



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Eficiencia en el sector del comercio de energía eléctrica: generación de energía y tamaño

Efficiency in the Electric Energy Trade Sector:
Energy Generation and Size

Autor/es

Pablo José González Pardo

Director/es

M.^a Dolores Esteban Álvarez
José M. Hernández García

Facultad de Economía y Empresa
2023-2024

Resumen

El objetivo de este trabajo es estudiar el grado de eficiencia técnica de las empresas del sector del comercio de energía eléctrica. En primer lugar, se ha analizado el contexto histórico del sector, su evolución temporal, su estructura y los distintos tipos de empresas que lo integran. A continuación, se han calculado los índices de eficiencia técnica de una muestra de 265 empresas extraída de la base de datos SABI, empleando una metodología de frontera de producción estocástica. Esto me ha permitido: i) estudiar cómo afecta el hecho de producir o no energía eléctrica al nivel de eficiencia, ii) analizar el impacto que puede tener el tamaño de las empresas en la eficiencia y iii) conocer la influencia del número de *empresas participadas* en la eficiencia. Los resultados obtenidos en el estudio han sido relevantes ya que las tres variables conjuntamente tienen una influencia significativa en la eficiencia.

Abstract

This work aims to study the degree of technical efficiency of companies in the electric energy trade sector. Firstly, the historical context of the sector has been analyzed, examining its evolution, providing economic data, analyzing its structure, and identifying the different types of companies that comprise it. Following this, the degrees of technical efficiency of a sample of 265 companies extracted from the SABI database were calculated using a stochastic frontier analysis methodology (translog). This has allowed me to i) study how producing or not producing electric energy affects the level of efficiency, ii) analyze the impact that company size may have on efficiency, and iii) understand the influence of the number of affiliates on efficiency. The results obtained in the study are relevant, as the three variables collectively have a significant influence on the efficiency of the companies.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. PANORÁMICA DEL SECTOR	9
2.1. Evolución del suministro eléctrico español.....	9
2.2. El suministro eléctrico en la actualidad	10
2.3. Estructura del sector de suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	12
2.4. El comercio de energía eléctrica en España	13
2.5. Retos, hábitos y objetivos para el futuro	15
3. MARCO TEÓRICO.....	16
3.1. Concepto de eficiencia.....	16
3.2. Métodos de medición de la eficiencia.....	17
3.3. La frontera translogarítmica (translog)	18
4. ESTUDIO DE LA EFICIENCIA	18
4.1. Especificación de la función de producción.....	18
4.2. La eficiencia en el sector del comercio de energía eléctrica	19
4.3. La eficiencia de las empresas más grandes del sector	24
4.4. El sector del comercio de energía eléctrica en Aragón.....	25
5. ANÁLISIS ECONOMETRICO	26
5.1. Aspectos metodológicos.....	26
5.2. Resultados del modelo de producción de energía eléctrica.....	28
5.3. Resultados del modelo de tamaño de las empresas	31
5.4. Resultados del modelo de posesión de empresas participadas	34

5.5. Resultados del modelo de producción, tamaño y empresas participadas	36
5.6. Conclusiones análisis econométrico	38
6. CONCLUSIONES	39
7. BIBLIOGRAFÍA	40
8. ANEXO	42

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. INFORME SECTORIAL	13
FIGURA 2. FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN	17
FIGURA 3. FUNCIÓN TRANSLOGARÍTMICA.....	18
FIGURA 4. HISTOGRAMA DE EFICIENCIAS	21

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: EVOLUCIÓN CIFRA DE NEGOCIOS DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR	11
GRÁFICO 2: NÚMERO DE EMPRESAS DEL SECTOR POR COMUNIDAD	11
GRÁFICO 3: CIFRA DE NEGOCIOS POR COMUNIDAD.....	12
GRÁFICO 4: ALTAS A GRUPOS VERTICALMENTE INTEGRADOS O NO.....	14
GRÁFICO 5: EFICIENCIA MEDIA POR COMUNIDAD AUTÓNOMA.....	23
GRÁFICO 6: EFICIENCIA DE LAS EMPRESAS SEGÚN SU TAMAÑO	23
GRÁFICO 7: EFICIENCIA MEDIA DE LAS EMPRESAS PRODUCTORAS Y NO PRODUCTORAS	24
GRÁFICO 8: EFICIENCIA DE LAS TRES EMPRESAS CON MAYOR NÚMERO DE VENTAS DEL SECTOR.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: CUOTAS DE MERCADO DEL SECTOR DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	10
TABLA 2: EVOLUCIÓN DE PUNTOS DE SUMINISTRO POR TIPO DE MERCADO ENTRE 2019 Y 2022.....	13
TABLA 3: ESTIMACIÓN ESTOCÁSTICA DE LA FRONTERA CON EL MÉTODO TRANSLOG ...	20
TABLA 4: RESULTADOS DE LA ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL SECTOR	20
TABLA 5: EMPRESAS MÁS EFICIENTES	21
TABLA 6: EMPRESAS MENOS EFICIENTES	22
TABLA 7: ESTIMACIÓN POR MCO EFICIENCIA Y GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA .	28
TABLA 8: CONTRASTE DE WHITE (EFICIENCIA Y GENERACIÓN).....	29
TABLA 9: CONTRASTE DE BREUSCH-PAGAN (EFICIENCIA Y GENERACIÓN)	30
TABLA 10: ESTIMACIÓN ROBUSTA DEL MODELO DE EFICIENCIA Y GENERACIÓN	30
TABLA 11. CONTRASTE DE SIGNIFICATIVIDAD INDIVIDUAL (EFICIENCIA Y GENERACIÓN)	31
TABLA 12: ESTIMACIÓN POR MCO EFICIENCIA Y TAMAÑO DE LAS EMPRESAS	31
TABLA 13: CONTRASTES DE WHITE Y BREUSCH-PAGAN (EFICIENCIA Y TAMAÑO).....	32
TABLA 14: ESTIMACIÓN ROBUSTA DEL MODELO DE EFICIENCIA Y TAMAÑO	32
TABLA 15. CONTRASTE DE SIGNIFICATIVIDAD INDIVIDUAL (EFICIENCIA Y GENERACIÓN)	32
TABLA 16: MODELO EN LOGARITMOS (EFICIENCIA Y TAMAÑO)	33

TABLA 17: CONTRASTES DE WHITE Y BREUSCH-PAGAN DEL MODELO EN LOGARITMOS (EFICIENCIA Y TAMAÑO).....	33
TABLA 18: ESTIMACIÓN ROBUSTA DEL MODELO EN LOGARITMOS (EFICIENCIA Y TAMAÑO).....	34
TABLA 19: CONTRASTE DE SIGNIFICATIVIDAD INDIVIDUAL MODELO LOGARÍTMICO (EFICIENCIA Y TAMAÑO).....	34
TABLA 20: ESTIMACIÓN POR MCO EFICIENCIA Y EMPRESAS PARTICIPADAS	35
TABLA 21: CONTRASTES DE WHITE Y BREUSCH-PAGAN (EFICIENCIA Y EMPRESAS PARTICIPADAS).....	35
TABLA 22: ESTIMACIÓN ROBUSTA (EFICIENCIA Y EMPRESAS PARTICIPADAS)	35
TABLA 23: CONTRASTE DE SIGNIFICATIVIDAD INDIVIDUAL (EFICIENCIA Y EMPRESAS PARTICIPADAS).....	36
TABLA 24: ESTIMACIÓN POR MCO EFICIENCIA, PRODUCCIÓN, TAMAÑO Y EMPRESAS PARTICIPADAS	37
TABLA 25: CONTRASTES DE WHITE Y BREUSCH-PAGAN (EFICIENCIA Y EMPRESAS PARTICIPADAS).....	37
TABLA 26: ESTIMACIÓN ROBUSTA (EFICIENCIA, PRODUCCIÓN, TAMAÑO Y EMPRESAS PARTICIPADAS).....	37
TABLA 27: CONTRASTE DE SIGNIFICATIVIDAD CONJUNTA.....	38

1. INTRODUCCIÓN

El sector de suministro de energía eléctrica (CNAE 35) es esencial para el funcionamiento de nuestra sociedad. El precio de la energía es un factor decisivo de la competitividad de buena parte de nuestra economía. Además, el progreso tecnológico en la industria eléctrica, y cómo se obtienen las materias primas, influyen en la evolución de otros muchos sectores industriales.

En el año 2022, la contribución del sector al producto interior bruto español fue de 213.706.000€ lo que supone un 15,87% de la cifra nacional. En cuanto al empleo, hay en torno a 44.802 ocupados en las actividades de este sector. Otra característica que hace a este sector esencial es el impulso de la innovación y el avance tecnológico en áreas como las energías renovables, la eficiencia energética y la digitalización de la red eléctrica, contribuyendo notablemente a la modernización y la sostenibilidad del sector y del país.

Este trabajo se centra en el estudio del sector de la producción, transporte y distribución de energía eléctrica, concretamente en el subsector del comercio de energía eléctrica (CNAE 3514) que incluye todas aquellas empresas que, accediendo a las redes de transporte o distribución, tienen como función la venta de energía eléctrica a los consumidores y a otros sujetos según la normativa vigente.

En él encontramos grandes empresas como Repsol o Iberdrola, que están presentes en todas las fases previas al comercio de energía eléctrica abarcando desde la producción, hasta el transporte y distribución de la energía junto con otras de menor tamaño que únicamente están presentes en la fase de comercialización de la energía.

El objetivo de este trabajo de fin de grado es: (i) analizar la situación actual del sector de suministro de energía eléctrica a nivel nacional, (ii) analizar la eficiencia técnica de las empresas del sector del comercio de energía eléctrica, (iii) realizar un análisis de los posibles factores que contribuyen en la eficiencia de las empresas del sector poniendo especial énfasis en el hecho de generar o no energía eléctrica. El análisis se ha llevado a cabo empleando una metodología de frontera de producción estocástica y utilizando la información contenida en la base de datos SABI.

El trabajo está estructurado en cuatro partes. La primera realizará una descripción del sector seguido de un análisis de su evolución en el tiempo a nivel nacional e internacional,

además de describir la estructura del sector y su situación en la actualidad expresando los objetivos y expectativas de este en los próximos años.

La segunda parte del estudio corresponde al marco teórico, donde se abordan los conceptos de los distintos tipos de eficiencia, distinguiendo entre la eficiencia técnica, económica y asignativa, siendo el foco principal del trabajo el análisis de la eficiencia técnica. Además, también se presentan los distintos tipos de enfoque que pueden emplearse para obtener las fronteras de producción: paramétrico y no paramétrico. Después de esto, se presentan diversas metodologías que se pueden aplicar para calcular los índices de eficiencia. En este trabajo, se empleará un método paramétrico de enfoque estocástico, utilizando la frontera translogarítmica (translog).

La tercera parte del trabajo queda dividida en dos apartados. En el primero, se analizan los datos disponibles extraídos de la base de datos SABI y se muestran los resultados de los índices de eficiencia obtenidos mediante la frontera translogarítmica. Estos resultados son acompañados y comentados por gráficos y tablas que facilitan su comprensión. En el segundo apartado, a través de un modelo econométrico sencillo, se responde a la cuestión principal del trabajo: qué es más eficiente, ser comercializadora y generadora de energía eléctrica o simplemente ser comercializadora, además de comprobar si el tamaño y la posesión de empresas participadas afectan a la eficiencia. Para ello se han empleado herramientas como el programa Gretl, que es un software libre para análisis estadísticos y econométricos.

La parte final del trabajo corresponde a las conclusiones, donde se exponen los principales resultados del análisis de eficiencia y del modelo econométrico obtenidos en el trabajo aportando. Para concluir, se aportarán las implicaciones y reflexiones que pueden formularse acerca de los resultados obtenidos.

El principal motivo por el que he elegido analizar el sector del comercio de energía eléctrica es porque la energía eléctrica es un bien fundamental para nuestra sociedad y la mayoría de las personas desconocen de donde proviene esta energía ni los factores que pueden afectar a su precio. Además, este sector está constantemente sujeto al cambio por las nuevas formas de obtención de energía que van surgiendo lo cual hace que su evolución sea continua.

Por ello, considero muy interesante conocer cómo funciona este sector desde su generación hasta la comercialización de la energía y cómo esta puede darse de la manera más eficiente posible.

2. PANORÁMICA DEL SECTOR

2.1. Evolución del suministro eléctrico español

La primera instancia registrada de la aplicación práctica de la electricidad en España se remonta a 1852, cuando el farmacéutico Doménech logró iluminar su farmacia en Barcelona. Años después, en 1875, se colocó una dinamo en Barcelona que logró proporcionar iluminación a las Ramblas, la Boquería, el Castillo de Montjuic y parte de los altos de Gracia. A partir del año siguiente, se inició la electrificación industrial en España, lo que llevó a la fundación en Barcelona de la Sociedad Española de Electricidad, considerada como la primera empresa eléctrica española.

Posteriormente, en 1885, se emitió un primer decreto que regulaba las instalaciones eléctricas y tres años después, una Orden Real estableció normativas para la iluminación eléctrica. Este desarrollo acelerado de la industria eléctrica dio lugar a la creación de múltiples empresas en las últimas décadas del siglo XIX. Sin embargo, en ese momento, la electricidad se generaba principalmente en forma de corriente continua y su transporte a largas distancias era limitado, restringiendo su desarrollo a centrales cercanas a los centros de consumo, generalmente en industrias o municipios.

La introducción de la corriente eléctrica alterna a principios del siglo XX permitió el transporte de electricidad a larga distancia y facilitó el desarrollo a gran escala de las centrales hidroeléctricas. Esto cambió por completo la estructura de generación eléctrica de España que a finales de la década de 1.920 logró multiplicar la potencia instalada llegando incluso a alcanzar el exceso de capacidad de producción.

Durante los años de la guerra civil y los primeros años de la posguerra, se produjo un estancamiento en la capacidad de producción, lo que llevó a la creación en 1944 de Unidad Eléctrica S.A. (UNESA), para gestionar la situación y promover interconexiones entre sistemas eléctricos regionales.

Tras esto, la crisis del petróleo en 1973 y 1979 llevó a una diversificación de las fuentes de generación, con un enfoque en carbón nacional, energía nuclear, cogeneración y renovables.

Uno de los hechos más influyentes en este sector fue la liberalización del mercado eléctrico que se implementó en España a partir de 1998 con la Ley del Sector Eléctrico, marcando un cambio significativo en la regulación del sector ya que supuso la aplicación de una limitación de ingresos sobre las grandes empresas distribuidoras.

En los años anteriores a esta fecha, el sector estaba dominado por empresas que tenían un control vertical sobre todas las etapas de producción y distribución de electricidad, ejerciendo monopolios en diversas regiones del país. En concreto Endesa e Iberdrola ostentaban más del 80% de la capacidad de generación peninsular total. A partir de este año comenzaron a aparecer un mayor número de empresas suministradoras de energía eléctrica que hicieron que el peso tanto de Endesa como de Iberdrola en el sector comenzó a reducirse hasta suponer el 33 y 34,5% respectivamente en el año 2022.

Tabla 1: Cuotas de mercado del sector de suministro de energía eléctrica

	1997	1998	1999	2020	2021	2022
Endesa	45,58	38,26	38,87	27,9	27,4	29,1
Iberdrola	36,56	39,14	39,05	34,8	34,3	35,4
Gas Natural Fenosa	15,4	18,47	18,16	10,1	10,5	12,1

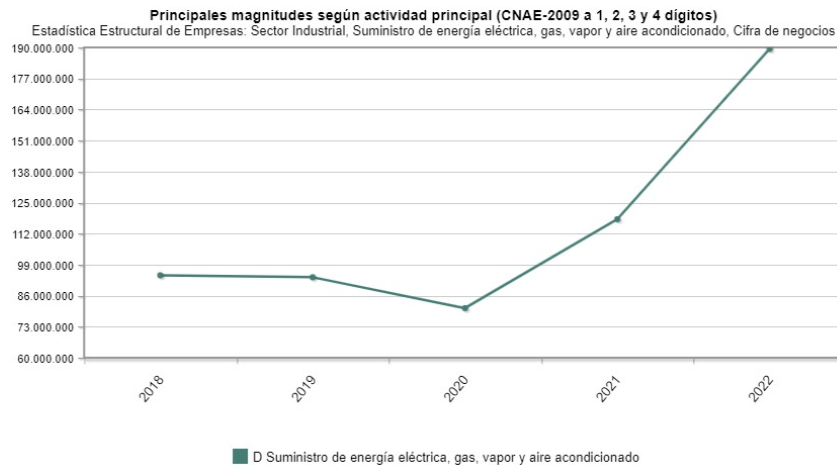
Fuente: Elaboración propia y CNMC

A partir de aquí, en el siglo XXI el sector se ha visto abocado a hacer frente a numerosos retos que implican una reconfiguración en la manera en que generamos electricidad, considerando nuevas fuentes de energía primaria, como las renovables, y adoptando tecnologías más avanzadas. Además, debemos tener en cuenta los requisitos medioambientales cada vez más estrictos que deben cumplirse.

2.2. El suministro eléctrico en la actualidad

En el año 2023, el sistema eléctrico español logró generar un total de 266.807 gigavatio-hora (GWH) lo cual le permitió tener un saldo exportador de 19.938 GWH, esta generación eléctrica fue distribuida por el país a través de la red nacional que tiene una longitud de 45.223 kilómetros.

Gráfico 1: Evolución cifra de negocios de las empresas del sector

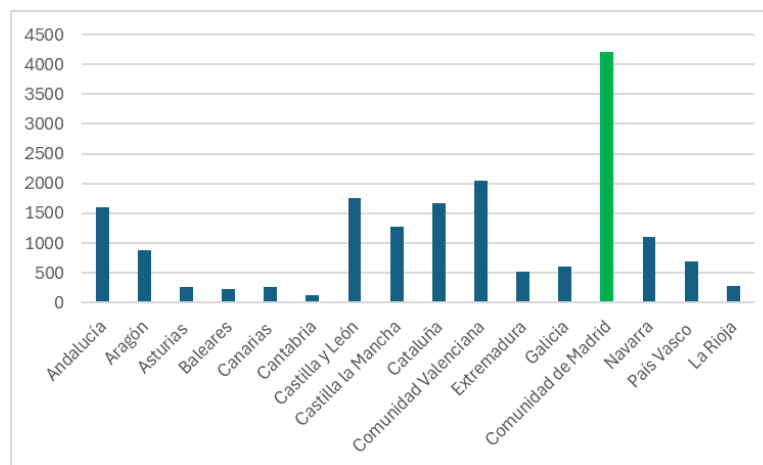


Fuente: INE

El sector contaba en 2022 con un total de 11.834 empresas que generan empleo para 44.802 personas. Estas empresas muestran una cifra de negocios de 189.412.289 miles de euros de los cuales 81.513.620 miles corresponden a el valor de la producción. En el gráfico 1 observamos que la cifra de negocios ha ido en aumento desde el año 2020, esto ha podido deberse tanto a una mejora de eficiencia debido a los avances tecnológicos como a una subida continuada del precio de la electricidad.

Si observamos la distribución de las empresas por el territorio nacional, encontramos que la Comunidad de Madrid es la comunidad autónoma con mayor número de locales con 4.210 seguida de la Comunidad Valenciana con 2.048 locales.

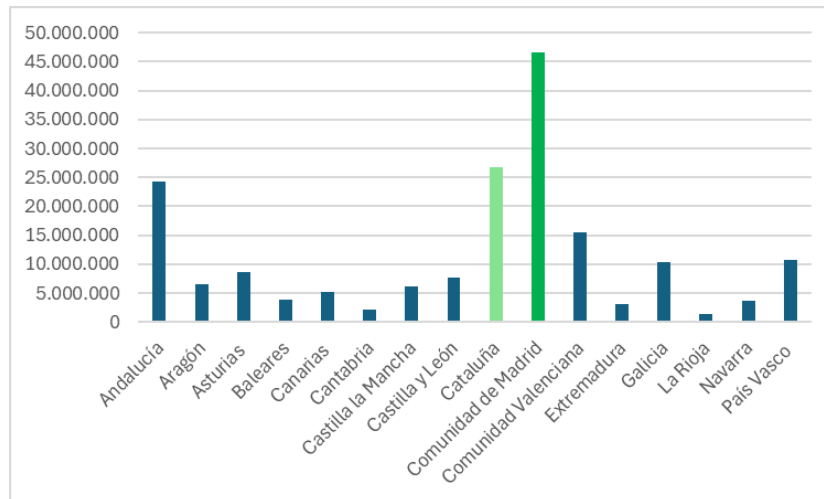
Gráfico 2: Número de empresas del sector por comunidad



Fuente: INE y elaboración propia

En ambas clasificaciones Cantabria aparece como la Comunidad con menores valores debido en gran parte a su menor población y número de empresas en el sector industrial lo cual hace que se demande una menor cantidad de energía eléctrica.

Gráfico 3: Cifra de negocios por comunidad



Fuente: INE y elaboración propia

Una vez conocida la importancia del sector en nuestro país, analizamos su estructura.

2.3. Estructura del sector de suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado

Actualmente, el suministro de energía eléctrica se define como la entrega de energía a través de redes de transporte y distribución, a cambio de una compensación económica, cumpliendo con estándares de regularidad y calidad establecidos.

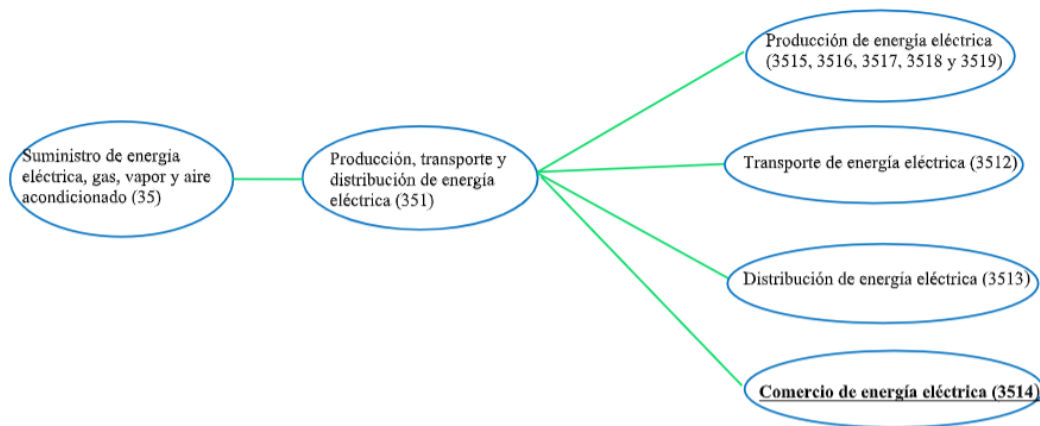
El sector queda dividido en tres subsectores, producción, transporte y distribución de energía eléctrica (351), sobre el cual se desarrollará este trabajo, producción de gas; distribución por tubería de combustibles gaseosos (352) y suministro de vapor y aire acondicionado (353).

Como podemos observar en la figura 1, el subsector de producción transporte y distribución de energía eléctrica (351) abarca todas aquellas actividades destinadas al suministro de energía eléctrica.

Las más destacadas son la generación (3515, 3516, 3517, 3518 y 3519), el transporte (3512), la distribución (3513) y el comercio (3514), en el que se centra este proyecto, desarrollada por las empresas comercializadoras de energía eléctrica que, accediendo a

las redes de transporte o distribución, tienen como función la venta de energía eléctrica a los consumidores.

Figura 1. Informe sectorial



Fuente: Elaboración propia

2.4. El comercio de energía eléctrica en España

El comercio de energía eléctrica español está integrado por dos tipos de comercializadores:

Los Comercializadores de Referencia, son empresas designadas por el gobierno o por las autoridades reguladoras en un mercado energético liberalizado.

Los comercializadores libres, son empresas que operan en el mercado energético y que ofrecen servicios de suministro eléctrico a clientes finales, como hogares, negocios e industrias.

En los últimos tres años, ha habido un aumento gradual en el número de puntos de suministro de electricidad proporcionados por comercializadores independientes y comercializadores de referencia.

Tabla 2: Evolución de puntos de suministro por tipo de mercado entre 2019 y 2022

TIPO MERCADO	2019		2020		2021		2022	
	Suministros	% Total	Suministros	% Total	Suministros	% Total	Suministros	% Total
Mercado Libre	18.566.773	62,8%	18.789.407	63,3%	19.802.311	66,3%	21.399.841	71,2%
Mercado Regulado	10.982.726	37,2%	10.904.676	36,7%	10.064.361	33,7%	8.676.035	28,8%
TOTAL	29.549.499	100%	29.694.083	100%	29.866.672	100%	30.075.876	100%

Fuente: CNMC según la información aportada por los agentes

Como podemos observar en la tabla anterior, en este periodo, los puntos de suministro gestionados por comercializadores independientes aumentaron en más de 2.8 millones, lo que representa un crecimiento del 15.3%. En contraste, los suministros en el mercado regulado disminuyeron en 2.3 millones, lo que equivale a una reducción del 21%. A 31 de diciembre de 2022, el mercado eléctrico estaba compuesto por 30,1 millones de puntos de suministro aproximadamente, de los cuales 8,7 millones se suministraban a través de un Comercializador de Referencia o COR (28,8%), mientras que el resto, 21,4 millones, se suministraban a través de un comercializador libre (71,2%). Esto evidencia el esfuerzo de los años anteriores por la liberalización del mercado.

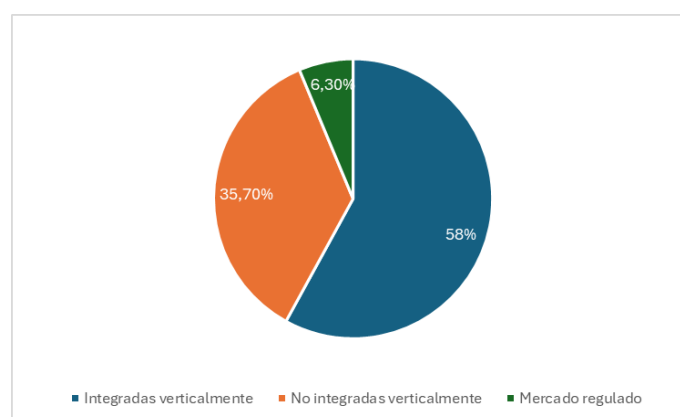
Otra posible clasificación de las empresas que incluye este subsector es:

Las empresas integradas verticalmente, son aquellas que controlan múltiples etapas de la cadena de valor de la electricidad, desde la generación hasta la comercialización. Al controlar estas diferentes etapas de la cadena de valor, estas empresas pueden tener un mayor control sobre sus operaciones.

Las empresas no integradas verticalmente, son aquellas que se centran en un segmento específico de la cadena de valor de la electricidad y no controlan múltiples etapas. Al no controlar todas las etapas de la cadena de valor, las empresas no integradas verticalmente pueden centrarse en su área principal de actividad y especializarse en ofrecer servicios específicos.

Uno de los objetivos principales de este trabajo es analizar en qué medida afecta a la eficiencia que una empresa este o no integrada verticalmente en el sector del comercio de energía eléctrica.

Gráfico 4: Altas a grupos verticalmente integrados o no



Fuente: CNMC y elaboración propia

Como podemos observar en el gráfico 4, en el sector eléctrico, el 93,7% de las altas se activaron en comercializadores libres, de esas altas, el 62% se realizaron a favor de comercializadores verticalmente integrados con el distribuidor y el 38% a favor de los no integrados verticalmente. Por su parte, el mercado regulado obtuvo el 6,3% de las altas.

De estos datos podemos concluir que los consumidores cada vez optan menos por el mercado regulado y que en el libre mercado se está dando un continuo crecimiento de los comercializadores independientes, aunque todavía es preferido por los consumidores apostar por las grandes empresas como Endesa, Iberdrola, Repsol y Gas Natural Fenosa que están integradas verticalmente en todas las fases del sector.

2.5. Retos, hábitos y objetivos para el futuro

España está en un proceso de transición de los combustibles fósiles hacia las energías renovables. Las metas de reducción de emisiones establecidas en el acuerdo de París hacen que sea más urgente el cambio hacia una energía más limpia, pero a la vez nos plantea los retos de abandonar el petróleo y el gas, complicados por una serie de factores técnicos, económicos y políticos que obstaculizan el proceso, prolongando la transición más allá de lo deseado.

España tiene una posición de privilegio para aprovechar las energías renovables, pudiendo emplearla para poder ser más independiente energéticamente lo cual en los últimos años ha aumentado su importancia con las guerras y sus respectivas limitaciones desde los países. Las energías renovables deben aumentar la producción en España, para poder incluso exportarla a otros países y beneficiarse tanto a nivel económico como ambiental y de prestigio.

La tendencia para el año 2.024 de aumentar la producción de energía mediante fuentes renovables se ha comenzado a consolidar en 2.023 (Ver gráfico 1 del anexo), en el último año la mitad de la energía eléctrica generada en nuestro país tuvo origen renovable. La energía solar y la eólica han seguido concentrando la mayor parte de las inversiones y proyectos, y se espera que siga siendo así en el futuro.

Según las previsiones, la potencia de estas energías se verá multiplicada por un factor tres o cuatro en las próximas décadas, y con los compromisos adoptados en materia de energías fósiles, aumentará su aportación a más del 60 %.

En cuanto al comportamiento de los consumidores, es fundamental continuar con la conservación energética, es decir, adoptar un enfoque más eficiente en nuestro consumo. Medidas simples como utilizar luces de bajo consumo, implementar sensores de presencia, mejorar el aislamiento de edificios y la instalación de paneles solares en hogares, así como en instalaciones industriales a gran escala (tanto a nivel urbano como nacional), podrían generar un cambio significativo en los requerimientos de producción energética.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Concepto de eficiencia

El concepto de eficiencia consiste en emplear los recursos de manera óptima para generar una cantidad específica de producto, considerando la tecnología disponible en ese momento

En el contexto empresarial, un requisito fundamental para el correcto funcionamiento de una empresa es realizar una organización eficiente de su sistema productivo.

Aunque la teoría económica presupone que las empresas operan de manera eficiente, la realidad muestra que algunas empresas no alcanzan su máximo potencial, lo que se denomina como "ineficiencia".

Partiendo de la investigación de Farrell en 1957, podemos distinguir entre dos factores dentro del concepto general de eficiencia:

-Eficiencia técnica: Desde el punto de vista del output, se refiere a la capacidad de una empresa para obtener el máximo output posible, con la tecnología existente y la cantidad de inputs disponible. Desde el punto de vista de los inputs, se trata de obtener una cantidad dada de output minimizando la cantidad de inputs necesaria.

-Eficiencia asignativa: Es la capacidad que tienen las empresas para conseguir una cantidad dada de output al mínimo coste posible, combinando los factores necesarios, dentro de los técnicamente eficientes, teniendo en cuenta los precios dados de estos.

Para lograr la eficiencia económica se deben cumplir las dos condiciones anteriores, es decir, una situación donde se es técnicamente eficiente y se logra producir con el mínimo coste posible.

Este estudio estará centrado en la eficiencia técnica debido a que nos basaremos en las funciones de producción, que relaciona la producción de la empresa con el número de factores de producción utilizados, para evaluar la eficiencia del comportamiento de las empresas del sector de comercio de energía eléctrica.

Figura 2. Función de producción

Función de producción: $q = f(\text{trabajo (L)}, \text{capital (K)}, \text{materias primas (MP)})$

Una vez obtenida la función de producción, procedemos a representarla en un gráfico con las variables ventas y factores productivos en las ordenadas y las abscisas respectivamente.

Con esto, obtenemos la "Frontera de producción", que representa todas las combinaciones posibles de inputs técnicamente eficientes con las que es posible obtener el nivel de producción "q". (Ver gráfico 2 del anexo)

Por tanto, aquellas combinaciones situadas por debajo de la frontera serán ineficientes mientras que las situadas por encima serán inalcanzables con los inputs dados.

3.2. Métodos de medición de la eficiencia

En esta sección, expondremos los enfoques comúnmente empleados para definir los límites de producción y, en consecuencia, evaluar la eficiencia técnica.

A partir del trabajo pionero de Farrell en 1957, se han realizado numerosos estudios empíricos utilizando la "metodología de fronteras".

Estos métodos se dividen inicialmente en dos categorías: los métodos paramétricos y los métodos no paramétricos. A continuación, proporcionaremos una breve explicación de cada uno de estos enfoques, así como de los submodelos asociados a cada categoría.

-Métodos paramétricos: Implican la imposición de una forma funcional específica para la frontera de producción para posteriormente, utilizando la información de la muestra, estimar los parámetros de esta función mediante técnicas econométricas. Las formas funcionales más comúnmente utilizadas son la Cobb-Douglas y la Translog.

Dentro de los métodos paramétricos, distinguimos entre aquellos con un enfoque determinístico y aquellos con un enfoque estocástico. En el enfoque determinístico, se atribuye cualquier diferencia con respecto a la frontera de eficiencia únicamente a

ineficiencias por parte de la empresa. En el método estocástico, se considera que las empresas pueden experimentar influencias externas además de la ineficiencia propia.

Los métodos paramétricos permiten la posibilidad de disponer de una expresión matemática para la frontera la cual permite trabajar fácilmente con ella, pero introduce cierta rigidez sobre los datos, además, los resultados quedarán condicionados a la forma funcional que se elija y a los supuestos que se asuman para estimar la frontera.

-Métodos no paramétricos: Estos métodos no necesitan imponer una forma funcional específica para la frontera de posibilidades de producción. Basta con definir un conjunto de propiedades formales que esta frontera debe cumplir, este conjunto de propiedades es encontrado mediante la programación matemática.

En este trabajo, emplearemos el enfoque estocástico de los modelos paramétricos para calcular la eficiencia del sector del comercio de energía eléctrica.

3.3. La frontera translogarítmica (translog)

Para la realización del análisis de eficiencia, he optado por la estimación de la frontera translogarítmica desarrollada por el economista estadounidense Robert M. Solow en la década de 1960 como una extensión de la función de producción Cobb-Douglas con mayor flexibilidad ya que permite términos no lineales y de interacción entre variables.

La función empleada será la siguiente:

Figura 3. Función translogarítmica

$$\ln q = \beta_0 + \sum_{n=1}^N \beta_n \ln x_n + 2 \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^N \beta_{nm} \ln x_n \ln x_m + v - u$$

Para que los β_j midan la elasticidad del output con respecto al input, es necesario estimar en desviaciones con respecto a la media.

4. ESTUDIO DE LA EFICIENCIA

4.1. Especificación de la función de producción

El primer paso es obtener los datos que se van a emplear en el trabajo. Para ello, he empleado la base de datos SABI (Sistema de Análisis de Balances Ibéricos), que cuenta con información general y de las cuentas anuales de más de 2.000.000 de empresas españolas y más de 800.000 portuguesas.

La base de datos creada para mi trabajo cuenta con 265 empresas españolas pertenecientes al sector del comercio de energía eléctrica CNAE 2009 (3514) con información disponible en los tres últimos años (2020, 2021 y 2022), posteriormente, para depurar la base de datos, he eliminado aquellas empresas que se encontraban extinguidas o en liquidación y aquellas que presentan valores anómalos.

La especificación de la función de producción requiere de la siguiente información: ingresos de explotación, gastos de personal, dotación a la amortización del inmovilizado inmaterial y gasto de materiales. Siendo la función de producción:

$$V = f(L, K, MP)$$

Donde:

V: ingresos de explotación de las diferentes empresas.

L: gastos de personal.

K: dotación a la amortización de inmovilizado inmaterial.

MP: gasto de materiales

Tras obtener la base de datos, se ha tomado la decisión de emplear la frontera translogarítmica (translog) por su mayor flexibilidad para realizar el cálculo de los índices de eficiencia técnica para cada una de las empresas.

4.2. La eficiencia en el sector del comercio de energía eléctrica

Mediante el programa R, obtenemos mediante la frontera translogarítmica los índices de eficiencia de cada empresa del sector, así como del sector en su conjunto. Los índices obtenidos estarán comprendidos entre 0 y 1, de forma que, cuanto más cercano a uno sea el valor del índice, mayor será la eficiencia de la empresa y cuanto más cercano a cero mayor será la ineficiencia.

Tabla 3: Estimación estocástica de la frontera con el método translog

	Estimate	Std. Error	Z value	Pr(> z)
(Intercept)	3.2145688	0.2740098	11.7316	< 2.2e-16
Capital	0.2328662	0.0452460	5.1467	2.652e-07
Labour	0.3857703	0.0856948	4.5017	6.742e-06
MP	0.1280110	0.0410661	3.1172	0.001826
I(0.5 * Capital^2)	0.0410888	0.0133953	3.0674	0.002159
I(0.5 * Labour^2)	0.0932136	0.0229054	4.0695	4.711e-05
I(0.5 * MP^2)	0.1326557	0.0069033	19.2163	< 2.2e-16
I(Capital * Labour)	-0.0341519	0.0084570	-4.0383	5.383e-05
I(Capital * MP)	-0.0177263	0.0067625	-2.6213	0.008760
I(Labour * MP)	-0.0763287	0.0109009	-7.0020	2.523e-12
SigmaSq	0.3277321	0.0444320	7.3760	1.631e-13
gamma	0.7115742	0.0729369	9.7560	< 2.2e-16

Fuente: Elaboración propia. Herramienta R

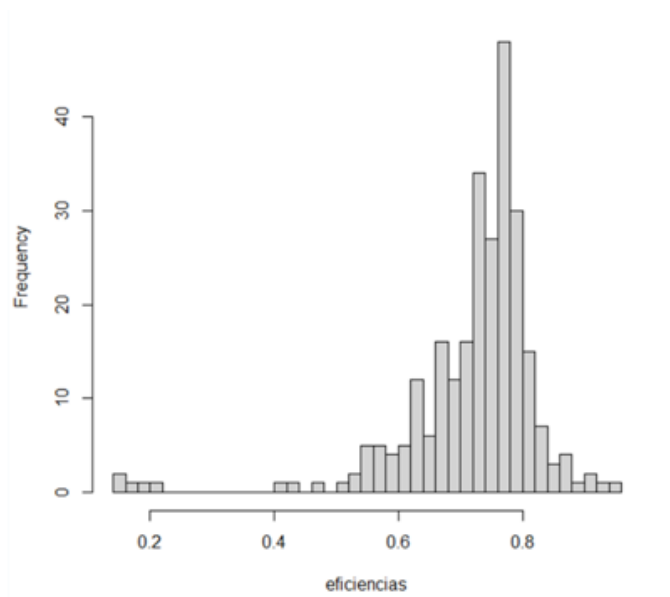
Tabla 4: Resultados de la estimación de la eficiencia del sector

Número de empresas	265
Eficiencia del sector	0,72
Valor de la empresa más eficiente	0,949
Valor de la empresa menos eficiente	0,141

Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en la tabla 4, la eficiencia media de las 277 empresas que componen el sector es de 0,72, por otro lado, se aprecia una notable diferencia entre el valor máximo y mínimo de eficiencia, por tanto, puede ser relevante la realización de un histograma para conocer la distribución de las eficiencias de las empresas del sector.

Figura 4. Histograma de eficiencias



Fuente: Elaboración propia. Herramienta R

La figura 4, corresponde al histograma de eficiencias del sector, este indica que la mayor parte de las empresas del sector presentan un nivel de eficiencia en el intervalo 0,7-0,8.

También podemos observar que hay un grupo de empresas que muestran un índice de eficiencia notablemente inferior al resto del sector y otro grupo que muestra una eficiencia mayor que el resto.

Para analizar estos grupos de empresas más y menos eficientes, recurrimos a las dos tablas que se presentan a continuación, la primera con las 10 empresas más eficientes y la segunda con las 10 menos eficientes, junto con el nombre de las empresas aparece su índice de eficiencia y su comunidad autónoma.

Tabla 5: Empresas más eficientes

Nombre	Comunidad Autónoma	Índice de eficiencia
GLOBAENERGY INSULAR SL.	Canarias	0,949935978
ZIRCONITE DE NEGOCIOS S.L.	Cataluña	0,938324136
ENERGIAS RENOVABLES EJENER SL	Castilla-La Mancha	0,919952041
ALMARAZ FOTOVOLTAICA XXIX S.L.	Extremadura	0,913498102
NOA SOLUCIONES ENERGETICAS SL.	Castilla-La Mancha	0,899931149
IDEA ENERGIA SOLUCIONES INTEGRADAS SOCIEDAD LIMITADA.	Andalucía	0,877362506
MULTIENERGIA VERDE SOCIEDAD LIMITADA.	Aragón	0,867641668
AHORRA CON MEJORADORA SL.	Andalucía	0,861840399
MURCIANA DE TRATADOS ENERGETICOS SOCIEDAD LIMITADA.	Murcia	0,861222591
ENERWATIA SOLUCIONES ENERGETICAS SOCIEDAD LIMITADA.	Comunidad Valenciana	0,846630516

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5, podemos apreciar que las 10 empresas más eficientes de este sector presentan una eficiencia ente 0,85 y 0,95.

La empresa más eficiente es GLOBAENERGY INSULAR SL. localizada en la comunidad de Canarias y con un índice de 0,95, esta empresa cuenta con una red de más de 300 empresas y autónomos y ejerce como distribuidora energética de la empresa Eni Plenitude, una compañía italiana activa en la venta y comercialización de gas y electricidad para hogares y empresas.

Posteriormente, en segundo lugar, se encuentra ZIRCONITE DE NEGOCIOS S. L. localizada en Cataluña y con una eficiencia de 0,938, esta empresa es una colaboradora oficial de Iberdrola, la compañía líder en el sector energético.

Tabla 6: Empresas menos eficientes

Nombre	Comunidad Autónoma	Índice de eficiencia
E-LUZ ENERGY SOLUTIONS SL.	Madrid	0,141107452
OLIVENET ENERGY SL.	Andalucía	0,150410073
GABA COMERCIALIZADORA DE ELECTRICIDAD SL.	Galicia	0,161364254
EXANERGIA SOCIEDAD LIMITADA.	Andalucía	0,183544123
VISALIA RENOVABLES S.L.	Cataluña	0,201969454
MULTIENERGIAS MLC SOCIEDAD LIMITADA.	Andalucía	0,402508298
A XANELA COMERCIAL DE ELECTRICIDAD, GAS Y TELECOMUNICACIONES SOCIEDAD LIMITADA.	Galicia	0,433496616
MERKAODĀ SL	País Vasco	0,470354796
VISALIA SOLAR S.L.	Cataluña	0,500427641
DECAIL ENERGIA SOCIEDAD LIMITADA.	Castilla-La Mancha	0,521795523

Fuente: Elaboración propia

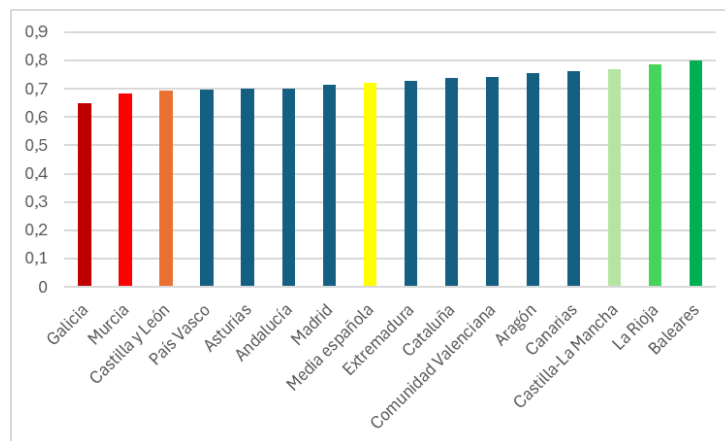
Como podemos apreciar en la tabla 6, las 10 empresas que menos eficiencia tienen en este sector oscilan entre 0,14 y 0,50.

La empresa con menor eficiencia es E-LUZ ENERGY SOLUTIONS SL. localizada en la comunidad de Madrid con una eficiencia del 0,141. Esta empresa se centra en la compra, venta y comercialización de electricidad tanto en España como en el extranjero.

La segunda empresa que cuenta con menor ratio es OLIVENET ENERGY SL. situada en Andalucía con un valor de 0,15. Esta, además de producir y comercializar energía solar, desarrolla e implementa proyectos de plantas solares y sistemas de suministro de energía autónomo basado en hidrógeno verde.

A continuación, vamos a proceder al análisis de la eficiencia media por comunidad autónoma empleando el gráfico que se muestra a continuación.

Gráfico 5: Eficiencia media por Comunidad autónoma

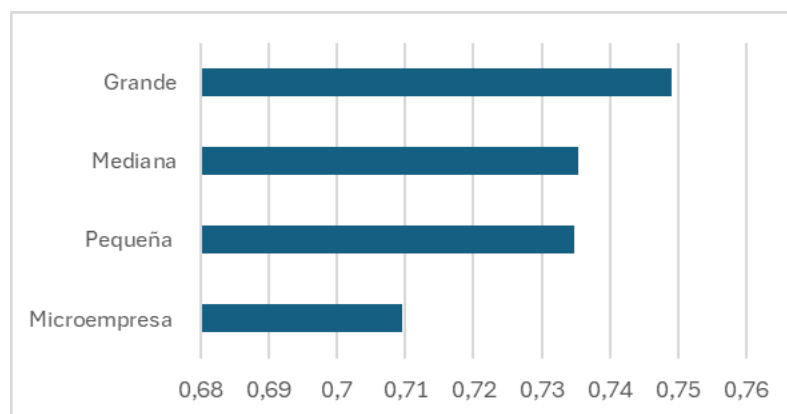


Fuente: Elaboración propia

El gráfico 5, contiene la clasificación de menor a mayor de la eficiencia media de las comunidades autónomas. En ella, podemos encontrar a las islas Baleares y La Rioja liderando la clasificación con índices muy cercanos a 0,8 (0,801 y 0,785 respectivamente) seguidas de Castilla la Mancha con 0,768. Mientras tanto, Galicia, Murcia y Castilla y León presentan los menores índices del país con 0,64, 0,68 y 0,69 respectivamente, todos ellos por debajo de la media nacional.

Otro aspecto a tener en cuenta en la eficiencia de las empresas de este sector es el tamaño de las empresas, dado que se presupone que cuanto mayor sea su tamaño mayor será su eficiencia en este sector. Por ello, vamos a analizar la eficiencia de las empresas según su tamaño.

Gráfico 6: Eficiencia de las empresas según su tamaño



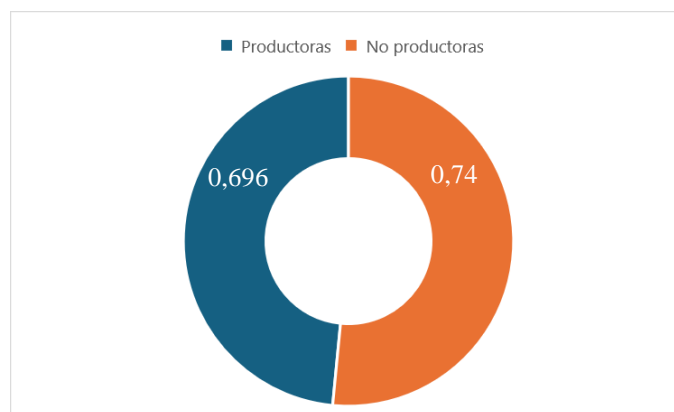
Fuente: Elaboración propia

Los resultados del gráfico 6, confirman la afirmación anterior dado que las empresas grandes tienen una media de 0,748, las empresas medianas de 0,735, las pequeñas de 0,734 y las microempresas de 0,71.

A pesar de que los resultados indica una relación directa entre el tamaño y la eficiencia, la diferencia entre los grupos no es muy elevada. Eso puede ser debido a que, como hemos visto en la tabla 4, varias de las empresas más eficientes se centran en comercializar la energía producida por otras empresas de forma que, al no producir su propia energía, no requieren tener un número tan elevado de trabajadores.

A raíz de esto, puede resultar interesante analizar si aquellas empresas que comercializan su propia energía son más eficientes que aquellas que comercializan la producida por otras empresas.

Gráfico 7: Eficiencia media de las empresas productoras y no productoras



Fuente: Elaboración propia

Como podemos observar en el gráfico 7, las empresas productoras y comercializadoras de energía tienen un índice de 0,696 mientras que las no productoras presentan una eficiencia de 0,74.

Esto puede deberse a que aquellas empresas que únicamente comercializan energía pueden tener acuerdos de distribución con varios proveedores y seleccionar aquel que les sea más conveniente.

4.3. La eficiencia de las empresas más grandes del sector

En este apartado nos centraremos en los resultados de las empresas con mayor volumen de ventas del sector, estas son, Endesa, Iberdrola y Axpo Iberia SLU. (Ver gráfico 3 del anexo)

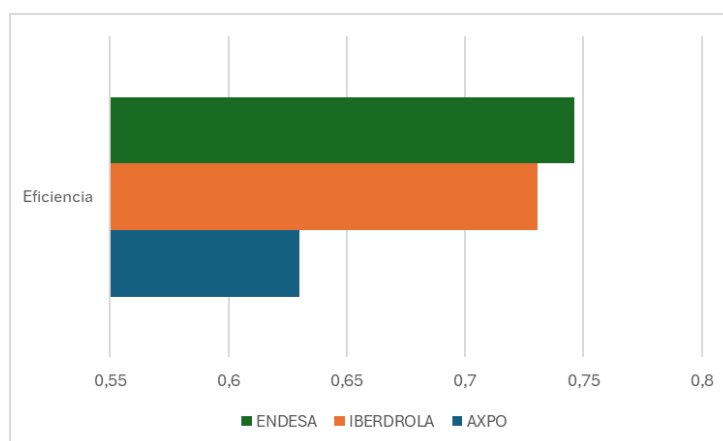
Endesa, es una empresa líder del sector eléctrico español y el segundo operador del mercado eléctrico en Portugal, cuentan con más de 9 mil empleados y una cifra de ventas de 20.474.536,00€.

En cuanto a Iberdrola, es un grupo empresarial dedicado a la producción, distribución y comercialización de energía, la empresa cuenta con más de 40 mil empleados y ventas por valor de 19.510.802,00 €.

Por su parte Axpo es el mayor productor suizo de energía renovable y líder internacional en el trading y comercialización de energía solar y eólica. Cuentan con alrededor de 4 mil trabajadores y un valor de ventas de 6.355.531,00 €.

De esto datos, podemos observar que existe una gran diferencia entre Iberdrola y Endesa con el resto de las empresas del sector en términos de ventas.

Gráfico 8: Eficiencia de las tres empresas con mayor número de ventas del sector



Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la eficiencia, observamos que nuevamente Endesa lidera la clasificación con entorno a un 74% seguido de Iberdrola con un 73% y nuevamente Axpo ocupa el tercer lugar con un 63% de eficiencia.

4.4. El sector del comercio de energía eléctrica en Aragón

Aragón tiene un sector energético diversificado que abarca diferentes fuentes de energía y actividades relacionadas. Según datos del ‘Informe del sistema eléctrico español 2023’, el 80% de la generación aragonesa es renovable destacando la energía eólica que supuso cerca del 53,98% de la energía aragonesa en 2.023, la energía solar con un 17,36% y la energía hidráulica con un 10,29%.

Además, Aragón supone el 8,3% de la energía generada en España en 2023, porcentaje que asciende al 13,5% si observamos la producción nacional de energías renovables.

La base de datos empleada para este trabajo cuenta con diez empresas aragonesas comercializadoras de energía eléctrica, la empresa aragonesa con mayor eficiencia es MULTIENERGIA VERDE SOCIEDAD LIMITADA. situada en Zaragoza, con un valor de 0,86, esta empresa es una comercializadora de luz que en ha sido seleccionada como empresa CEPYME 500: una distinción que identifica y selecciona al conjunto de las 500 empresas que lideran el crecimiento empresarial del país. (Ver tabla 1 del anexo)

Por su parte, ENERJOIN SL. se sitúa como la empresa con menor eficiencia con un valor del 0,66. Esta empresa situada en Zaragoza, es una consultora energética que opera desde hace diez años en el sector.

5. ANÁLISIS ECONOMETRICO

El objetivo de este apartado consiste en estudiar la forma en la que generar la energía comercializada y el tamaño de las empresas pueden afectar al grado de eficiencia técnica del sector del comercio de energía eléctrica.

Para ello, comenzamos definiendo qué se ha considerado “generar energía eléctrica”:

La generación de energía eléctrica consiste en transformar algún tipo de energía primaria, ya sea térmica, nuclear o solar para que pueda ser utilizada como electricidad. Las llamadas energías primarias, pueden dividirse en renovables, que son la eólica, la solar e hidroeléctrica entre otras y las no renovables, que son el petróleo, el gas natural y el carbón.

Por tanto, en el análisis de las empresas de este sector se han considerado “generadoras de energía eléctrica” aquellas empresas que incluyen en su objeto social o en su actividad la explotación de centrales de cualquiera de las energías mencionadas con anterioridad.

5.1. Aspectos metodológicos

Este análisis econométrico tratará de estudiar los efectos que tiene el ser o no productor de energía, el tamaño de las empresas y la posesión de empresas participadas sobre la eficiencia técnica de las empresas del sector del comercio de energía eléctrica.

Finalmente, se tratará de aportar conclusiones relevantes acerca de los resultados del estudio.

Para ello vamos a emplear las siguientes variables:

Ef_i : Índice de eficiencia técnica de las empresas.

P_NP: Es una variable ficticia, en la cual el valor 0 significa que la empresa no es productora, mientras que el valor 1 significa que la empresa produce energía eléctrica.

Nemp: Número de trabajadores de cada empresa.

EP: Número de empresas participadas que posee cada empresa.

Tras conocer las variables que vamos a emplear y antes de elaborar los modelos, es necesario comentar que, dado que la muestra empleada en el trabajo es de corte transversal no nos ocuparemos de problemas de autocorrelación. Además, es importante tener en cuenta que no se pretende construir un modelo que explique el grado de eficiencia, sino, simplemente, comprobar si existe una relación entre la variable P_NP, Nemp y la eficiencia.

A continuación, elaboraré tres modelos de regresión lineal, que serán estimados mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO).

La regresión del modelo econométrico tendrá la siguiente forma:

$$Ef_i = \beta_0 + \beta_1(X) + u_i$$

Donde:

Ef_i : Índice de eficiencia técnica de las empresas

β_0 : Es el parámetro de posición.

β_1 : Es el parámetro que acompaña a la variable objeto de estudio.

X: Variable objeto de estudio

u_i : Perturbación aleatoria

Tras definir la forma de los modelos y las variables empleadas en estos, procedemos a su estimación y a la realización de los contrastes de heterocedasticidad y significatividad de las variables, con un nivel de confianza del 0,95.

5.2. Resultados del modelo de producción de energía eléctrica

Uno de los principales objetivos de este trabajo es conocer los efectos que tiene el ser o no productor de energía sobre la eficiencia técnica de las empresas del sector del comercio de energía eléctrica.

Para la consecución de este estudio he empleado Gretl, este es un software econométrico de libre distribución empleado para estudios estadísticos y econométricos y construido sobre el lenguaje C, que posibilita la realización de análisis complejos sin requerir una gran cantidad de código de programación.

En este primer modelo econométrico, la variable objeto de estudio será la generación o no de energía, la regresión tendrá la siguiente forma:

$$Ef_i = \beta_0 + \beta_1(P_NP) + u_t$$

Donde:

Ef_i : Es la variable dependiente. Corresponde al índice de eficiencia técnica de las empresas del sector calculado mediante la translog.

β_0 : Es el parámetro de posición.

β_1 : Es el parámetro que acompaña a la variable objeto de estudio.

P_NP: Es una variable ficticia, en la cual el valor 0 significa que la empresa no es productora, mientras que el valor 1 significa que la empresa produce energía eléctrica.

Una vez definido el modelo se realiza la estimación mediante mínimos cuadrados ordinarios (MCO):

Tabla 7: Estimación por MCO eficiencia y generación de energía eléctrica

Modelo 1: MCO, usando las observaciones 1-265				
Variabes	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico T	Valor p
Const	0.740090	0.00903823	81.88	3.59e-189 ***
P_NP	-0.0440257	0.0135446	-3.250	0.0013 ***

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Como podemos apreciar en la tabla 7, la eficiencia depende negativamente de producir energía eléctrica ya que el valor de β_1 es igual a -0,0440257, además observamos que la variable P_NP es significativa a un nivel de significación del 1%.

Tras la estimación, procedemos a realizar los contrastes necesarios para verificar la ausencia de heterocedasticidad y la significatividad individual de la variable independiente.

Para verificar la ausencia de problemas de heterocedasticidad, emplearemos los contrastes de White y de Breusch-Pagan.

Contraste de White: Es una prueba estadística basada en los multiplicadores de Lagrange utilizada para evaluar la presencia de heterocedasticidad en un modelo de regresión.

Por tanto, las hipótesis serán:

H_0 : Homocedasticidad

H_1 : Heterocedasticidad

Tabla 8: Contraste de White (eficiencia y generación)

Contraste de heterocedasticidad de White				
MCO, usando las observaciones 1-265				
VARIABLES	COEFICIENTE	DES. TÍPICA	ESTADÍSTICO T	VALOR P
Const	0.00657283	0.00320998	2.048	0.0416**
P_NP	0.0120034	0.00481044	2.495	0.0132**
Valor p = 0.013301				

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Como podemos observar, el Contraste de White muestra un p valor de 0,013 inferior al nivel de significación 0,05, por tanto, rechazaremos la hipótesis nula de homocedasticidad.

Breusch-Pagan: Es una prueba estadística utilizada para evaluar la presencia de heterocedasticidad, examina si existe una relación sistemática entre los residuos del modelo y una o más variables independientes.

Las hipótesis serán:

H_0 : Homocedasticidad

H_1 : Heterocedasticidad

Tabla 9: Contraste de Breusch-Pagan (eficiencia y generación)

Contraste de heterocedasticidad de Breusch-Pagan				
MCO, usando las observaciones 1-265				
VARIABLES	COEFICIENTE	DESV. TÍPICA	ESTADÍSTICO T	VALOR P
Const	0.551517	0.269345	2.048	0.0416**
P_NP	1.00719	0.403637	2.495	0.0132**
Valor p = 8.31335e-09				

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Al igual que en el contraste de White, el p valor del contraste de Breusch-Pagan es inferior a 0,05, por lo tanto, rechazamos la hipótesis nula de homocedasticidad.

Dado que ambos contrastes indican presencia de problemas de heterocedasticidad, será necesario estimar el modelo con desviaciones típicas robustas a heterocedasticidad.

Tabla 10: Estimación robusta del modelo de eficiencia y generación

Modelo 2: MCO, usando las observaciones 1-265				
Variable dependiente: Ef				
VARIABLES	COEFICIENTE	DESV. TÍPICA	ESTADÍSTICO T	VALOR P
Const	0.740090	0.00671217	110.3	3.48e-222***
P_NP	-0.0440257	0.0142715	-3.085	0.0023***

Fuente: Gretl. Elaboración propia

En este modelo la eficiencia depende negativamente de producir energía eléctrica, ya que el valor de β_1 es negativo.

Una vez realizada la estimación robusta del modelo, analizaremos si la variable P_NP es significativa o no empleando el contraste de significatividad individual.

Tabla 11. Contraste de significatividad individual (eficiencia y generación)

Restricción: $b[P_NP] = 0$
Estadístico de contraste: F robusto (1, 263) = 9.51641, con valor p = 0.00225361

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Como observamos en la tabla 11, el p valor es inferior a 0,05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula de $\beta_1 = 0$ y podemos afirmar que la variable P_NP es significativa, es decir, la generación o no de energía eléctrica por parte de las empresas influye en la eficiencia.

Tras conocer la significatividad de la variable generación de energía eléctrica, procedemos a analizar la variable del tamaño, medida en número de empleados.

5.3. Resultados del modelo de tamaño de las empresas

En este modelo, se tratará de conocer en que media afectará la variable Nemp a la eficiencia de las empresas. La regresión tendrá la siguiente forma:

$$Ef = \beta_0 + \beta_1(Nemp) + u_t$$

Donde:

Ef: Es la variable dependiente. Corresponde al índice de eficiencia técnica de las empresas del sector calculado mediante la translog.

Nemp: Número de trabajadores de cada empresa.

Tabla 12: Estimación por MCO eficiencia y tamaño de las empresas

Modelo 3: MCO, usando las observaciones 1-265				
Variabes	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico T	Valor p
Const	0.719741	0.00718899	100.1	2.03e-211***
Nemp	2.31790e-05	6.64869e-05	0.3486	0.7276

Fuente: Gretl. Elaboración propia

En este modelo, la eficiencia depende positivamente del número de empleados, ya que el valor de β_1 es mayor que cero.

A continuación, se realizarán los contrastes de White y de Breusch-Pagan para verificar la ausencia de heterocedasticidad. Las hipótesis serán las mismas que las enunciadas anteriormente.

Tabla 13: Contrastes de White y Breusch-Pagan (eficiencia y tamaño)

	Contraste de White	Contraste de Breusch-Pagan
Estadístico de contraste	1,338970	3,91498
P valor	0,511972	0,0478577

Fuente: Gretl. Elaboración propia

El contraste de White muestra un p valor superior al nivel de significación, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad. Sin embargo, el contraste de Breusch-Pagan muestra un p valor ligeramente inferior a 0,05 rechazando la hipótesis nula y dando evidencias de la posible presencia de heterocedasticidad.

Ante la posible presencia de homocedasticidad en la estimación del modelo, es necesario aplicar la estimación robusta para solucionarlo.

Tabla 14: Estimación robusta del modelo de eficiencia y tamaño

Modelo 4: MCO, usando las observaciones 1-265				
Variables	Coefficiente	Desv. Típica	Estadístico T	Valor p
Const	0,719741	0,00731860	98,34	1,98e-209***
Nemp	2,31790e-05	3,68731e-05	0,6286	0,5301

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Una vez realizada la estimación robusta del modelo, analizaremos si la variable Nemp es significativa o no empleando el contraste de significatividad individual.

Tabla 15. Contraste de significatividad individual (eficiencia y generación)

Restricción: $b[\text{Nemp}] = 0$
Estadístico de contraste: F robusto (1, 263) = 0.395157, con valor p = 0.530147

Fuente: Gretl. Elaboración propia

En este caso, dado que el p valor es mayor que 0,05, no se rechaza la hipótesis nula y por tanto la variable Nemp no es significativa.

A continuación, con el objetivo de aportar mayor estabilidad a los regresores y aportar otra visión, ampliaremos el análisis con la estimación de un modelo logarítmico.

Donde:

l_Ef : Es la variable dependiente. Corresponde al logaritmo neperiano del índice de eficiencia técnica de las empresas del sector calculado mediante la translog.

l_Nemp : Es el logaritmo neperiano del número de trabajadores de cada empresa.

Tabla 16: Modelo en logaritmos (Eficiencia y tamaño)

Modelo 5: MCO, usando las observaciones 1-265				
VARIABLES	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico T	Valor p
Const	-0.378476	0.0240769	-15.72	1.03e-039***
l_Nemp	0.0150615	0.00950239	1.585	0.1142

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Para comprobar si el modelo presenta problemas de heterocedasticidad con la estimación en logaritmos, vamos a realizar los contrastes de White y Breusch-Pagan.

Tabla 17: Contrastes de White y Breusch-Pagan del modelo en logaritmos (eficiencia y tamaño)

	Contraste de White	Contraste de Breusch-Pagan
Estadístico de contraste	1.49507	14.7485
P valor	0.473533	0.000122847

Fuente: Gretl. Elaboración propia

En la tabla 17, podemos comprobar que, al igual que en la estimación sin logaritmos, el contraste de White muestra un p valor superior al nivel de significación, por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad. Sin embargo, el contraste de Breusch-Pagan muestra un p valor ligeramente inferior a 0,05, rechazando la hipótesis nula y dando evidencias de la posible presencia de heterocedasticidad.

Dada la presencia de heterocedasticidad, será necesaria la realización de la estimación robusta del modelo.

Tabla 18: Estimación robusta del modelo en logaritmos (eficiencia y tamaño)

Modelo 6: MCO, usando las observaciones 1-265				
Variabales	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico T	Valor p
Const	-0.378476	0.0240734	-15.72	1.01e-039***
l_Nemp	0.0150615	0.00674326	2.234	0.0264

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Una vez realizada la estimación robusta del modelo, analizaremos si la variable Nemp es significativa o no empleando el contraste de significatividad individual.

Tabla 19: Contraste de significatividad individual modelo logarítmico (eficiencia y tamaño)

Restricción: $b[l_Nemp] = 0$
Estadístico de contraste: F robusto (1, 263) = 4.98881, con valor p = 0.026353

Fuente: Gretl. Elaboración propia

En este caso observamos que el p valor es menor que 0,05, por tanto, se rechaza la hipótesis nula de no significatividad y la variable l_Nemp será significativa.

5.4. Resultados del modelo de posesión de empresas participadas

La variable objeto de estudio es el número de empresas participadas que posee cada empresa. Por empresa participada, se entiende una compañía en la cual otra entidad posee una participación significativa de sus acciones o capital, pero no tiene control total sobre su gestión o decisiones estratégicas.

La regresión tendrá la siguiente forma:

$$Ef = \beta_0 + \beta_1(EP) + u_t$$

Donde:

Ef: Es la variable dependiente. Corresponde al índice de eficiencia técnica de las empresas del sector calculado mediante la translog.

EP: Número de empresas participadas que posee cada empresa.

Tabla 20: Estimación por MCO eficiencia y empresas participadas

Modelo 7: MCO, usando las observaciones 1-265				
Variabes	Coficiente	Desv. Típica	Estadístico T	Valor p
Const	0,722506	0,00744565	97,04	6,08e-208***
EP	-0,00162682	0,00233305	-0,6973	0,4862

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Podemos observar que, en este modelo, la eficiencia depende negativamente del número de empresas participadas, ya que el valor de β_1 es menor que cero.

Posteriormente, con el objetivo de verificar la ausencia de heterocedasticidad, se realizarán los contrastes de White y de Breusch-Pagan.

Tabla 21: Contrastes de White y Breusch-Pagan (eficiencia y empresas participadas)

	Contraste de White	Contraste de Breusch-Pagan
Estadístico de contraste	2,41355	9,55643
P valor	0,29916	0,0019925

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Observamos que, el contraste de White no rechaza la hipótesis nula pero el de Breusch-Pagan si lo hace, por ello, ante evidencias de heterocedasticidad lo mejor es realizar la estimación robusta del modelo.

Tabla 22: Estimación robusta (eficiencia y empresas participadas)

Modelo 8: MCO, usando las observaciones 1-265				
Variabes	Coficiente	Desv. Típica	Estadístico T	Valor p
Const	0,722506	0.00746778	96.75	1.30e-207***
EP	-0,00162682	0.0035469	-0.4587	0.6469

Fuente: Gretl. Elaboración propia

En la estimación robusta del modelo, observamos un coeficiente similar de β_1 que indica que la variable EP influye negativamente en la eficiencia.

Finalmente, para verificar la significatividad de la variable, realizaremos su contraste de significatividad individual.

Tabla 23: Contraste de significatividad individual (eficiencia y empresas participadas)

Restricción: $b[EP] = 0$
Estadístico de contraste: F robusto (1, 263) = 0,210368, con valor p = 0,646858

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 23, el p valor es superior al nivel de significación, lo cual indica el no rechazo de la hipótesis básica de no significatividad de la variable EP.

5.5. Resultados del modelo de producción, tamaño y empresas participadas

Tras elaborar los modelos anteriores con las distintas variables de estudio, puede ser interesante analizar el comportamiento de un modelo que combine todas ellas.

La regresión tendrá la siguiente forma:

$$Ef = \beta_0 + \beta_1(P_NP) + \beta_2(Nemp) + \beta_3(EP) + u_t$$

Donde:

Ef: Es la variable dependiente. Corresponde al índice de eficiencia técnica de las empresas del sector calculado mediante la translog.

β_0 : Es el parámetro de posición.

β_1 : Es el parámetro que acompaña a la variable P_NP.

β_2 : Es el parámetro que acompaña a la variable Nemp.

β_3 : Es el parámetro que acompaña a la variable EP.

P_NP: Es una variable ficticia, en la cual el valor 0 significa que la empresa no es productora, mientras que el valor 1 significa que la empresa produce energía eléctrica.

Nemp: Número de trabajadores de cada empresa.

EP: Número de empresas participadas que posee cada empresa.

Tabla 24: Estimación por MCO eficiencia, producción, tamaño y empresas participadas

Modelo 9: MCO, usando las observaciones 1-265				
VARIABLES	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico T	Valor p
Const	0.739543	0.00919190	80.46	3.04e-186 ***
P_NP	-0.0445349	0.0139548	-3.191	0.0016 ***
Nemp	7.59452e-05	7.80244e-05	0.9734	0.3313
EP	-0.00134307	0.00278477	-0.4823	0.6300

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Podemos observar que, en este modelo, la eficiencia depende negativamente de producir energía eléctrica y del número de empresas participadas ya que el valor de β_1 y β_3 es menor que cero, por su parte, el tamaño afecta positivamente a la eficiencia.

Posteriormente, con el objetivo de verificar la ausencia de heterocedasticidad, se realizarán los contrastes de White y de Breusch-Pagan.

Tabla 25: Contrastes de White y Breusch-Pagan (eficiencia y empresas participadas)

	Contraste de White	Contraste de Breusch-Pagan
Estadístico de contraste	22.5724	54.4697
P valor	0.00395885	8.90917e-12

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Observamos que tanto el contraste de Breusch-Pagan como el de White rechazan la hipótesis nula de ausencia de heterocedasticidad, por ello, ante evidencias de heterocedasticidad, lo mejor es realizar la estimación robusta del modelo.

Tabla 26: Estimación robusta (eficiencia, producción, tamaño y empresas participadas)

Modelo 10: MCO, usando las observaciones 1-265				
VARIABLES	Coeficiente	Desv. Típica	Estadístico T	Valor p
Const	0.739543	0.00707383	104.5	4.93e-215 ***
P_NP	-0.0445349	0.0145094	-3.069	0.0024 ***

Nemp	7.59452e-05	9.10438e-05	0.8342	0.4050
EP	-0.00134307	0.00496247	-0.2706	0.7869

Fuente: Gretl. Elaboración propia

En la estimación robusta del modelo observamos un coeficiente similar de β_1 , β_2 y β_3 que indica que las variables P_NP y EP influyen negativamente en la eficiencia mientras que la variable Nemp influye positivamente.

Finalmente, realizaremos un contraste de significatividad conjunta de las variables

Tabla 27: Contraste de significatividad conjunta

Restricción: b[P_NP] = 0 b[Nemp] = 0 b[EP] = 0
Estadístico de contraste: F robusto (3, 261) = 3.24001, con valor p = 0.0226849

Fuente: Gretl. Elaboración propia

Como se aprecia en la tabla 27, el p valor es inferior al nivel de significación lo cual indica el rechazo de la hipótesis básica de no significatividad conjunta de las variables P_NP, Nemp y EP.

5.6. Conclusiones análisis econométrico

Las principales conclusiones de este análisis econométrico son:

- La generación de energía eléctrica afecta negativamente a la eficiencia y es una variable significativa. Por tanto, es más eficiente para las empresas comercializar energía proveniente de otras entidades en vez de generar y comercializar la suya propia.
- El tamaño de las empresas tiene influencia positiva en la eficiencia, pero la variable únicamente es significativa en la estimación logarítmica robusta del modelo.
- La posesión de empresas participadas afecta negativamente a la eficiencia, sin embargo, esta variable no es significativa.
- Las tres variables combinadas en un modelo tienen una influencia significativa en la eficiencia de las empresas del sector.

6. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo es presentar una panorámica sobre el sector del comercio de energía eléctrica en España, y averiguar si el grado de eficiencia técnica de las empresas pertenecientes al sector se ve afectado por (i) el hecho de generar o no la energía comercializada, (ii) el tamaño, ya que las empresas que generan y comercializan su energía suelen ser más grandes que las que únicamente la comercializan y (iii) el hecho de tener empresas participadas, debido a que estas pueden permitir la coordinación de las empresas con otras que se emplean en otras ramas del sector.

Para ello, he calculado las eficiencias a través de la estimación de la frontera translogarítmica de una muestra de 265 empresas extraída de la base de datos SABI.

Las principales conclusiones del trabajo son:

- El sector aglutina a 11.834 empresas que generan 44.802 puestos de trabajo y con una cifra de negocios de 189.412.289 miles de euros. Además, encontramos dos tipos de comercializadores, los de referencia, designados por el gobierno y los libres, que operan en el mercado energético. Actualmente, el sector presenta un 71% de comercializadores libres frente a un 29% de comercializadores de referencia. Esto evidencia el avance en la liberalización del sector.

- La eficiencia media del sector es del 72%. La empresa más eficiente cuenta con un índice del 94,9% mientras que la menos eficiente con un 14,1%.

- Se aprecia una gran diferencia en términos de ventas entre Endesa e Iberdrola y el resto de las empresas.

- La generación de energía eléctrica afecta negativamente a la eficiencia. Por tanto, es más eficiente para las empresas comercializar energía proveniente de otras entidades en vez de generar y comercializar la suya propia.

- El tamaño de las empresas tiene influencia positiva en la eficiencia, pero la variable únicamente es significativa en la estimación logarítmica robusta del modelo.

- La posesión de empresas participadas afecta negativamente a la eficiencia, sin embargo, la influencia de esta variable no es estadísticamente significativa

- Por último, las tres variables combinadas en un modelo tienen una influencia significativa en la eficiencia de las empresas del sector.

7. BIBLIOGRAFÍA

FARRELL, M.J. (1957). 'The Measurement of productive Efficiency'. Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General), Vol. 120, No. 3 (1957), páginas 253-290

Westreicher, G. (2022, 24 noviembre). Eficiencia económica. Economipedia.

<https://economipedia.com/definiciones/eficiencia-economica.html>

Base de datos SABI: Sistema de Análisis de Balances ibéricos. (2023).

<https://biblioteca.uoc.edu/es/Coleccion-digital-por-areas-de-estudio/coleccion/SABI-Sistema-de-Analisis-de-Balances-Ibericos/>

(Consultado en noviembre de 2023)

Energía eólica: generación por CC. AA en España en 2023 | Statista. (2024, 22 mayo).

Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1004140/generacion-eolica-por-region-en-espana/#:~:text=Castilla%20y%20Le%C3%B3n%20gener%C3%B3n%20aproximadamente,y%20la%20tercera%20posici%C3%B3n%20respectivamente.>

Estructura del sector. (2023). Ministerio Para la Transición Ecológica y el Reto

Demográfico. <https://www.miteco.gob.es/es/energia/energia-electrica/electricidad/sector-electrico.html>

AGOSTI, L., PADILLA, A. J., REQUEJO, A., (s. f.). 'El mercado de generación eléctrica en España: Estructura, funcionamiento y resultados.'

<https://www.mintur.gob.es/publicaciones/publicacionesperiodicas/economiaindustrial/revistaeconomiaindustrial/364/21.pdf>

Redeia. (2022). El 75% de la generación aragonesa es renovable [Comunicado de prensa].

https://www.ree.es/sites/default/files/07_SALA_PRENSA/Documentos/2023/NP_Aragon.pdf

Eléctrica, R. (s. f.). REData - Estructura generación. Red Eléctrica.

<https://www.ree.es/es/datos/generacion/estructura-generacion>

System, I. A. (2024, 8 mayo). ¿Qué es la generación y distribución de energía

eléctrica?. <https://www.audinfosystem.es/todo-energia/que-es-la-generacion-y-distribucion-de-energia-electrica/>

1.2. Historia de la electricidad en España - Energía y Sociedad. (2024, 17 abril). Energía y Sociedad. <https://www.energiaysociedad.es/manual-de-la-energia/1-2-historia-de-la-electricidad-en-espana/>

Instituto de Investigación Tecnológica. Universidad Pontificia Comillas., & GÓMEZ SAN ROMAN, T. (s. f.). REGULACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA.: PRINCIPIOS y MECANISMOS DE RETRIBUCIÓN. <https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/364/113.pdf>

Pérez, M. (s. f.). Las cuatro grandes energéticas dominan el mercado eléctrico español. Economía Digital. <https://www.economiadigital.es/noticias/las-cuatro-grandes-energeticas-dominan-el-mercado-electrico-espanol.html#:~:text=Iberdrola%20se%20posiciona%20como%20I%C3%ADder,con%20un%204%2C3%25>

Informe de supervisión de los cambios de comercializador-Cuarto trimestre de 2022 y avance 2023. (2023) En Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (IS/DE/014/22). <https://www.cnmc.es/sites/default/files/5047713.pdf>

Informe del sistema eléctrico | Informes del sistema. (2023). <https://www.sistemaelectrico-ree.es/informe-del-sistema-electrico>

INE - Instituto Nacional de Estadística. (s. f.). Principales magnitudes según actividad principal (CNAE-2009 a 1, 2, 3 y 4 dígitos) (36167). INE. <https://www.ine.es/jaxiT3/Datos.htm?t=36167>

Eléctrica, R. (s. f.-b). REData - Evolucion renovable no renovable. Red Eléctrica. <https://www.ree.es/es/datos/generacion/evolucion-renovable-no-renovable>

ÍNDICE DEL ANEXO

GRÁFICO 1: EVOLUCIÓN DEL PORCENTAJE DE ENERGÍA RENOVABLE FRENTE A NO RENOVABLE.....42

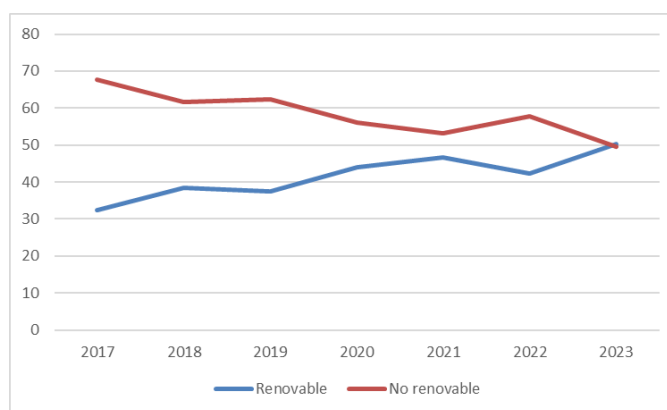
TABLA 1: EMPRESAS DE LAS PROVINCIAS ARAGONESAS42

GRÁFICO 2: LA FRONTERA DE PRODUCCIÓN43

GRÁFICO 3: LAS TRES EMPRESAS CON MAYORES VENTAS DEL SECTOR43

8. ANEXO

Gráfico 1: Evolución del porcentaje de energía renovable frente a no renovable



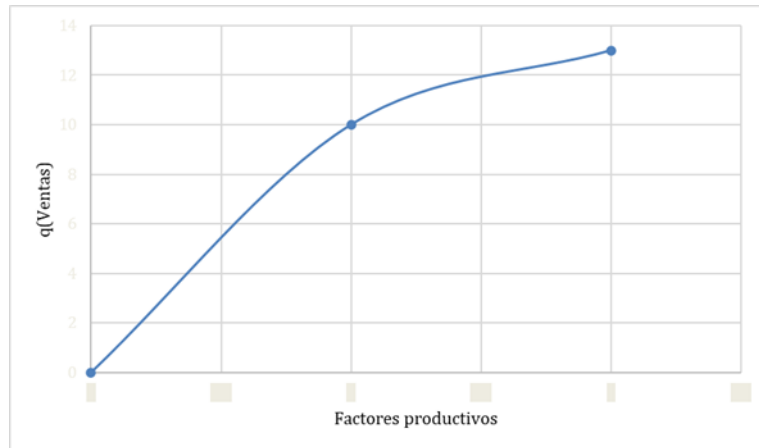
Fuente: REE y elaboración propia

Tabla 1: Empresas de las provincias aragonesas

Nombre	Provincia	Eficiencia
ENERJOIN SL.	ZARAGOZA	0,66094712
ARAENERGY MANAGEMENT SOCIEDAD LIMITADA.	ZARAGOZA	0,70639665
LABOIL ENERGIA SOCIEDAD LIMITADA.	HUESCA	0,72193858
TENSINA DE ENERGIA Y SERVICIOS SL.	HUESCA	0,74408374
SYDER COMERCIALIZADORA VERDE SOCIEDAD LIMITADA.	ZARAGOZA	0,76436568
ELECTRICA BENASQUE SL.	HUESCA	0,76658971
EZERO ENERGIA FUTURA SOCIEDAD LIMITADA.	ZARAGOZA	0,76978728
ENERGIAS DE PANTICOSA COMERCIALIZADORA SOCIEDAD LIMITADA.	HUESCA	0,77520918
AB ENERGIA 1903 SOCIEDAD LIMITADA.	HUESCA	0,78399757
MULTIENERGIA VERDE SOCIEDAD LIMITADA.	ZARAGOZA	0,86764167

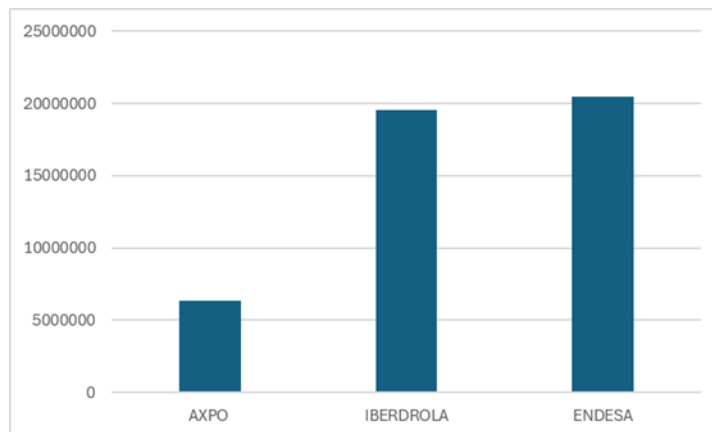
Elaboración propia

Gráfico 2: La frontera de producción



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 3: Las tres empresas con mayores ventas del sector



Fuente: Elaboración propia