



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

**Eficiencia en el sector de las energías renovables: la
energía hidroeléctrica y eólica**

**Efficiency in the renewable energy sector:
hydroelectric and wind energy**

Autor:

Rocío Viamonte Lapuente

Tutores:

M^a. Dolores Esteban Álvarez

José M. Hernández García

Facultad de Economía y Empresa

2021-2022

Resumen

El presente trabajo comienza con un análisis del contexto mundial y nacional del sector de las energías renovables, centrándose especialmente en las energías hidroeléctricas y eólicas. Para llevar a cabo el análisis se presentan los principales datos económicos de la industria, su estructura y la localización geográfica de la producción. A continuación, se han extraído los datos de las empresas hidroeléctricas y eólicas a través de la base SABI y se han calculado sus índices de eficiencia a través de la estimación del modelo no paramétrico DEA. Además, una vez obtenidos estos índices, se ha realizado un estudio econométrico para obtener conclusiones acerca de la influencia de las variables “tamaño de la empresa” y “localización geográfica” en la eficiencia de las empresas. En base a los resultados obtenidos se llega a la conclusión de que las empresas hidroeléctricas de mayor tamaño y que pertenecen a Aragón son más eficientes, mientras que las empresas eólicas más eficientes son de tamaño medio y el hecho de pertenecer a Aragón no influye sobre sus índices de eficiencia.

Abstract

The present assignment begins doing an analysis from the global and national context of the renewables energies sector, focusing specially on hydroelectric and wind energies. To carry through this analysis, presents itself the primary economical industry's pieces of information, it's framework and the geographical production's location. Below, hydroelectric and wind energies datum have been extracted through the SABI knowledge and the efficiency index have been estimated through the no-parametric model DEA. In addition, one time these index have been obtained, an econometric study has been conducted to obtain conclusions about the “business size” and “geographical location” changeable's influence in the business efficiency. Based on the obtained results, it gets to the following conclusion; bigger hydroelectric business that belong to Aragon are more efficient, while the most efficient wind business are medium size. In addition, belong to Aragon doesn't mean having influence above efficiency.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	6
2.	CONTEXTO.....	8
	2.2 Las energías renovables y no renovables	8
	2.3 Las energías renovables a nivel mundial.....	9
	2.3.1 Origen, evolución y actualidad del sector de las energías renovables.....	9
	2.3.2 Objetivos de crecimiento de las energías renovables	11
	2.4 Las energías renovables en España: origen y actualidad.....	12
	2.4.1 Objetivos de las energías renovables en España	15
	2.5 Inversión en energía renovable global y europea	15
	2.6 Inversión en el sector de la energía renovable en España	16
3.	MARCO TEÓRICO	18
	3.1 Concepto de eficiencia.....	18
	3.2 Métodos de medición de la eficiencia	19
	3.3 El Análisis Envolvente de Datos (DEA)	20
4.	RESULTADOS OBTENIDOS.....	21
	4.1 Obtención y análisis muestral.....	21
	4.2 Aplicación de la envolvente de datos (DEA)	24
	4.3 La eficiencia en el sector de las energías renovables	24
	4.3.1 El sector de producción de energía hidroeléctrica.....	24
	4.3.2 El sector de producción de energía de origen eólica	29
5.	ANÁLISIS ECONÓMICO	34
	5.1 Eficiencia, localización geográfica y tamaño empresarial.	34
	5.1.1 Eficiencia de las empresas localizadas en Aragón	35
	5.1.2 Eficiencia de las empresas según su tamaño	38
6.	CONCLUSIONES.....	41

7. BIBLIOGRAFÍA	43
-----------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generación de energía (GWh) y crecimiento	18
Tabla 3. Clasificación de las empresas hidroeléctricas en función de su tamaño	23
Tabla 4. Clasificación de las empresas eólicas en función de su tamaño.....	23
Tabla 5. Análisis descriptivo de los resultados de las empresas hidroeléctricas obtenidos por el método DEA.....	25
Tabla 6. Empresas hidroeléctricas eficientes a nivel nacional	26
Tabla 7. Empresas hidroeléctricas más ineficientes a nivel nacional.....	27
Tabla 8. Análisis descriptivo de los resultados de las empresas eólicas obtenidos por el método DEA.....	29
Tabla 9. Empresas de producción de energía eólica eficientes a nivel nacional	30
Tabla 10. Empresas de producción de energía eólica más ineficientes a nivel nacional	31
Tabla 11. Regresión localización de las empresas hidroeléctricas en Aragón	36
Tabla 12. Contrastes de heterocedasticidad de la regresión localización de las empresas hidroeléctricas en Aragón.....	36
Tabla 13. Regresión localización de las empresas eólicas en Aragón.....	37
Tabla 14. Contrastes de heterocedasticidad de la regresión localización de las empresas eólicas en Aragón	37
Tabla 15. Estimación robusta del modelo de las empresas eólicas aragonesas.....	37
Tabla 16. Regresión tamaño de las empresas hidroeléctricas	38
Tabla 17. Contrastes de heterocedasticidad del tamaño de las empresas hidroeléctricas	39
Tabla 18. Estimación robusta del modelo del sector hidroeléctrico.....	39
Tabla 19. Regresión tamaño de las empresas eólicas.....	40
Tabla 20. Contrastes de heterocedasticidad del tamaño de las empresas eólicas.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Capacidad de generación renovable por tipo de fuente a nivel mundial	10
Figura 2. Generación de energía renovable en España.....	14
Figura 3. Los métodos de medición de la eficiencia.....	20
Figura 4. Histograma de eficiencia del sector de energía hidroeléctrico.....	25
Figura 5. Eficiencia media de las empresas hidroeléctricas por Comunidad Autónoma	28
Figura 6. Eficiencia media de las empresas hidroeléctricas en función de su tamaño..	29
Figura 7. Histograma de eficiencia de las empresas eólicas.	30
Figura 8. Eficiencia media de las empresas eólicas por Comunidad Autónoma.....	33
Figura 9. Eficiencia media de las empresas eólicas según su tamaño	33

1. INTRODUCCIÓN

El sector de las energías renovables comprende multitud de actividades dedicadas a la energía eléctrica en España correspondientes a la producción, transporte y distribución de energía eléctrica, con código CNAE 351. En nuestro trabajo nos vamos a centrar en las actividades 3515 y 3518 dedicadas a la producción de energía hidroeléctrica y producción de energía eléctrica de origen eólico.

El sector de las energías renovables es importante para la economía española por su potente crecimiento en los últimos años, supone el 1,05% del Producto Interior Bruto (PIB) y, en lo referente al empleo, el sector ha generado más de 80.000 puestos de trabajo según los últimos datos disponibles. Por ello, resulta importante analizar el grado de eficiencia de las empresas dedicadas al sector de las energías limpias, así como los factores que influyen sobre ella.

En este trabajo de fin de grado se propone: (i) describir el sector de energías renovables y su posición a nivel global y nacional, (ii) analizar el grado de eficiencia de las empresas productoras de energía renovable, poniendo especial énfasis sobre las empresas localizadas en la Comunidad de Aragón por su importante crecimiento de energía eólica y la alta potencia instalada de producción hidroeléctrica y (iii) hacer un estudio acerca de los factores que influyen en la eficiencia de las empresas del sector, así como una breve comparación entre las dos actividades analizadas. Para llevar a cabo el análisis se ha utilizado la base de datos SABI.

El trabajo queda dividido en cuatro partes. En la primera se va a hacer una presentación del sector y de los diferentes tipos de energía, luego se describe el origen y evolución de la producción de energía de origen hidráulico y eólico, analizando en primer lugar el contexto mundial y posteriormente el mercado de energía renovable español. Para ello se presentan los principales datos económicos de la industria, su localización geográfica, los objetivos del sector y datos recientes de inversión en él.

La segunda parte hace referencia al marco teórico, se señalan los principales conceptos de eficiencia, distinguiendo entre eficiencia técnica y asignativa, también se describen los tipos de enfoque que pueden utilizarse para medir la eficiencia: el enfoque paramétrico y enfoque no paramétrico, señalando los posibles métodos de medición que existen. La medición de eficiencia en el presente trabajo se hará desde el punto de vista del enfoque no paramétrico, concretamente se utilizará el método DEA.

En la tercera parte se analizan los datos disponibles extraídos de la base de datos SABI y los resultados de eficiencia, obtenidos por medio del programa R Commander y siguiendo la metodología DEA, tanto del subsector de energía eólica como el de energía hidroeléctrica. Además, se hace hincapié en la localización geográfica y el tamaño de las empresas a nivel nacional y se analiza la eficiencia obtenida en el caso concreto de Aragón.

En la cuarta parte, a partir de un modelo econométrico sencillo, se estudia el impacto que tienen ciertos factores sobre la eficiencia de las empresas. Los factores que se van a estudiar son la localización geográfica y el tamaño de las empresas del sector de energía hidroeléctrica y del sector de energía eólica, se utilizará la variable de Aragón

Finalmente, se reserva un apartado para comentar las conclusiones obtenidas a lo largo del trabajo. Se explican los resultados y las implicaciones que tienen una vez analizados los dos subsectores de energías renovables. Estas conclusiones se hacen a nivel nacional y también se hace una comparación con el caso concreto de las empresas de energía renovable aragonesas.

El principal motivo por el que decidí elegir el sector de las energías renovables en España fue por la potente expansión que ha tenido en los últimos años y la importancia que tiene actualmente en la sociedad el consumo responsable y ahorro energético. Esto ha despertado en mí un cierto interés, además, en Aragón se ha experimentado una evolución y transición de las fuentes de energía que me parece interesante investigar.

2. CONTEXTO

2.2 Las energías renovables y no renovables

Las energías renovables o energías limpias son aquellas fuentes de abastecimiento energético que tienen una capacidad de generación ilimitada. Las principales fuentes renovables que coexisten a nivel mundial son la energía eólica, hidráulica, solar, biomasa y biocarburos, geotérmica y las energías de origen marino. Mientras que las energías no renovables o energías fósiles tienen unas reservas limitadas, se consideran de este tipo el petróleo, carbón, gas natural, uranio y la energía nuclear.

En general la unidad de medición de estas fuentes es el megavatio (MW) o el gigavatio (GW), en función de si se quiere medir la producción de una planta de energía o la capacidad de una central eléctrica.

En este contexto, si nos centramos en las principales fuentes de energía renovable, cabe distinguir entre energía eólica, hidráulica y solar.

En primer lugar, la energía eólica es aquella capaz de transformar la energía proveniente de las masas de aire en energía eléctrica a través de aerogeneradores.

En cuanto a energía hidráulica, es un tipo de fuente de abastecimiento basado en el aprovechamiento de las corrientes o saltos de agua para la producción de energía eléctrica. Existen distintas formas de transformación, dependiendo del tipo de movimiento del agua, ya sea por construcción de presas, corrientes de ríos, mareas u olas.

Por último, la energía solar es aquella capaz de transformar las radiaciones solares en energía eléctrica o suministrar calor, su fuente es el sol y se produce a partir del efecto fotoeléctrico en los paneles o espejos solares. En función de la procedencia se distingue entre energía fotovoltaica, que transforma la radiación directamente en energía eléctrica, energía solar térmica o energía solar pasiva.

Así pues, la necesidad de abastecer a la población con recursos energéticos, independientemente de aquellos con stocks limitados que provocan un mayor encarecimiento conforme se ven reducidas las reservas, ha provocado la expansión de las energías renovables, permitiendo un almacenamiento energético capaz de adaptarse a la escasez o sobredemanda, además de ser una atractiva fuente por su compromiso medioambiental dadas las bajas emisiones y daños que provoca.

2.3 Las energías renovables a nivel mundial

2.3.1 Origen, evolución y actualidad del sector de las energías renovables

Dada la necesidad de una transformación energética, científicos comenzaron a aventurarse en la creación de energías alternativas o energías limpias que pudieran satisfacer la demanda de la población y redujeran los niveles de contaminación.

El origen de la energía renovable lo situamos en el siglo XI con los primeros avances tecnológicos en Europa que permitieron producir y expandir molinos de agua y de viento, los cuales incrementaban la productividad en actividades de moler, lavar, curtir o prensar. Nacían así las primeras energías hidráulicas y eólicas.

Hacia 1790, periodo previo a la Revolución Industrial, Europa contaba con miles de molinos, convirtiéndose en el continente con mayor diversificación energética, permitiendo la expansión en sectores de cuero y textil, así como de construcción.

El sector eólico tuvo su auge en la década de 1880 cuando Charles Brush creó la primera turbina aerogenerador que permitió llevar electricidad a zonas de Estados Unidos y Reino Unido. No fue hasta 1980 cuando se inauguró el primer parque eólico en Grecia, posteriormente se ha dado un exponencial crecimiento hasta nuestros días.

En cuanto a la energía hidráulica, la primera central que se creó fue en Northumberland, condado de Reino Unido en 1880. Durante los periodos posteriores se dieron importantes avances en este sector, uno de ellos fue el perfeccionamiento de las turbinas, permitiendo mejorar su productividad.

El sector de las energías renovables se caracteriza por su acelerado crecimiento y globalización, siendo un sector expansivo en aquellas regiones emergentes debido a los altos costes de desarrollo que conllevan, en comparación con las energías convencionales o fósiles.

La caída en la producción de energía de origen no renovable ha provocado que la demanda de las energías limpias se dispare, provocando cierta competitividad entre la industria. En Europa, concretamente, se ha creado cierta dependencia por las materias primas necesarias para su desarrollo con países como China.

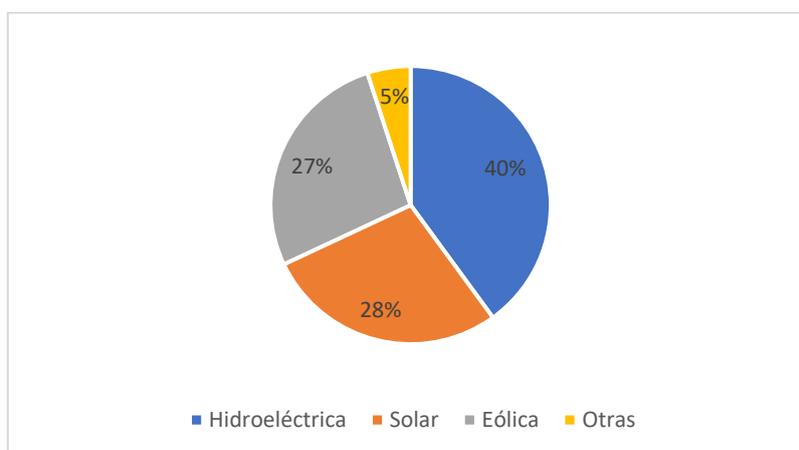
Según fuentes de la Comisión Europea los trabajos en sectores de energías y eficiencias renovables proporcionan empleo a tiempo completo a un total de 1,5 millones de personas, suponiendo un 0,7% del total de empleo en el continente, lo cual pone de manifiesto la reciente expansión de este sector en los últimos años.

Actualmente las energías renovables son, a nivel mundial, una de las fuentes de energía que mayores recursos aportan a la población. Según datos de la Agencia Internacional de la Energía (IEA) en fecha 2020, las energías renovables se encuentran dentro de las cuatro principales fuentes utilizadas de consumo primario a nivel mundial, representando un 12,6% del total, detrás de las energías del petróleo, carbón y el gas que representan, en conjunto, el 83% del total de energía consumida.

En el año 2010, según la base de datos de la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA), la capacidad de generación renovable era de 1.226,853 gigavatios (GW) mientras que en 2021 la capacidad de stock de producción de energías renovables ha seguido una tendencia creciente, incrementándose en un 9,1% respecto a 2020 y alcanzando los 3.064 gigavatios (GW). Por lo tanto, desde 2010 hasta 2021 se ha incrementado la producción renovable en un 149,7%.

La Figura 1 refleja las principales fuentes de capacidad generadora a nivel mundial, éstas son la energía hidroeléctrica con una capacidad de 1.230 GW, seguido de la energía solar y eólica, cuyas capacidades son de 849 GW y 825 GW, respectivamente.

Figura 1. Capacidad de generación renovable por tipo de fuente a nivel mundial



Fuente: IRENA (2021). Elaboración propia

A continuación, se aportan algunos datos actuales publicados por IRENA en relación con la localización de las mayores potencias generadoras y exportadoras de energías renovables en su conjunto y diferenciando entre energías eólicas e hidráulicas.

En la actualidad, Asia se ha convertido en la primera potencia con una capacidad generadora del 48%, de la cual gran parte se produce en China, América es la segunda potencia generadora donde se produce un 24% de la energía renovable global, con una

relevante expansión de Estados Unidos. En cuanto a Europa, cuenta con un porcentaje de producción global del 21%, seguido de los continentes de África y Oceanía los cuales han continuado expandiéndose, alcanzando unos porcentajes del 2% y 1% respectivamente.

En cuanto a energía hidráulica el Top 10 de países con capacidad instalada son China, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Federación Rusa, India, Noruega, Turquía, Japón y Francia.

En referencia a la energía eólica, los países con mayor generación energética son China, Estados Unidos, Alemania, India, España, Reino Unido, Brasil, Francia, Canadá y Suecia, lo cual pone de manifiesto la importante posición de la Unión Europea en la industria eólica.

Dentro de las principales potencias exportadoras de energía, tanto renovable como no renovable, encontramos a países como China, Paraguay, Noruega, Suecia o España que son también importantes exportadoras de energía hidroeléctrica debido a sus imponentes centrales de producción. No obstante, algunos de los principales países exportadores como Estados Unidos, España o Austria no tienen la suficiente capacidad para abastecer la alta demanda energética, deben de importarla y por ello sus balanzas energéticas son negativas.

2.3.2 Objetivos de crecimiento de las energías renovables

Con el fin de promover una transición energética, basada en la mejora de las capacidades de producción y eficiencia energética renovable, diferentes organismos internacionales, europeos y nacionales establecen una serie de acuerdos y objetivos a corto y largo plazo.

- **Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)**, son 17 objetivos aprobados por la ONU en 2015 y recopilados en la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible.

Entre éstos se encuentra el objetivo 7: *Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna* que recoge objetivos como la mejora de la eficiencia energética, el aumento considerable de la proporción de energías renovables en la totalidad energética o facilitar la cooperación y fomento de investigación de energías limpias.

- En 2016 en Europa se aprueba un paquete acerca de la **Unión de la Energía** que pretende concienciar a los países de la Unión Europea sobre de los beneficios de una profunda transformación energética que permita compatibilizar eficiencia energética con impacto medioambiental.

En 2021, como parte del Pacto Verde Europeo se establece una nueva serie de directrices, la Comisión tiene como objetivo para 2030 que, al menos, un 32% de la participación energética sea de origen renovable.

2.4 Las energías renovables en España: origen y actualidad

El camino de las energías renovables en España comienza en 1852 cuando el farmacéutico Francesc Doménech consigue la transformación de energía solar, poco después la expansión e interés de este tipo de energía promueve la aparición de las primeras compañías eléctricas.

En 1884 se comienza a explotar las fuentes hídricas de los ríos, el primero fue el Guadalquivir. Nace así la energía hidroeléctrica en España considerada como la principal fuente de energía renovable, a pesar de que la incorporación de otras fuentes y la alta demanda del siglo XX hicieran que perdiera peso.

El primer aerogenerador fue creado por la compañía Ecotécnica y comenzaría a ser operativo en 1984. El primer parque eólico se inauguró en 1994 en el municipio de Garriguella (Girona) siendo capaz de abastecer a 2.500 familias.

En el marco macroeconómico, según los últimos datos publicados por la Asociación de Empresas de Energía Renovable (APPA), el sector de energías renovables contribuye en un 1,05% al PIB, con una tasa de crecimiento del 10,7% en términos reales respecto al año 2017. Además, de registrarse más de 80.000 puestos de trabajo a nivel nacional dedicados a este sector.

Actualmente España es uno de los principales países generadores de energía renovable, según las estadísticas de 2021 de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), España tiene una capacidad de generación de 54.592 megavatios (MW) lo que supone una aportación energética del 2,1% a nivel mundial y un 9,5% a nivel europeo. Esto se ve reflejado en la tabla 1 del Anexo. Se sitúa en el tercer puesto del ranking de capacidad generadora a nivel europeo, precedido por Alemania e Italia y se encuentra,

según datos actuales, en el Top 10 de principales países generadores de energía eólica, concretamente en el quinto puesto.

España tiene capacidad de intercambio energético de origen renovable con sus países vecinos, Francia, Portugal, Marruecos y Andorra. Un 48,7% de los intercambios fueron exportaciones y un 51,3% importaciones, es decir, España importó más, por ello el saldo fue positivo e igual a 895 GWh. No obstante, ante la incorporación de nueva capacidad energética renovable la posición importadora de España se ha visto reducida en los últimos años ya que disminuye el precio de la producción nacional.

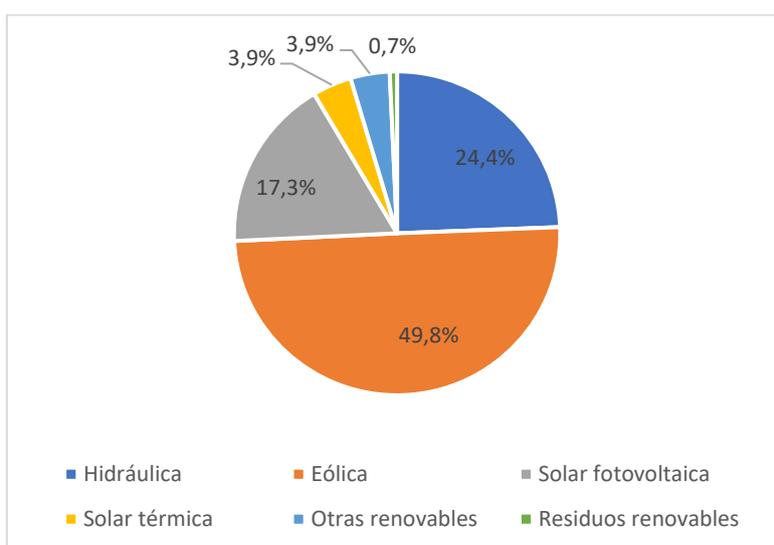
El consumo primario en España, según un estudio de APPA renovables, sitúa a las energías limpias como la tercera fuente de consumo nacional con un porcentaje del 16,8% en 2020 por detrás del petróleo y el gas cuyos porcentajes son del 41,5% y 25,5% respectivamente. Cabe destacar el incremento producido en los últimos años de 2,5 puntos porcentuales respecto a 2019, sin tener en cuenta la pandemia del COVID-19 que hizo reducir el consumo fósil por el confinamiento.

Las tecnologías renovables cubrieron en un 44% la demanda eléctrica peninsular, siendo predominante la energía eólica con una aportación del 21,6%, seguida de las energías hidráulicas y fotovoltaicas que aportaron un 12% y 8% respectivamente.

Según datos actualizados del grupo Red Eléctrica de España, un 46,7% de la energía total generada es renovable, el 23,3% del conjunto energético es suministrado por energía eólica, un 11,4% por energía hidráulica y un 8,1% por energía fotovoltaica.

A continuación, en la Figura 2 se representa el porcentaje de generación de energía renovable en función de cada tipo de energía según datos del grupo Red Eléctricas de España. El gráfico se ha construido en base a los datos de la tabla 2 del Anexo.

Figura 2. Generación de energía renovable en España



Datos: Red Eléctrica de España. Elaboración propia

Las principales comunidades autónomas con capacidad de generación energética renovable, según la Red Eléctrica de España a fecha 2021, fueron Castilla y León, Galicia, Andalucía, Aragón y Castilla-La Mancha. Se ha procedido a calcular los porcentajes de aportación energética los cuales podemos observar en la tabla 3 del Anexo y corresponden al 19,8%, 14,8%, 13,4%, 12,3% y 11% respectivamente. Entre estas cinco comunidades se produce más del 70% de la capacidad de generación nacional. Aquellas comunidades que menos energía aportan son Ceuta y Melilla, Islas Baleares, Cantabria y Madrid con unos porcentajes del 0,0%, 0,3%, 0,3% y 0,4% respectivamente.

La energía hidráulica ha generado en 2020, según los datos Red Eléctrica de España, 30.632 GWh, siendo la segunda principal fuente renovable. España cuenta con 55.000 hectómetros cúbicos de capacidad en embalses, de los cuales el 40% está destinado a la transformación en energía eléctrica.

La comunidad con mayor potencia energética de origen hidráulico a nivel nacional es Castilla y León, representando un 29,6% de energía instalada. Seguidamente se encuentra Galicia, Cataluña, Aragón y Extremadura con unos porcentajes del 26%, 11,4%, 8,9% y 7,4% respectivamente. Entre estas 5 comunidades existe una capacidad de producción de casi el 80% de energía hidráulica nacional.

Según el Anuario Eólico 2021 elaborado por la Asociación de Energías Eólicas, España cuenta con 1.265 parques eólicos repartidos entre más de 1.000 municipios, y un total de

21.419 aerogeneradores. A cifras de 2021 se conoce que la producción eólica fue de 60.496 GWh. La comunidad con mayor potencia eólica instalada es Castilla y León cuya capacidad de generación es del 21,9%, seguido de Aragón, Galicia, Castilla la Mancha y Andalucía cuyos porcentajes son del 16,9%, 15,8%, 12,7% y del 12% respectivamente. Estas comunidades cuentan con un importante número de parques eólicos en funcionamiento, 267 en Castilla y León , 179 en Galicia, 168 en Aragón y 162 en Andalucía. Además, las comunidades que más energía eólica han instalado en 2020, según señala AEE, han sido Aragón con una potencia instalada de 1.050Mw, seguido de Navarra, Castilla y León, Castilla-La Mancha e Islas Canarias. Zaragoza pasó de ser la tercera principal provincia generadora de energía eólica en 2019 a ser la primera en 2020, convirtiéndose en la primera provincia que supera los 5 teravatios (TWh), por detrás se encuentra Luego y Burgos.

2.4.1 Objetivos de las energías renovables en España

Algunos de los propósitos principales que tiene España en cuanto a transición energética renovable son los siguientes.

- Objetivo de cumplir con el **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030** remitido a la Comisión Europea para su posterior aprobación. En 2020 se cumplió con el objetivo de cubrir al menos un 20% de la demanda eléctrica con energías renovables y con el del 20% de eficiencia energética.
- En 2022 el Gobierno aprueba el **Plan de Desarrollo de la Red de Transporte de Energía Eléctrica** en el horizonte de 2026, con el cual se quiere reducir la generación de gas en centrales y para ello se propone alcanzar el 70% de conexión e integración de energías renovables.

2.5 Inversión en energía renovable global y europea

Según la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), ha habido una transición de una inversión mundial en energías limpias de 50.000 millones en 2004 a 300.000 millones en los últimos años, superando la inversión en combustibles de origen fósil.

Se estima que la Unión Europea, según el último informe acerca de la situación de la competitividad de las energías limpias, invierte en investigación e innovación (I+i) de

energías renovables alrededor de 20.000 millones de euros al año. Estos fondos aportan un 6% del total de inversión a I+i que se realiza; los gobiernos se encargan del 17% y las empresas del 77% restante. Europa se encuentra por debajo de todas las economías globales en términos de inversión, sin embargo, junto a Japón, es líder en competidores internacionales de patentes en energías limpias.

Según datos de 2018 aportados por el programa para el medio ambiente de la ONU, la mayor inversión global fue en energías fotovoltaicas, seguido de las energías eólicas cuya inversión se incrementó en un 2%, alcanzando los 134.000 millones de dólares. La energía hidroeléctrica de plantas de generación grande quedó muy por detrás, con una disminución en inversión de 24.000 millones de dólares, esto se debe a que la mayoría de las plataformas tienen más de 45 años y requieren importantes reformas que permitan mejorar el rendimiento.

La inversión de 2021 en energía hidroeléctrica se ha recuperado gracias a nuevas y grandes inversiones en centrales eléctricas localizadas en China y Turquía, permitiendo que esta fuente se mantenga como la principal energía generadora.

Según la plataforma de inteligencia WindEurope, en 2021 se invirtieron en la Unión Europea 41.400 millones de euros en construcción de parques eólicos, financiándose un total de 19 GWh en nuevos proyectos.

2.6 Inversión en el sector de la energía renovable en España

España se consolida como una de las principales potencias renovables en Europa, siendo un país que cuenta con un importante crecimiento en términos de generación de energía eléctrica.

En los últimos años se ha producido una expansión sin precedentes en inversión de energías limpias. Según la compañía de investigación BloombergNEF España se consolidó en 2020 como el tercer país más atractivo para invertir en transición energética a nivel mundial. Además, en el informe destaca el quinto puesto de España en términos de volumen de inversión por activos renovables, alcanzando la cifra de 11.000 millones de dólares invertidos en 2020. Se encuentra dentro del top 10 de regiones con mayor expansión eólica y solar, según datos de 2020, destacando sobre todo la imponente adición de capacidad eólica, alcanzando el tercer puesto solo por detrás de EE. UU. y China.

Según el CEO de Aurea Capital¹, España invertirá 0,4 billones de euros en energías limpias para el periodo 2019-2050, suponiendo un 15% del total de la Unión Europea. Destaca el modelo de inversión cuyo foco es la energía fotovoltaica, seguido de la eólica. Ambos recursos permitirían acabar con la dependencia de energías fósiles.

En 2021 El Gobierno de España aprobó el Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) de energías renovables en el que cuenta con una inversión superior a 16.300 millones de euros entre financiación pública y privada atraída. Dicha cuantía se destinará, entre otros proyectos, a renovables innovadoras, almacenamiento y nuevos modelos de negocio, transición energética e hidrógeno renovable, este último tiene un importante peso en la inversión ya que España pretende en 2030 alcanzar una capacidad de producción del 10% total de la Unión Europea con este sector energético.

Cuando comienzan a surgir y expandirse las energías renovables, España era líder en energía hidroeléctrica debido a sus grandes centrales, las cuales se distribuían por todo el país, no obstante, conforme las nuevas tecnologías han avanzado se ha reducido considerablemente la producción de este tipo de energía y simultáneamente la inversión. Hoy en día en España se centran más en proyectos pequeños y en rehabilitar la capacidad hidroeléctrica que ya existe. Según el informe Appa sobre el Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España de 2019, la reforma eléctrica ha golpeado duramente a la tecnología minihidráulica. Expone que aquellas que hayan perdido la remuneración de inversión no son rentables, lo cual reúne al 80% aproximadamente, esto es debido a que la retribución recibida no es capaz de lograr un buen mantenimiento de estas centrales.

En cuanto al sector eólico y solar, su imponente crecimiento ha conllevado a una inversión exponencial que se espera que progrese en los próximos años.

La Tabla 1 representa la evolución de la energía en España:

¹ Compañía fundada en 2013 que se dedica a la inversión y gestión de activos reales con el fin de contribuir al bienestar humano tales como energías renovables.

Tabla 1. Generación de energía (GWh) y crecimiento

	2010	2021	Crecimiento
Generación no renovable	192.766	138.534	-28,13%
Generación renovable	95.761	121.371	26,74%
Hidroeléctrica	41.834	29.595	-29,26%
Eólica	43.545	60.496	38,93%
Solar fotovoltaica	6.423	20.954	226,23%
Solar térmica	692	4.706	580,06%
Otras renovables	2.459	4.719	91,91%
Residuos renovables	809	878	8,53%

Fuente: Red Eléctrica de España. Elaboración propia

Una vez recopilados los datos de la base de REE se calculó la tasa de crecimiento para el periodo comprendido entre 2010-2021, dados los cálculos se puede observar que el crecimiento de estas fuentes de energía está directamente relacionado con la inversión que se realiza en ellas.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Concepto de eficiencia

La eficiencia es un concepto importante en el ámbito económico, hace referencia a la producción de una determinada cantidad de producto a partir de un óptimo aprovechamiento de recursos productivos, de manera que se establezcan unos mínimos costes de producción a partir de la eficiente organización del sistema productivo. Este estado se conoce como “eficiencia de costes” o “eficiencia económica”.

El primer concepto de eficiencia se lo atribuimos a Farrell (1957), un pionero en este campo, el cual en base a los trabajos de Koopmans diferenció entre eficiencia técnica y eficiencia asignativa, siendo ambas parte de la eficiencia económica.

La eficiencia técnica se entiende como la máxima producción de outputs que se puede conseguir con la tecnología existente a partir de un conjunto de inputs dado. También se puede definir desde el punto de vista del input como la obtención del output dado en

función de la mínima cantidad de input necesaria. En cuanto a la eficiencia asignativa, la definimos como la correcta proporción de factores productivos necesarios para producir el nivel de output deseado a la vista de los precios de inputs, reduciendo su coste al mínimo.

La eficiencia económica, es, por tanto, el producto de la eficiencia técnica y la eficiencia asignativa. Se deben de cumplir ambas condiciones para llegar a un objetivo de mínimo coste. El estudio de Farrell (1957) sienta, a partir de la estimación de “Fronteras de Producción”, las bases metodológicas en el análisis eficiente-productivo.

Nuestro estudio se centra en la eficiencia técnica, por lo que se estiman “Fronteras de Producción” a partir de los niveles de inputs y outputs de cada una de las empresas evaluadas dentro de un sector económico concreto, en nuestro caso el sector de las energías renovables. Aquellas unidades eficientes técnicamente se situarán sobre la frontera, mientras que si son ineficientes lo harán por debajo de esta.

3.2 Métodos de medición de la eficiencia

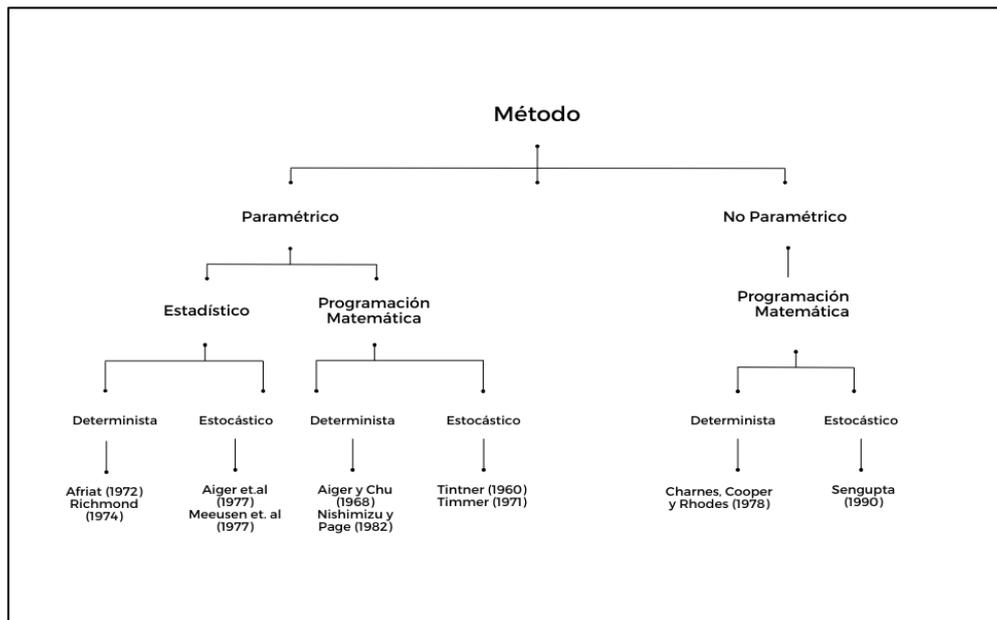
La medición de la eficiencia se puede abordar desde dos enfoques distintos, el enfoque de modelos paramétricos y el enfoque de modelos no paramétricos.

En las técnicas paramétricas, a partir de un modelo específico y generalmente econométrico, se impone una determinada forma funcional, mientras que en las técnicas no paramétricas no se impone ninguna forma funcional concreta de la frontera, siendo suficiente la satisfacción de una serie de propiedades formales.

Este trabajo se basa en enfoque de modelos no paramétricos para calcular la eficiencia del sector de las energías renovables en España. Para estimar la frontera se puede optar por dos metodologías distintas de análisis, el Análisis Envolvente de Datos (DEA) y el Free Disposal Hull (FDH). Su diferencia reside en la diferente forma de la “Frontera de Producción”, su convexidad. La metodología DEA acepta que la frontera de producción es convexa mientras que la metodología FDH asume que tiene una forma escalonada.

En la Figura 3 se reflejan los dos métodos y sus diferentes variables:

Figura 3. Los métodos de medición de la eficiencia



Fuente: Evaluación de la Eficiencia por el método Envolvente de Datos, Juan Carlos Martínez Coll. Elaboración propia

3.3 El Análisis Envolvente de Datos (DEA)

En nuestro trabajo nos centraremos en la metodología DEA, desarrollada en 1978 por Charnes, Cooper y Rhodes. Se describe como un método no paramétrico y no estadístico que permite, por medio de programación lineal, dar forma de modelo al método de medición de la eficiencia de Farrell.

Las principales ventajas de la técnica DEA son la flexibilidad y la ausencia de errores de especificación ya que no se opta por una forma funcional determinada. No obstante, la programación matemática es determinista y presenta el inconveniente de que existe falta de resultados estadísticos obtenidos por dicha programación lo cual genera la imposibilidad de contrastar hipótesis.

Las observaciones del modelo se denominan DMUs (Decision-Making Unit) y en nuestro caso son las empresas. A partir de este análisis se considera que una unidad alcanza el grado de eficiencia cuando ninguna de las demás unidades produce más output, sin producir menos que cualquier otro y sin emplear más de alguno de los medios productivos.

Si las observaciones se encuentran en la envolvente, y por lo tanto tienen un valor unitario, serán eficientes ya que su producción observada es igual a la potencial. Aquellas DMUs que no pertenecen a la envolvente tendrán un valor asignado menor de la unidad y serán inefectivas ya que se observan unidades en la muestra con mejor comportamiento.

4. RESULTADOS OBTENIDOS

4.1 Obtención y análisis muestral

El análisis del sector de energía eólica y energía hidroeléctrica se ha llevado a cabo en función a la información extraída del Sistema de Análisis de Balances Ibéricos (SABI) a nivel nacional, una base fundada por la empresa INFORMA D&B que incluye información general y financiera de más de dos millones de empresas españolas. Toda esta información es recopilada de fuentes oficiales tales como el Boletín Oficial del Registro Mercantil (BORME) o prensa.

La base de datos utilizada en nuestro análisis recoge un total de 248 observaciones, estas son empresas dedicadas a la producción de energía eléctrica con código CNAE 251.

En el presente trabajo nos centraremos en empresas de producción de energía hidroeléctrica y empresas de producción de energía eólica. En el grupo CNAE 251 secundario se incluyen las categorías 2515. - Producción de energía hidroeléctrica y 2518. -Producción de energía de origen eólico, todo esto en base a la información disponible de los años 2019 o 2020. En el sector dedicado a producción hidroeléctrica se incluyen 165 observaciones mientras que en el sector de producción energética de origen eólico son 83 las observaciones obtenidas.

Para generar una muestra representativa se ha depurado la base de datos eliminando aquellas observaciones que presentan ausencia de información, no han tenido actividad, han sido extinguidas o presentan valores inusuales.

Hacer una comparación entre ambos sectores resulta relevante ya que en los últimos años se ha dado una expansión de las energías renovables sin precedentes, por lo que resulta sugerente hacer un análisis de eficiencia y comparar las empresas hidroeléctricas, cuya producción energética surgió como pionera en España, y las empresas eólicas, las cuales a día de hoy se consagran como la mayor fuente de producción eléctrica a nivel nacional.

Se va a prestar importante atención a la variable “localización geográfica” de las empresas de ambos sectores y a la variable “tamaño de la empresa” que viene determinada por el volumen de explotación de cada una de las entidades.

La capacidad de recursos hidroeléctricos de cada comunidad Autónoma se puede relacionar con el número de empresas hidroeléctricas que existen, ya que aquellas regiones que son más ricas en caudales o embalses han aprovechado sus recursos para la generación de energía eléctrica. Algunas de las principales centrales hidroeléctricas² son la de Aldeadávila (Castilla y León), central de Estany Gento-Sallente (Cataluña) o la presa de Cedillo (Extremadura).

Según datos de la muestra, y como podemos observar más detalladamente en la Tabla 4 del Anexo, la comunidad de Cataluña resulta tener el mayor número de empresas del subsector hidroeléctrico a nivel nacional con un 24% y un total de 40 empresas, seguido de Castilla y León con un 16% y de Madrid que posee un 14% de las empresas hidroeléctricas. Aragón se sitúa con un pequeño porcentaje del 2% y destaca, entre las principales centrales nacionales³, la central de Mequinenza en Zaragoza.

En cuanto a la producción de energía de origen eólico, podemos destacar la presencia de empresas dedicadas a este sector en Madrid con un 29% y un total de 24 empresas según nuestra muestra, seguido de Galicia que posee un 12% y Canarias con un 9%. Se puede observar con más detalle en la tabla 5 del Anexo.

Según la Asociación Empresarial Eólica⁴ (AEE), España cuenta con parques eólicos en todas las comunidades salvo Madrid, Islas Baleares, Ceuta y Melilla. Esto demuestra que Madrid tiene el mayor número de empresas del sector, pero la producción de energía se genera en otras comunidades como Castilla y León, Aragón o Castilla - La Mancha. Destaca también el resultado de Aragón con un 7% de empresas eólicas nacionales, a pesar de ser una de las principales comunidades productoras de energía eólica según AEE.

A continuación, en las tablas 3 y 4, diseñadas atendiendo a la Ley 5/2015 de fomento de financiación empresarial⁵, se ve reflejado el tamaño de las empresas del sector de producción hidroeléctrica y el sector de producción de energía de origen eólico,

² Según un estudio realizado por José A.Roca y publicado en El Periódico de la Energía

³ Según la publicación comentada anteriormente

⁴ Asociación que cuenta con más de 250 empresas socias, dedicada a fomentar el crecimiento de la energía eólica a través de sus intereses, comunicación, investigación y educación.

⁵ Ley publicada en el BOE a fecha 28 de abril de 2015

respectivamente, y viene determinado en función al volumen de ingresos de explotación que tiene cada una de las empresas.

La tabla 3 muestra la clasificación de las empresas hidroeléctricas según su tamaño. Se observa que la mayor parte de las entidades, un 88,48%, son microempresas, seguido de las pequeñas empresas que representan un 7,88%, luego de las empresas medianas que suponen un 2,42% y de las empresas grandes que representan un 1,21% del total de 165 empresas según la muestra disponible.

Tabla 3. Clasificación de las empresas hidroeléctricas en función de su tamaño

Tamaño de la empresa	Volumen de ingresos (euros)	N.º de empresas	% del total
Microempresa	= o < 2 millones	146	88,48%
Pequeña	= o < 10 millones	13	7,88%
Mediana	= o < 50 millones	4	2,42%
Grande	Más de 50 millones	2	1,21%

Fuente: Educación financiera-BBVA

En la tabla 4, referida al tamaño de las empresas eólicas, se muestra que algo más de la mitad de las empresas, un 54,22%, tienen un volumen de ingresos igual o menor a dos millones de euros. Además, un elevado porcentaje del 30,12% son pequeñas empresas, mientras que el 8,43% y el 7,23% de las 83 empresas de la muestra son medianas y grandes.

Tabla 4. Clasificación de las empresas eólicas en función de su tamaño

Tamaño de la empresa	Volumen de ingresos (euros)	N.º de empresas	% del total
Microempresa	= o < 2 millones	45	54,22%
Pequeña	= o < 10 millones	25	30,12%
Mediana	= o < 50 millones	7	8,43%
Grande	Más de 50 millones	6	7,23%

Fuente: Educación financiera-BBVA

4.2 Aplicación de la envolvente de datos (DEA)

En este apartado se va a realizar un análisis de eficiencia a través de la metodología DEA de los dos subsectores prestando especial atención tanto a su localización geográfica como al tamaño de las empresas de la muestra disponible.

El análisis de eficiencia se ha llevado a cabo a través del programa R (R Development Core Team), es un software libre y de programación abierto, creado por Robert Gentleman y Ross Ihaka en 1993. Tiene capacidad de aplicar distintas técnicas estadísticas y gráficas, diseñar modelos de regresión lineal y logísticos y hacer análisis de series temporales. En él colaboran personas de distintas partes del mundo y ámbitos profesionales como Universidades, centros de investigación y laboratorios.

Para llevar a cabo el estudio sobre eficiencia industrial del sector elegido se van a utilizar los valores monetarios de las distintas variables . Así pues, la función de producción quedará formulada para cada una de las categorías:

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

V representa los ingresos de explotación de las empresas, L el gasto de mano de obra y K representa la dotación para la amortización del inmovilizado inmaterial (capital), todas estas variables vienen representadas en miles de euros.

En este análisis no se tendrá en cuenta las materias primas ya que es un sector donde esta información resulta tan apenas relevante, la mayoría de las empresas analizadas no exponen estos datos concretos.

4.3 La eficiencia en el sector de las energías renovables

Una vez se han obtenido los índices a través del programa R se lleva a cabo el análisis de cada uno de los subsectores. Así pues, los índices obtenidos estarán comprendidos entre las unidades 0 y 1, si el resultado de eficiencia es igual a la unidad indica que la empresa es eficiente, mientras que si es menor resultará ser ineficiente.

4.3.1 El sector de producción de energía hidroeléctrica

En función de los datos de eficiencia obtenidos, se realiza una descripción analítica de los datos:

Tabla 5. Análisis descriptivo de los resultados de las empresas hidroeléctricas obtenidos por el método DEA

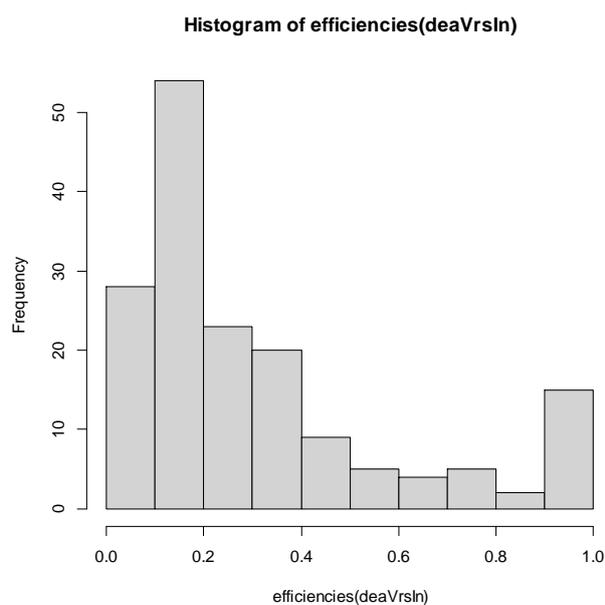
	Empresas hidroeléctricas
Total de empresas	165
% de empresas eficientes	9,09%
% de empresas no eficientes	90,91%
Eficiencia media nacional	0,31474662
Valor máximo	1
Valor mínimo	0,03320583

Fuente: Elaboración propia

Según los datos de la muestra la eficiencia media de las empresas dedicadas a la producción de energía hidroeléctrica es de 0,314. Este índice no resulta ser demasiado elevado ya que apenas un 9,09% de empresas son eficientes según el análisis DEA.

La Figura 4 representa el histograma de eficiencias y refleja que la mayoría de las empresas se sitúan en torno al tramo de eficiencia 0,1-0,2.

Figura 4. Histograma de eficiencia del sector de energía hidroeléctrico



Fuente: Programa R

4.3.1.1 Análisis de eficiencia de las empresas hidroeléctricas en función de su localización geográfica

En la Tabla 6 se observan aquellas empresas que tienen una eficiencia igual a la unidad y la Comunidad Autónoma a la que pertenecen. Las comunidades con mayor número de empresas eficientes son Cataluña, Madrid y País Vasco.

Tabla 6. Empresas hidroeléctricas eficientes a nivel nacional

Nombre	Comunidad Autónoma	Eficiencia
FOTO TRANSFORMACION TORTOLES SL	Castilla y León	1
INVERSIONES ENERGIA RENOVABLE DE MIGUEL SL	Castilla-La Mancha	1
ESTABANELL Y PAHISA, SA	Cataluña	1
CANET I LA RABASSA SA	Cataluña	1
AUTOMATISMES L'ESTANY SOCIEDAD LIMITADA.	Cataluña	1
HIDROELECTRICA LUMYMEY S.L.	Galicia	1
SALTOS EL NORTE SL	La Rioja	1
CORPORACION ACCIONA HIDRAULICA SL	Madrid	1
COGEN ENERGIA ESPAÑA SLU	Madrid	1
HIDROELECTRICA FUENTERMOSA SL	Madrid	1
ELEKTRO SUN ENERGY RENOVABLES SL	Murcia	1
HIDRAULICAS DEL BIDASOA SA	Navarra	1
IBERDROLA GENERACION SAU	País Vasco	1
HIDRO HOLDING SOCIEDAD LIMITADA	País Vasco	1
ELECTRA DE COTRILES SL	País Vasco	1

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Tabla 7 se representa aquellas empresas que tienen los menores índices de eficiencia a nivel nacional. La empresa HIDROASTUR SA ha obtenido el menor resultado con una eficiencia de 0,0332 y pertenece a la Comunidad Autónoma de

Asturias. País Vasco es la comunidad con un mayor número de empresas ineficientes dentro del ranking elaborado. En lo que se refiere a las empresas aragonesas, no se aprecia la presencia de ninguna de ellas dentro de las clasificaciones elaboradas.

Tabla 7. Empresas hidroeléctricas más ineficientes a nivel nacional

Nombre	Comunidad Autónoma	Eficiencia
MICROCENTRALES DE ANDALUCIA SA	Andalucía	0,0629898
HIDROASTUR SA	Asturias	0,03320583
REDONDO HERMANOS SL	Castilla y León	0,07735349
CENTRAL ELECTRICA UXAMA SL	Castilla y León	0,06353855
FIL GENESIS SL	Cataluña	0,07479741
SUD EST SL	Cataluña	0,07302203
INVERSIONES WITTY18 S.L.	Cataluña	0,04853732
ACILOE, SOCIEDAD ANONIMA	Comunidad Valenciana	0,0720832
APROVECHAMIENTOS HIDROELECTRICOS SA	Madrid	0,04149819
ELECTRA IRUN-ENDARA SA	Navarra	0,0680261
ELECTRA NAVASTUREN SL	Navarra	0,05747914
SALTO VALDENOCEDA SA	País Vasco	0,06937938
OÑATIKO UR JAUZIAK SA	País Vasco	0,05821401
BERDABIO SA	País Vasco	0,04807829
ELECTRA PLAZAOLA SA	País Vasco	0,0332265

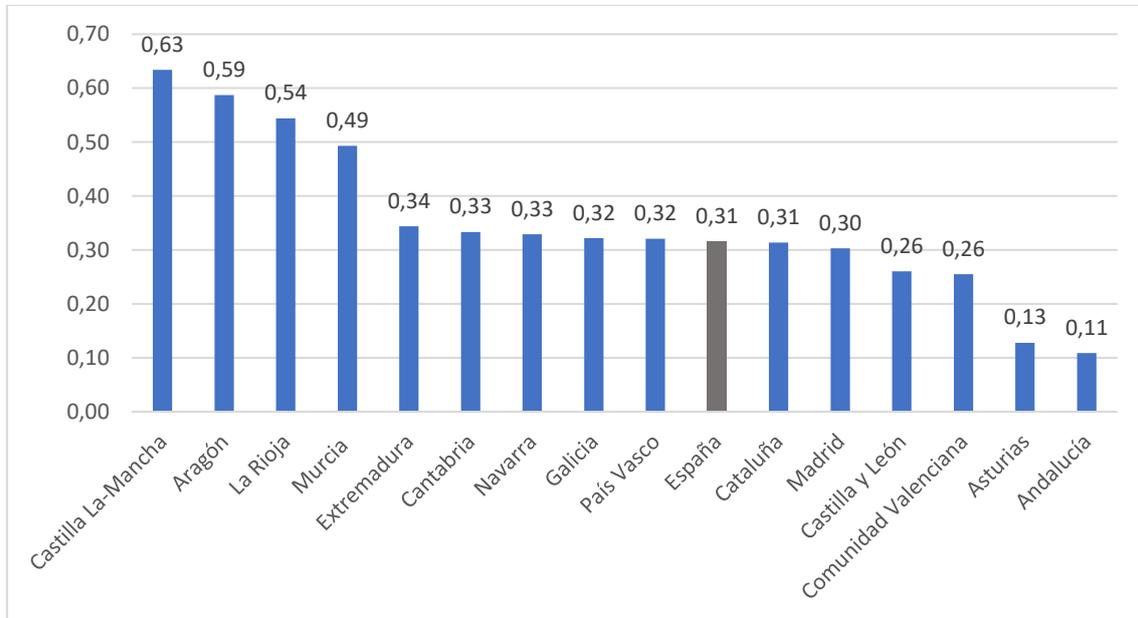
Fuente: Elaboración propia

La Figura 5 describe la tabla 6 del Anexo y representa la eficiencia media por CCAA de las empresas del sector de las energías hidroeléctricas.

La comunidad con mayor eficiencia media es Castilla-La Mancha con un 0,633; seguido de Aragón que posee un 0,587 y de La Rioja con un 0,544. En el otro extremo, y por debajo de la media nacional, encontramos a Comunidad Valenciana, Asturias y Andalucía con unos índices de 0,255; 0,127 y 0,108 respectivamente.

Resultan relevantes estos datos ya que estas comunidades no tienen un número elevado de empresas que cumplen el criterio de eficiencia unitaria, sin embargo, según la media tienen un índice elevado.

Figura 5. Eficiencia media de las empresas hidroeléctricas por Comunidad Autónoma



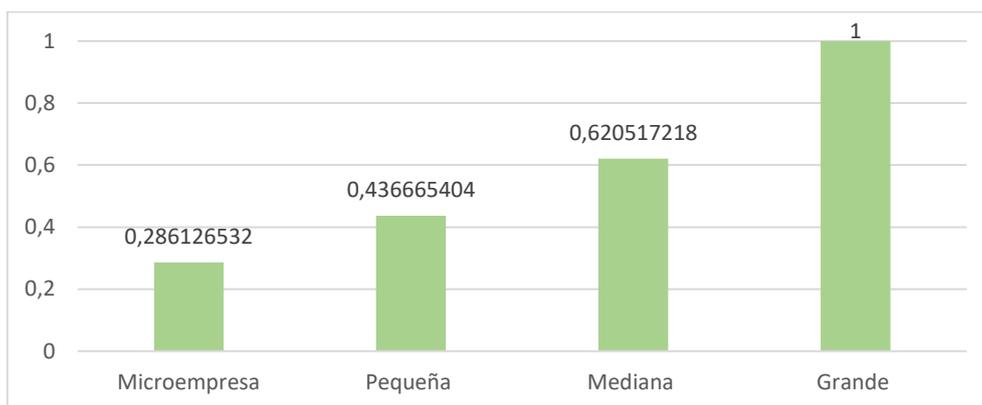
Fuente: Elaboración propia

4.3.1.2 Análisis de eficiencia de las empresas hidroeléctricas en función de su tamaño

La figura 6 (tabla 7 del Anexo) representa la eficiencia media de las empresas en función de su tamaño. Las entidades grandes (volumen de ingresos superior a 50 millones de euros) tienen una eficiencia media igual a la unidad, mientras que las empresas medianas, pequeñas y microempresas tienen una eficiencia media de 0,620; 0,436 y 0,286 respectivamente.

En cuanto a Aragón, todas las empresas pertenecientes a esta comunidad son microempresas.

Figura 6. Eficiencia media de las empresas hidroeléctricas en función de su tamaño



Fuente: Elaboración propia

4.3.2 El sector de producción de energía de origen eólica

Se ha llevado a cabo a continuación un análisis estático-descriptivo de los resultados de eficiencia de las empresas eólicas obtenidos mediante la metodología DEA:

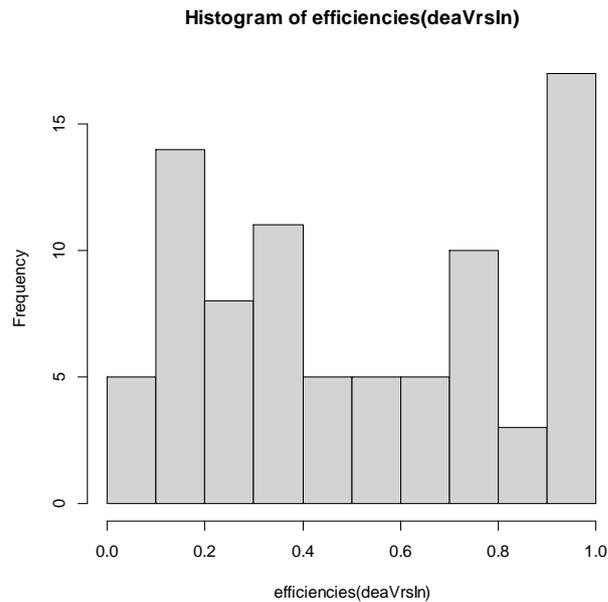
Tabla 8. Análisis descriptivo de los resultados de las empresas eólicas obtenidos por el método DEA

	Empresas eólicas
N.º de empresas	83
% de empresas eficientes	18,07%
% de empresas no eficientes	81,93%
Eficiencia media nacional	0,522198841
Valor máximo	1
Valor mínimo	0,06276075

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7, se representa el histograma de eficiencias obtenido en base a los datos de la muestra. En él queda reflejado que existe un amplio reparto de las empresas en diferentes tramos de eficiencia, también refleja que una parte importante de éstas se encuentra en el tramo de eficiencia 0,9-1,0

Figura 7. Histograma de eficiencia de las empresas eólicas.



Fuente: Programa R

4.3.2.1 Análisis de eficiencia de las empresas eólicas en función de su localización gráfica

En la Tabla 9 aparecen las 15 empresas eficientes con índice unitario extraídas de la muestra.

Casi la mitad de estas empresas pertenecen a la Comunidad Autónoma de Madrid con un total de 7 empresas, también destaca la comunidad de Castilla -La Mancha por su buena posición en cuanto a número de empresas eficaces.

Tabla 9. Empresas de producción de energía eólica eficientes a nivel nacional

Nombre	Comunidad autónoma	Eficiencia
COSTA SWISS PROJECTS SL.	Andalucía	1
ALAS CAPITAL SA	Canarias	1
APROVECHAMIENTOS ENERGETICOS RENOVABLES CANARIOS S.L.	Canarias	1
GE WIND ENERGY SL	Castilla-La Mancha	1
EL GUIJORRAL SL	Castilla-La Mancha	1

PLACAS RULLOPELOTOS SOCIEDAD LIMITADA.	Castilla-La Mancha	1
MOLINOS DEL CIDACOS SA	La Rioja	1
CORPORACION ACCIONA EOLICA SL	Madrid	1
ACCIONA EOLICA DEL LEVANTE SL	Madrid	1
PARQUES EOLICOS CELADAS SL	Madrid	1
ELAWAN ENERGY SL.	Madrid	1
PARQUE EOLICO PERALEJO SA	Madrid	1
PRENEAL SOCIEDAD ANONIMA	Madrid	1
IBEREN RENOVABLES SA	Madrid	1
PARSONA CORPORACION SL.	Navarra	1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 10 quedan reflejadas aquellas empresas con menores índices de eficiencia a nivel nacional. Madrid representa el mayor número de empresas con resultados más bajos, seguido de Galicia y Canarias.

Tabla 10. Empresas de producción de energía eólica más ineficientes a nivel nacional

Nombre	Comunidad autónoma	Eficiencia
SOSLAIRES CANARIAS SL	Canarias	0,12382793
BOMAR SL	Canarias	0,08738702
INFRAESTRUCTURAS DE ALDEHUELAS SA	Castilla y León	0,10846177
VIRANDEL SL	Galicia	0,16780586
PROMOTORA EOLICA DE GALICIA SL	Galicia	0,1225974
SOTAVENTO GALICIA SA	Galicia	0,08442608
DESARROLLO DE ENERGIAS RENOVABLES DE LA RIOJA SOCIEDAD ANONIMA	La Rioja	0,16482725
PARQUE EOLICO CORRAL NUEVO SOCIEDAD ANONIMA	Madrid	0,11744007
CENTRO DE CONTROL VILLADIEGO SL	Madrid	0,11645929

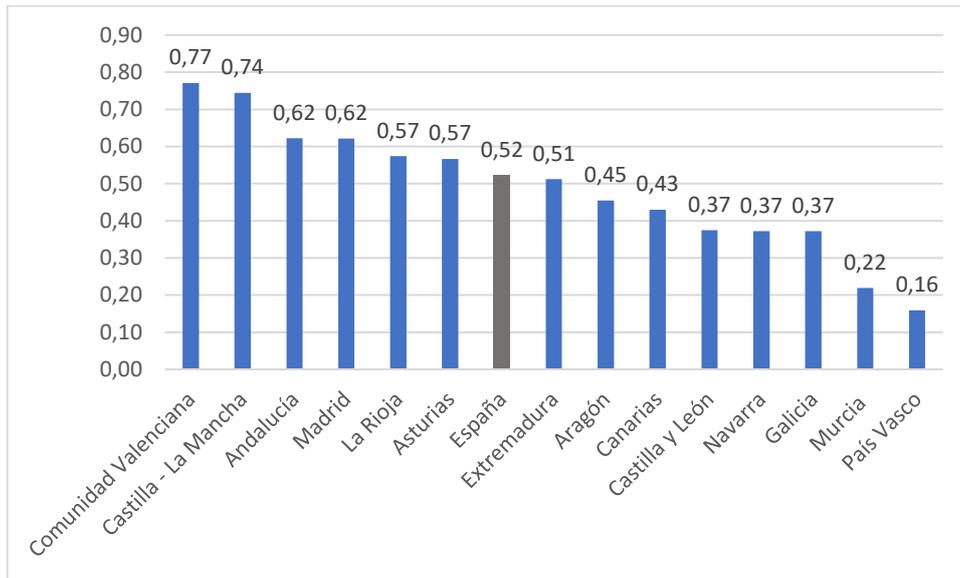
ARIDOS DIEZ SA	Madrid	0,0825455
OW OFFSHORE SL	Madrid	0,06276075
EOLICA LA BANDERA S.L.	Navarra	0,11911396
M TORRES DESARROLLOS ENERGETICOS SL	Navarra	0,11436899
URIEL RENOVABLES SA.	Navarra	0,0863091
BURGALESA DE GENERACION EOLICA SL	País Vasco	0,15916519

Fuente: Elaboración propia

En cuanto al análisis del nivel de eficiencia media de las empresas de la muestra que se refleja en la Figura 8, obtenido por el método DEA y atribuido a cada Comunidad Autónoma, indica que la Comunidad Valenciana tiene la mejor media con un indicador del 0,771, seguido de Castilla-La Mancha, Andalucía y Madrid cuyos resultados son 0,744; 0,622 y 0,621 respectivamente. En el otro extremo, con las menores tasas medias de eficiencia, y menores que la media nacional, País Vasco obtiene 0,159 siendo la comunidad con menor resultado, seguido de Murcia y Navarra cuyos indicadores son 0,219 y 0,372 respectivamente. Aragón cuenta con una eficiencia media de las empresas eólicas de 0,454.

Se puede observar una descripción más detallada en la tabla 8 del Anexo.

Figura 8. Eficiencia media de las empresas eólicas por Comunidad Autónoma

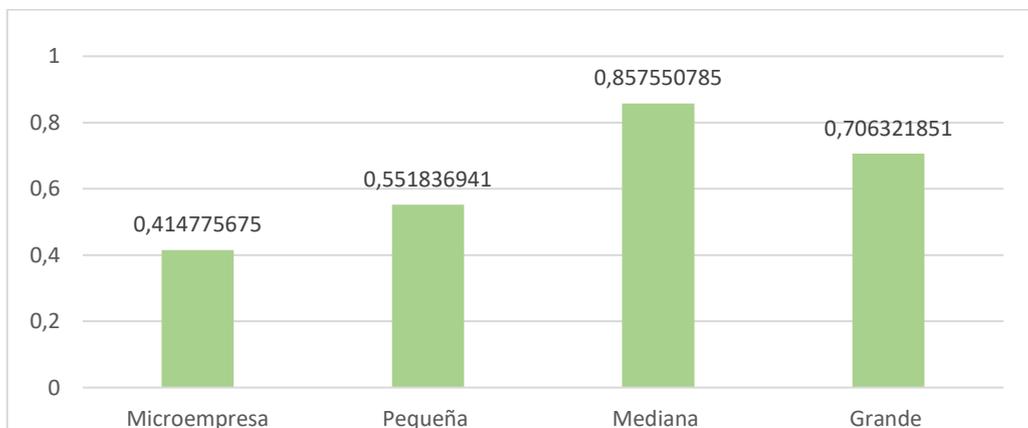


Fuente: Elaboración propia

4.3.2.2 Análisis de eficiencia de las empresas eólicas en función de su tamaño

La figura 9 (en referencia a la tabla 9 del Anexo), describe el nivel de eficiencia media de las empresas eólicas de la muestra en función de su tamaño. Aquellas empresas que son grandes (volumen de ingresos superior a 50 millones de euros) tienen una eficiencia media de 0,706 mientras que las medianas, pequeñas y microempresas alcanzan unos índices de 0,857; 0,551 y 0,414. Aragón cuenta con un total de 6 empresas eólicas, de las cuales, el 50% son microempresas, el 33,33% son pequeñas y un 16,66% son medianas.

Figura 9. Eficiencia media de las empresas eólicas según su tamaño



Fuente: Elaboración propia

5. ANÁLISIS ECONOMETRICO

Una vez se han recopilado los índices de eficiencia para cada empresa hidroeléctrica y eólica de la muestra, en este último apartado, se va a investigar a partir de un problema econométrico sencillo la relación de dependencia de la eficiencia con la localización y tamaño de las empresas aragonesas, para ello se obtendrán dos problemas econométricos distintos, uno con relación a las empresas hidroeléctricas y otro con relación a empresas eólicas. Los resultados obtenidos nos permitirán establecer un patrón de cambios para mejorar la eficiencia de cada subsector.

5.1 Eficiencia, localización geográfica y tamaño empresarial.

En este apartado se estimarán dos problemas econométricos que relacionen las variables *localización geográfica* y *tamaño de las empresas* con la eficiencia de las entidades hidroeléctricas y eólicas.

La econometría, ha sido definida en multitud de ocasiones. En 1954 Samuelson, Koopmans y Stone la explicaron como “*el análisis cuantitativo de los fenómenos económicos reales, basado en el desarrollo simultáneo de la teoría y la observación, relacionadas mediante métodos apropiados de inferencia*” (p.141)

En este caso concreto, se quiere estudiar si existe una relación entre la eficiencia de una empresa, la cual actúa como variable dependiente, y la localización y tamaño de ésta, actuando como variables independientes.

Para llevar a cabo el estudio se va a plantear un modelo econométrico general para cada uno de los subsectores, estimado a partir de mínimos cuadrados ordinarios⁶ (MCO). Esta estimación se formula de la forma:

$$E = \alpha + \beta X + u$$

E representa la eficiencia de las empresas, X la variable que se va a estudiar, u es el término de error, α es el parámetro de posición y finalmente β es el parámetro que acompaña a la variable que se va a estudiar o variable significativa.

⁶ Método utilizado en estadística para encontrar en un modelo de regresión lineal aquellos parámetros poblacionales

En el caso de que existan problemas de heterocedasticidad se utilizarán desviaciones típicas robustas. El objetivo es estudiar si las variables “localización geográfica” y “tamaño de la empresa” influyen sobre la eficiencia de las empresas. Se comprueba si el parámetro que acompaña a la variable explicativa es significativo al nivel de significación del 5%. En el modelo:

$$H_0: \beta=0$$

$$H_a: \beta \neq 0$$

Si el valor crítico es menor al estadístico t (en términos absolutos), construido y comparado con el valor crítico al 5% de significación tomada la distribución normal estándar, se rechaza la hipótesis nula y se supone que existen evidencias de que la variable influye sobre la eficiencia.

5.1.1 Eficiencia de las empresas localizadas en Aragón

A continuación, se analiza si son más eficientes las empresas de la muestra situadas en Aragón que en el resto de España, ya que es una región con una importante presencia de energía hidroeléctrica y la Comunidad con mayor potencia eólica instalada según los últimos datos disponibles⁷.

Para llevar a cabo el análisis se crea una variable binaria que denominaremos “Aragón” y se le atribuirá valor 0 si la empresa no está ubicada en Aragón y 1 si se encuentra en esta Comunidad.

Además, se comprobará que el modelo cumple la hipótesis de homocedasticidad o no heterocedasticidad. Este problema surge cuando no se mantiene constante la varianza de la perturbación aleatoria del modelo para todas las observaciones muestrales.

La presencia de **heterocedasticidad** en el modelo de regresión lineal se comprueba a partir del **contraste de White** y el **contraste de Breusch-Pagan**. Estos contrastes se dedican al estudio de la varianza estimada de los residuos de una regresión para determinar si dependen o no de los valores de las variables independientes.

En ambos contrastes, las hipótesis nula y alternativa:

$$H_0: \text{Homocedasticidad}$$

⁷ Según los datos publicados por AEE eólicas respecto al periodo 2021.

5.1.1.1 Eficiencia del sector de las energías hidroeléctricas aragonesas

Se analiza en la Tabla 11 la relación de eficiencia entre la región aragonesa y las empresas hidroeléctricas de la muestra disponible:

Tabla 11. Regresión localización de las empresas hidroeléctricas en Aragón

Variable explicativa	Coefficiente	Desviación típica	Estadístico t	Valor p	
Constante	0,3096	0,021	14,10	5,02e-030	***
Aragón	0,2277	0,162	1,705	0,0901	*

Fuente: Elaboración propia

Para comprobar si los coeficientes de las variables son significativos se realizan contrastes de hipótesis de los parámetros. Pero antes de esto tenemos que comprobar que se cumple la hipótesis de homocedasticidad. La Tabla 12 recogen los resultados del **contraste de White** y el **contraste de Breusch-Pagan**:

Tabla 12. Contrastes de heterocedasticidad de la regresión localización de las empresas hidroeléctricas en Aragón

	Contraste de White	Contraste de Breusch-Pagan
Estadístico de contraste	LM = 0.244566	LM = 0.363901
Valor p	0.620928	0.546348

Herramienta: Gretl. Elaboración propia

Según ambos contrastes el p valor es mayor que el nivel de significatividad ($\epsilon=0,05$), se acepta la hipótesis nula de homocedasticidad.

Según el modelo la variable Aragón es significativa lo que quiere decir que pertenecer a la comunidad aragonesa influye positivamente en la eficiencia de las empresas, concretamente incrementa el índice en un 22,77%.

5.1.1.2 Eficiencia del sector de las energías eólicas aragonesas

A continuación, en la Tabla 13 se hace un análisis de la relación entre la eficiencia y las empresas eólicas de la muestra localizadas en la Comunidad Autónoma de Aragón.

Tabla 13. Regresión localización de las empresas eólicas en Aragón

Variable explicativa	Coefficiente	Desviación típica	Estadístico t	Valor p	
Constante	0,5274	0,036	14,29	7,46e-024	***
Aragón	-0,0731	0,137	-0,533	0,595	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 14 se comprueba la presencia de heterocedasticidad en el modelo a través de los **contrastes de White y Breusch-Pagan**

Tabla 14. Contrastes de heterocedasticidad de la regresión localización de las empresas eólicas en Aragón

	Contraste de White	Contraste de Breusch-Pagan
Estadístico de contraste	LM = 7.62463	LM = 2.39669
Valor p	0.00575764	0.121593

Herramienta: Gretl. Elaboración propia

Según el análisis de los contrastes, se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad a un nivel de significatividad del 5%, por lo que existen evidencias de problemas de heterocedasticidad en este modelo, para corregir estos problemas se aplica la **estimación robusta** del modelo:

Tabla 15. Estimación robusta del modelo de las empresas eólicas aragonesas

Variable explicativa	Coefficiente	Desviación típica	Estadístico t	Valor p	
Constante	0,4865	0,097	4,971	3,66e-06	***
Aragón	0,040	0,120	0,339	0,735	

Fuente: Elaboración propia

Según este modelo la variable Aragón no es significativa, las empresas eólicas que pertenecen a esta comunidad incrementan la eficiencia en un 4%.

5.1.2 Eficiencia de las empresas según su tamaño

Entendemos que a mayor tamaño de las empresas mayor debe de ser la eficiencia por el aumento de competitividad y de digitalización que conlleva aumentar el tamaño de éstas.

La variable “tamaño de la empresa” es cualitativa y se divide en: grandes, medianas, pequeñas y microempresas. Tomarán valor 1 si tienen ese tamaño o 0 si tienen otro. En el modelo se elige como variable de control a las empresas de tamaño grande.

5.1.2.1 Eficiencia del sector de las energías hidroeléctricas según su tamaño

A continuación, en la Tabla 16 queda reflejado el modelo econométrico estimado para comprobar la relación de las empresas hidroeléctricas de la muestra y su tamaño:

Tabla 16. Regresión tamaño de las empresas hidroeléctricas

Variable explicativa	Coefficiente	Desviación típica	Estadístico t	Valor p	
Constante	1,00	0,187	5,329	3,29e-07	***
Microempresa	-0,7138	0,188	-3,778	0,0002	***
Pequeña	-0,5633	0,201	-2,794	0,0058	***
Mediana	-0,3794	0,229	-1,651	0,1007	

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, a partir del **contraste de White** y el **contraste de Breusch-Pagan**, se comprueba la presencia de **heterocedasticidad**:

Tabla 17. Contrastes de heterocedasticidad del tamaño de las empresas hidroeléctricas

	Contraste de White	Contraste de Breusch-Pagan
Estadístico de contraste	LM = 5.69655	LM = 8.61833
Valor p	0.127344	0.0348204

Herramienta: Gretl. Elaboración propia

Según el contraste de White se aprueba la hipótesis nula de homocedasticidad del modelo, sin embargo, según el contraste de Breusch-Pagan existen evidencias de heterocedasticidad en el modelo a un nivel de significación del 5%.

Como existen evidencias acerca de la presencia de heterocedasticidad se aplica la **estimación robusta** para corregirlo:

Tabla 18. Estimación robusta del modelo del sector hidroeléctrico

Variable explicativa	Coefficiente	Desviación típica	Estadístico t	Valor p	
Constante	1,00	0,221	4,525	1,17e-05	***
Microempresa	-0,8054	0,222	-3,620	0,0004	***
Pequeña	-0,7544	0,284	-2,652	0,0088	***
Mediana	0,000	0,353	0,000	1,000	

Fuente: Elaboración propia

Todas las variables son significativas salvo las empresas medianas. Existen evidencias para decir que las empresas grandes son más eficientes que el resto de las empresas. Concretamente, las microempresas son un 80,54% más ineficientes que las empresas grandes y las pequeñas un 75,44% más ineficientes. Por lo tanto, se evidencia la necesidad de que las empresas aumenten su tamaño para conseguir una mayor eficiencia.

5.1.2.2 Eficiencia del sector de energía eólica según su tamaño

En la tabla 19 queda reflejado el modelo econométrico estimado para comprobar la relación de las empresas eólicas de la muestra y su tamaño. Se toma a las empresas grandes como variable de control:

Tabla 19. Regresión tamaño de las empresas eólicas

Variable explicativa	Coefficiente	Desviación típica	Estadístico t	Valor p	
Constante	0,6807	0,106	6.374	1,14e-08	***
Microempresa	-0,2488	0,114	-2,182	0,0321	**
Pequeña	-0,1368	0,118	-1,158	0,2503	
Mediana	0,1768	0,156	1,333	0,2605	

Fuente: Elaboración propia

Se observa que ninguna de las variables es significativa al nivel de significación del 5% salvo la variable microempresa. Se dan evidencias de que las empresas grandes son más eficientes que las pequeñas y microempresas, concretamente un 24,88% en el caso de microempresas y un 13,68 en el caso de pequeñas empresas., en cuanto a las empresas medianas, existe evidencia que demuestra que son un 17,68% más eficientes que las empresas grandes.

En la Tabla 20 se comprueba, a partir del del **contraste de White** y el **contraste de Breusch-Pagan**, la presencia de **heterocedasticidad**:

Tabla 20. Contrastes de heterocedasticidad del tamaño de las empresas eólicas

	Contraste de White	Contraste de Breusch-Pagan
Estadístico de contraste	LM = 5.31258	LM = 2.71095
Valor p	0.256702	0.43837

Herramienta: Gretl. Elaboración propia

En ambos contrastes p-valor mayor que el nivel de significatividad ($\epsilon=0,05$) lo que evidencia que no existen problemas de heterocedasticidad.

Como **resumen del análisis econométrico** de las empresas de la muestra, podemos decir que la localización de las empresas en Aragón únicamente resulta significativa, y por lo tanto incrementa la eficiencia, en el caso de las empresas hidroeléctricas. En cuanto a la variable tamaño de la empresa se comprueba que en el caso de las empresas hidroeléctricas se incrementa la eficiencia conforme aumenta el tamaño de éstas, mientras que las empresas eólicas de tamaño medio son las más eficientes.

6. CONCLUSIONES

El presente trabajo analiza el sector de las energías renovables y se centra en los sectores de producción de energía hidroeléctrica y producción de energía de origen eólico, con código CNAE 3515 y 3518 respectivamente. Comienza con el análisis del sector de la energía renovable en el contexto mundial y posteriormente se centra en la industria española. A partir del modelo no paramétrico DEA y de los datos de la muestra extraídos de la base SABI se han obtenido los índices de eficiencia de las empresas de los sectores estudiados, y se ha procedido al análisis de los resultados haciendo hincapié en las variables “localización geográfica” y “tamaño de la empresa”. Por último, se ha formulado un modelo econométrico sencillo que pretende estudiar cómo afectan los factores localización geográfica y tamaño de las empresas a su eficiencia, para posteriormente, establecer unas pautas que permitan mejorar los índices de la Comunidad de Aragón. Esto se realizará a partir del software econométrico Gretl.

Las conclusiones a las que se ha llegado a partir del análisis del sector han sido:

- A nivel mundial, la producción de energía renovable se ha incrementado en un 149,7% desde 2010 a 2021. Las principales fuentes renovables son la energía hidroeléctrica, eólica y solar y los principales continentes productores son Asia, seguido de América y Europa.
- En España el consumo de energías renovables representa el 16,8 % del consumo total energético. Se posiciona como el tercer país con mayor producción renovable, sólo por detrás de Alemania e Italia. La principal Comunidad Autónoma productora de energía renovable de origen hidroeléctrico y de origen eólico es Castilla y León, la cual tiene una capacidad de generación del 29,6% y 21,9% del total nacional respectivamente. Aragón aporta un 12,3% del total de

energía eléctrica renovable nacional y Zaragoza es, según los últimos datos, la provincia con mayor potencia energética renovable instalada.

- El análisis de eficiencia refleja que la eficiencia media de las 165 empresas hidráulicas y de las 83 eólicas es de 0,314 y 0,522 respectivamente. Unos índices no muy elevados ya que las empresas no siguen un patrón de eficiencia similar. Las Comunidades con las tasas de eficiencia media más elevadas respecto a empresas hidroeléctricas y eólicas son Castilla-La Mancha y Valencia. Aragón cuenta con una eficiencia media de las empresas hidroeléctricas y eólicas de 0,587 y 0,454 respectivamente.
- El análisis de los factores que influyen sobre la eficiencia industrial, realizado a través del problema econométrico, determina que la variable “localización geográfica” resulta significativa en el caso de las empresas de la muestra hidroeléctricas aragonesas, pero no en el de las empresas eólicas de Aragón. La variable “tamaño de las empresas” influye en la eficiencia de éstas siendo todas las variables significativas salvo el tamaño medianas empresas y existen evidencias que demuestran que cuanto mayor tamaño tienen las empresas más eficientes son. En cuanto a las empresas eólicas, la variable “tamaño de la empresa” es significativo en el único caso de empresas de tamaño micro y se dan evidencias que demuestran que las empresas grandes son más eficientes que las pequeñas y microempresas, sin embargo, las medianas son más eficientes que las de mayor tamaño.

7. BIBLIOGRAFÍA

Asociación Empresarial Eólica. (2021, 6 agosto). *Mapa de parques eólicos*. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/mapa-de-parques-eolicos/>

Asociación Empresarial Eólica. (2022, 11 agosto). *Potencia instalada y generación*. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://aeeolica.org/sobre-la-eolica/potencia-instalada-y-generacion/>

Balance. (s. f.-b). Red Eléctrica. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://www.ree.es/datos/balance>

Base de datos SABI (2022). SABI. Disponible en: <https://sabi.bvdinfo.com/version-202293/home.serv?product=SabiNeo&> (Consultado en octubre de 2022)

Clasificación de empresas por tamaño. (2022, 7 julio). BBVA España. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://www.bbva.es/finanzas-vistazo/ef/empresas/clasificacion-de-empresas-por-tamano.html#:~:text=Tradicionalmente%2C%20las%20empresas%20se%20clasifican,se%20incluyen%20en%20las%20pymes>

COLL SERRANO, V. & BLASCO BLASCO O. (s. f.). *Evaluación de la eficiencia mediante el análisis envolvente de datos*. Página 8

CORDERO FERRERA, J. M. (s. f.). *Evaluación de la eficiencia con factores exógenos mediante el análisis envolvente de datos. Una aplicación a la educación secundaria en España* [Tesis Doctoral]. Universidad de Extremadura.

Country Rankings. (s. f.). IRENA. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Country-Rankings>

El sector de las renovables en España, historia y perspectivas. (2021, 2 septiembre). E4e Soluciones. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/renovables-espana>

Energía. (2020, 2 julio). Desarrollo Sostenible. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España. (2018). *Disponible en:* https://www.appa.es/wp-content/uploads/2019/10/Estudio_del_impacto_Macroeconomico_de_las_energias_renovables_en_Espa%C3%B1a_2018_vff.pdf

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

Final Renewable Energy Consumption. (s. f.). IRENA. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Renewable-Energy-Balances/Final-Renewable-Energy-Consumption>

GARCÍA, B. G. (2017, 23 septiembre). *R y R Commander (Rcmdr), software libre para el análisis estadístico y gráfico de datos y cómo instalarlos en Ubuntu/Kubuntu 14.04 LTS*. Diversidad y un Poco de Todo. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://www.diversidadyunpocodetodo.com/r-commander-rcmdr-cran-instalar-ubuntu-kubuntu/>

Quiénes somos – Aurea Capital. (s. f.). Recuperado 5 de octubre de 2022, de https://aureacapital.com/?page_id=176

Ley 5/2015, de 27 de abril, de fomento de financiación empresarial. Jefatura del Estado «BOE» núm. 101, de 20 de abril de 2015, Páginas 36599 a 36684.

MARTÍNEZ CABRERAS, M. (s. f.). *La medición de la eficiencia en las instituciones de educación superior*. www.fbbva.es.

PAQUETE SOBRE LA UNIÓN DE LA ENERGÍA. (2015, 25 febrero). En *eur-lex.europa.eu* (COM(2015) 80 final). Comisión Europea. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:1bd46c90-bdd4-11e4-bbe1-01aa75ed71a1.0011.03/DOC_1&format=PDF

RAFFO LECCA, E. & RUIZ LIZAMA, E. (2014, marzo 22). *Fronteras de eficiencia para operadores de decisiones*. *Industrial Data*, 8(2), 077. <https://doi.org/10.15381/idata.v8i2.6194>

Renewables - Fuels & Technologies. (s. f.). IEA. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/renewables>

RENTERO, A. (2022, 15 julio). La inversión en energías renovables en España supera los 25.000 millones de euros. *Silicon*. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://www.silicon.es/la-inversion-en-energias-renovables-en-espana-supera-los-25-000-millones-de-euros-2461194>

Test de Breusch-Pagan. (2012). En *Test de Breusch-Pagan*. https://es.wikipedia.org/wiki/Test_de_Breusch-Pagan

WindEurope asbl/vzw. (2022, 2 abril). *Reports*. WindEurope. Recuperado 5 de octubre de 2022, de <https://windeurope.org/intelligence-platform/reports/>

ÍNDICE DEL ANEXO

Tabla 1. Aportación de energía eléctrica a nivel europeo y mundial	47
Tabla 2. Generación de energía renovable en España	47
Tabla 3. Aportación de energía hidráulica y eólica por Comunidades Autónomas	47
Tabla 4. Distribución de las empresas hidroeléctricas por Comunidad Autónoma.....	48
Tabla 5. Distribución de las empresas eólicas por Comunidad Autónoma.....	49
Tabla 6. Eficiencia media de las empresas hidroeléctricas por Comunidad Autónoma.	49
Tabla 7. Eficiencia media de las empresas hidroeléctricas en función de su tamaño	50
Tabla 8. Eficiencia media de las empresas eólicas por Comunidad Autónoma	50
Tabla 9. Eficiencia media de las empresas eólicas en función de su tamaño.....	51

ANEXO

Tabla 1. Aportación de energía eléctrica a nivel europeo y mundial

	Potencia instalada 2021 (MW)	% Aportación
España	54.592	
Mundo	2.536.853	2,15%
Europa	573.266	9,52%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Generación de energía renovable en España

Tipo de energía	% Generación en 2010	% Generación en 2020
Hidráulica	43,7%	24,4%
Eólica	45,5%	49,8%
Solar fotovoltaica	6,7%	17,3%
Solar térmica	0,7%	3,9%
Otras renovables	2,6%	3,9%
Residuos renovables	0,8%	0,7%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Aportación de energía hidráulica y eólica por Comunidades Autónomas

CCAA	Aportación de energía hidráulica (2021)	Capacidad de generación hidráulica (MW)	Aportación de energía eólica (2021)	Capacidad de generación eólica (MW)
Andalucía	1,7%	492.993	12,0%	7.230.332
Aragón	8,9%	2.648.507	16,9%	10.253.353
Asturias	5,8%	1.709.820	2,1%	1.263.661

Cantabria	0,8%	226.758	0,1%	68.280
Castilla- La Mancha	2,7%	790.969	12,7%	7.680.643
Castilla y León	29,6%	8.762.831	21,9%	13.255.432
Cataluña	11,4%	3.378.379	4,3%	2.626.964
C. de Madrid	0,6%	163.382	0,0%	0
C. Valenciana	1,6%	458.956	3,8%	2.280.076
Extremadura	7,4%	2.182.641	0,2%	124.665
Galicia	26,0%	7.692.326	15,8%	9.558.897
Islas Baleares	0,0%	0	0,004%	2.336
Islas Canarias	0,0%	3.043	2,2%	1.310.025
La Rioja	0,5%	140.619	1,5%	903.003
Melilla	0,0%	0	0,0%	0
Murcia	0,3%	85.958	0,7%	438.059
Navarra	1,6%	466.679	5,3%	3.202.366
País Vasco	1,3%	391.565	0,5%	298.244
Total Nacional		29.595.426		60.496.337

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Distribución de las empresas hidroeléctricas por Comunidad Autónoma

Comunidad Autónoma	Número de empresas	% Empresas por CCAA
Andalucía	4	2,42%
Aragón	3	1,82%
Asturias	3	1,82%
Cantabria	1	0,61%
Castilla y León	26	15,76%
Castilla La-Mancha	3	1,82%
Cataluña	40	24,24%
Comunidad Valenciana	6	3,64%
Extremadura	2	1,21%
Galicia	13	7,88%

La Rioja	2	1,21%
Madrid	24	14,55%
Murcia	4	2,42%
Navarra	16	9,70%
País Vasco	18	10,91%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Distribución de las empresas eólicas por Comunidad Autónoma

Comunidad Autónoma	Número de empresas	% Empresas por CCAA
Andalucía	7	8,43%
Aragón	6	7,23%
Asturias	2	2,41%
Canarias	7	8,43%
Castilla y León	6	7,23%
Castilla - La Mancha	6	7,23%
Comunidad Valenciana	1	1,20%
Extremadura	1	1,20%
Galicia	10	12,05%
La Rioja	5	6,02%
Madrid	24	28,92%
Murcia	1	1,20%
Navarra	6	7,23%
País Vasco	1	1,20%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Eficiencia media de las empresas hidroeléctricas por Comunidad Autónoma

Comunidad Autónoma	Eficiencia media
Andalucía	0,108601
Aragón	0,58740559
Asturias	0,1279117

Cantabria	0,33333333
Castilla y León	0,26030745
Castilla La-Mancha	0,63364413
Cataluña	0,31368818
Comunidad Valenciana	0,25524152
Extremadura	0,34380556
Galicia	0,32181079
La Rioja	0,54421046
Madrid	0,30320649
Murcia	0,49303633
Navarra	0,32919313
País Vasco	0,32060531
España	0,31474662

Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Eficiencia media de las empresas hidroeléctricas en función de su tamaño

Tamaño de la empresa	Volumen de ingresos (euros)	% del total	Eficiencia media
Microempresa	= o < 2 millones	88,48%	0,28612653
Pequeña	= o < 10 millones	7,88%	0,4366654
Mediana	= o < 50 millones	2,42%	0,62051722
Grande	Más de 50 millones	1,21%	1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Eficiencia media de las empresas eólicas por Comunidad Autónoma

Comunidad Autónoma	Eficiencia Media
Andalucía	0,62208717
Aragón	0,45431626
Asturias	0,56664477

Canarias	0,42965399
Castilla y León	0,37498806
Castilla - La Mancha	0,74469528
Comunidad Valenciana	0,77128441
Extremadura	0,51196817
Galicia	0,37187471
La Rioja	0,57419865
Madrid	0,62163096
Murcia	0,21935557
Navarra	0,372062
País Vasco	0,15916519
España	0,52219884

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Eficiencia media de las empresas eólicas en función de su tamaño

Tamaño de la empresa	Volumen de ingresos (euros)	% del total	Eficiencia media
Microempresa	= o < 2 millones	54,22%	0,41477568
Pequeña	= o < 10 millones	30,12%	0,55183694
Mediana	= o < 50 millones	8,43%	0,85755079
Grande	Más de 50 millones	7,23%	0,70632185

Fuente: Elaboración propia