loos, M. (2005). *Informe especial del IPCC La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono*.
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2019). Plan Nacional Integrado de Energía y Clima. *Idae*, 25.
https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_final_necp_main_en.pdf
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). *Nota informativa sobre el Avance de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero correspondientes al año 2020*. 1-6.
<https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Paginas/IndexDocumentosReconocidos.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.-a). *Energía Eléctrica. Estructura del Sector*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (s. f.-b). *La Transición Justa dentro del Marco Estratégico de Energía y Clima*. 1-20.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2017). *Libro de la Energía en España 2017*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020a). Estrategia de descarbonización a largo plazo 2050. *Marco estratégico de energía y clima*, 1-73.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020b). *Impacto económico, de empleo, social y sobre la salud pública del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*. 1-79.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). *Gas Natural y Medio Ambiente*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. (2019). *Marco Estratégico de Energía y Clima: Una oportunidad para la modernización de la economía española y la creación de empleo*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. (2021a). *Balace de Consumo de Energía Final*. IDAE.
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico. (2021b). *Estrategia de Almacenamiento Energético. Marco Estratégico de Energía y Clima*.
https://www.miteco.gob.es/es/prensa/estrategiadealmacenamientoenergetico_tcm30-522655.pdf
- Naciones Unidas. (1998). Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. *COP 7*, 1-25. <https://doi.org/10.1145/115790.115803>
- Naciones Unidas. (2020). Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2020. En *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2019*. Naciones Unidas.

- Navarro, F., y Alcántara, V. (2011). Las emisiones de metano (CH₄) en el subsistema agroalimentario catalán: un análisis input-output alternativo. *Economía Agraria y Recursos Naturales*, 10(2), 25. <https://doi.org/10.7201/earn.2010.02.02>
- Pacce, M., Sánchez, I., y Suárez-Varela, M. (2021). El papel del coste de los derechos de emisión de CO₂ y del encarecimiento del gas en la evolución reciente de los precios minoristas de la electricidad en España. *Banco de España*, 2120.
- Pedauga, L., Sáez, F., y Delgado-Márquez, B. L. (2021). Macroeconomic lockdown and SMEs: the impact of the COVID-19 pandemic in Spain. *Small Business Economics*, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s11187-021-00476-7>
- PwC. (2015). *Impacto socioeconómico de la industria nuclear en España*.
- Pyatt, G. (1988). A SAM approach to modeling. *Journal of Policy Modeling*, 10(3), 327-352. [https://doi.org/10.1016/0161-8938\(88\)90026-9](https://doi.org/10.1016/0161-8938(88)90026-9)
- R. H. MILLS, J. (1967). El milagro español: Desarrollo y transformaciones de la economía española en el período 1959-1965. *Revista de economía política*, 46, 261.
- Rabanal González, N. (2000). La importancia del carbón en la planificación energética. En 7.º Congreso de Economía Regional de Castilla y León (pp. 1-9). Junta de Castilla y León, Consejería de Economía y Hacienda.
- Rabanal, N. (2018). Seguridad energética en clave de la Unión Europea: el papel de Rusia. *Revista de Estudios en Seguridad Internacional*, 4(2), 67-80. <https://doi.org/10.18847/1.8.5>
- Red Eléctrica de España. (2020a). *Contribución a los ODS*.
- Red Eléctrica de España. (2020b). *Emisiones de CO₂ asociadas a la generación de electricidad en España*. 1-13.
- Red Eléctrica de España. (2021a). *Emisiones y factores de emisión de CO₂Eq. de la generación (tCO₂ eq. / tCO₂ eq./MWh)*.
- Red Eléctrica de España. (2021b). *Estructura de generación por tecnologías (MWh)*.
- Red Eléctrica de España. (2021c). *Potencia Instalada en (MW)*.
- Red Española de Electricidad. (2017). *El Sistema Eléctrico Español*.
- Rendón García, J. (2019). *Transición energética en España e integración de fuentes de energías no convencionales (Energy Transition in Spain and Integration of Non-Conventional Energy Sources)*.
- Réseau Transport d'Électricité. (2017). *Mon bilan électrique personnalisé Sommaire*.
- Ribó-Pérez, D., Van der Weijde, A. H., y Álvarez-Bel, C. (2019). Effects of self-generation in imperfectly competitive electricity markets: The case of Spain. *Energy Policy*, 133(October), 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110920>
- Rodríguez Morilla, C., Gaspar, D.-S. L., y Cardenete, M. A. (2005). *La SAMEA y la eficiencia económica y ambiental en España*. 1-26.

- Rodríguez Romero, L. (1999). Regulación, estructura y competencia en el sector eléctrico español. *Perspectiva sectorial*, 17(82), 121-132.
- Romero, I. (2001). El sector secundario II: Subsector energético. En A. Romero Rallo, J. Cuevas Guzmán, y F. J. Cumplido Santos (Eds.), *Curso de estructura económica de española* (pp. 303-326). Ediciones Pirámide.
- Ruiz Galdón, J. A., Soucase Mari, B., y Pradas Guaita, I. (2016). La dependencia energética en España por sectores y su impacto económico. *Técnica Industrial*, 314, 46-55.
- Salvadores Sicilia, M. (2019). El papel del gas en la transición. En *Studies on the Spanish Economy*. FEDEA.
- Sánchez Andrés, A. (2008). La dependencia energética europea de Rusia. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, 842, 97-110.
- Sancho, F., y Cardenete, M. A. (2006). Elaboración de una matriz de contabilidad social a través del Método de Entropía Cruzada : España 1995. *Estadística Española*, 48(161), 67-100.
- Santamarta, J. (2004). Las energías renovables son el futuro. *World watch*, 22, 34-40.
- SEDENCO2. (2021). *Precio CO2*.
- Sevilla Jiménez, M., Golf Laville, E., y Driha, O. M. (2013). Las energías renovables en España. *Studies of Applied Economics*, 31(1), 35-58.
<https://doi.org/10.25115/eea.v31i1.3260>
- Soca, Ó. (2021). Cogeneración y cambio climático : la eficiencia también es sostenibilidad. *Gesiton medioambiental y energética industriambiente*, 54-55.
- Solorio, I. (2011). La europeización de la política energética en España: ¿qué sendero para las renovables? *Revista Española de Ciencia Política*, 0(26), 105-123.
- Ueckerdt, F., Hirth, L., Luderer, G., y Edenhofer, O. (2013). System LCOE: What are the costs of variable renewables? *Energy*, 63, 61-75. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.10.072>
- Vázquez, V., Carreira, S., Carmen, M., y López, P. (2014). Estimación del impacto económico del sector eólico en Galicia en el período 2000-2010. *Revista de Métodos Cuantitativos para la Economía y la Empresa*, 18, 18-33.
- Velázquez, A., Pedauga, L. E., y Delgado-Márquez, B. (2016). Efectos de la crisis económica en la eficiencia medioambiental: Un análisis sectorial para España basado en un modelo de multiplicadores. *Economía industrial*, 401, 109-117.
- Vicent, A., y Padilla, E. (2009). Input-output subsystems and pollution: An application to the service sector and CO2 emissions in Spain. *Ecological Economics*, 68, 905-991.
- Widuto, A. (2019). *EU support for coal regions*. October.
[https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/642217/EPRS_BRI\(2019\)642217_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/642217/EPRS_BRI(2019)642217_EN.pdf)
- World Energy Council. (2020). *World Energy Trilemma Index 2020*. 1-69.

11. ANEXO

| SAMEA Spain 2017 | | Products | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------------------|------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--|
| | | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | A6 | A7 | A8 | A9 | A10 | |
| I.1 Good and services | Agriculture, forestry and mining | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Manufacturing and Constructions | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Hydropower | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Coal power | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Combined Cycles | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Windpower | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Gas, steam and air conditioning | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cogeneration | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Solar Power | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Other power | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Services | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I.1 Output | Agriculture | 53.08 | 2.94 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 1.51 | | | | | | | | | | | | |
| | Manufacturing and Constructions | 0.06 | 769.53 | 0.13 | 0.34 | 0.28 | 0.17 | 0.08 | 0.02 | 0.02 | 45.45 | | | | | | | | | | | | |
| | Hydropower | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Nuclear power | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Coal power | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Combined Cycles | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Gas, steam and air conditioning | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Windpower | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Cogeneration | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Solar Power | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Other power | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Services | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| II.3 Income | Compensation of employees | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Operation surplus, gross | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Corporations | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Current taxes on income, wealth, etc | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Disposable Income | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | III.1 Capital Account | Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Households | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Rest of the world | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Government | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| SAMEA Spain 2017 | | Tj | Total | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|-------|----|----|----------|-------|--------|-------|---------|-------|----------|----------|------------|---------|-----------|--------|-----------|------|-------|-------|--------|-------|---|
| | | | A11 | D1 | B2 | S.1/1/12 | S.13 | S.14/5 | D.5/8 | CS.14/5 | CS.13 | D.2/1/31 | D.2/9/39 | CK.S.1/1/2 | CK.S.13 | CK.S.14/5 | S.2/CK | AN.1/1/17 | D.9 | F.1/9 | S.2 | S.2/XM | | |
| I.1 Good and services | Agriculture, forestry and mining | p1 | 1.6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Manufacturing and Constructions | p2 | 164.7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Hydropower | p3 | 1.4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Coal power | p4 | 3.9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Combined Cycles | p5 | 2.9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Windpower | p6 | 2.7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | gas, steam and air conditioning | p7 | 3.1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Cogeneration | p8 | 1.8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Solar Power | p9 | 0.9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Other power | p10 | 0.2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Services | p11 | 257.6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| I.1 Output | Agriculture | A1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Manufacturing and Constructions | A2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Hydropower | A3 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Nuclear power | A4 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Coal power | A5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | gas, steam and air conditioning | A6 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Windpower | A7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Cogeneration | A8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Solar Power | A9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | Other power | A10 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Services | A11 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| II.3 Secondary | Income | D1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Compensation of employees | D2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Operation surplus, gross | B2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Corporations | S.1/1/2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Government | S.13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Income | S.14/5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Households | D.5/8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Current taxes on income, wealth, etc | D.5/8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Households | CS.14/5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Government | CS.13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| III.1 Capital Account | Taxes less subsidies on products | D.2/1/31 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Income | D.2/9/39 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Other taxes, less subsidies on production | CK.S.1/1/2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Corporations | CK.S.1/1/2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Government | CK.S.13 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Households | CK.S.14/5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Rest of the world | S.2/CK | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | GECE/Dwelling and other | AN.1/1/17 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | Capital transfers | D.9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| | IV.1 Financial Account | Monetary gold and SDRs and other financial assets | F.1/9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Current external balance | | S.2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Imports / Exports of goods and services | | S.2/XM | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | |
| Total | | | 440.8 | - | - | 185.5 | 188.5 | 751.7 | 261.1 | 659.9 | - | - | - | - | 97.6 | - | 146.9 | 397.4 | 12.4 | 277.5 | 443.1 | - | 372.0 | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |