

**PLAN ESPECIAL DE INFRAESTRUCTURAS PEI-PFOT-248
RELATIVO A LA LÍNEA AÉREO SUBTERRÁNEA DE ALTA
TENSIÓN, L/220 KV CAMARENA – MORALEJA REE, ASOCIADA
A PLANTAS SOLARES FOTOVOLTAICAS. TRAMO DE LÍNEA EN
LA COMUNIDAD DE MADRID.**

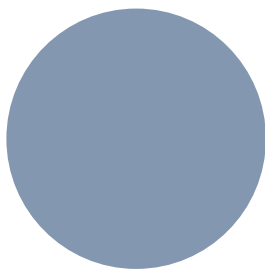
VERSIÓN INICIAL DEL PLAN: DOCUMENTO PARA APROBACIÓN INICIAL

BLOQUE II. DOCUMENTACIÓN AMBIENTAL

**ANEXO IX. INFORME DE GENERACIÓN DE ENERGÍA RENOVABLE EN LA
COMUNIDAD DE MADRID**

**TÉRMINOS MUNICIPALES DE SERRANILLOS DEL VALLE,
GRIÑÓN Y MORALEJA DE ENMEDIO.**

COMUNIDAD DE MADRID



QEnergy

JUNIO 2022





ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE GENERACIÓN RENOVABLE EN LA COMUNIDAD DE MADRID

TEJO SOLAR, S.L. Y CATALPA SOLAR, S.L.— Calle Jenner nº3, Planta 4

ENERO 2022

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL DOCUMENTO	3
II. CONTEXTO ELÉCTRICO EN LA ACTUALIDAD	4
GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID	10
CONSUMO EN LA COMUNIDAD DE MADRID	13
III. SITUACIÓN FUTURA: OBJETIVOS DE ESPAÑA EN 2030	16
RESULTADOS PREVISTOS EN 2030	16
OTROS ELEMENTOS CLAVE RELACIONADOS CON EL PNIEC	19
CRECIMIENTO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA	20
IV. OBJETIVOS DEL PNIEC APLICADOS A LA COMUNIDAD DE MADRID	23
CAPACIDAD DE ACOGIDA DE NUEVA GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID	23
RED DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID	23
DISPONIBILIDAD DEL TERRITORIO POR CRITERIOS AMBIENTALES Y URBANÍSTICOS	25
ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE ACOGIDA DE LA COMUNIDAD DE MADRID	27
V. ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID	29
POTENCIAL PARA AUTOCONSUMO Y GENERACIÓN UBICADA EN MADRID	29
INTEGRACIÓN DE ELECTRICIDAD GENERADA EN OTRAS CCAA	32
VI. CONCLUSIONES	34
BIBLIOGRAFÍA	36
ÍNDICE DE FIGURAS	37
ÍNDICE DE TABLAS	39
ANEXO I	40
ANEXO II	45
ANEXO III	47
ANEXO IV	49

I. INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL DOCUMENTO

En Europa, las políticas relacionadas con la transición energética y la descarbonización van ganando cada vez más peso según pasan los años. A raíz del célebre acuerdo COP21, que tuvo lugar en París en el año 2015, los planes de descarbonización de la Unión Europea han derivado en que cada país miembro tiene que establecer una hoja de ruta a nivel nacional para cumplir con las metas acordadas. En el caso de España, esta hoja de ruta se denomina Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC), cuyos propósitos fundamentales son la neutralidad de emisiones y la modernización de la economía española. El PNIEC establece los siguientes objetivos para el año 2030: 23% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con 1990, 42% de participación de las energías renovables sobre el consumo de energía final, 39,5% de mejora de la eficiencia energética y un 74% de generación renovable sobre el total de electricidad producida.

Si bien es cierto que, aunque los objetivos sean a nivel nacional, la responsabilidad y peso que tenga cada comunidad autónoma con el PNIEC será distinta dadas las características propias de cada una de ellas. El presente estudio se elabora con el objetivo de estimar el peso que debería recaer sobre la Comunidad de Madrid para que se cumplan los objetivos del PNIEC. Para ello, se muestra la actual situación energética de la Comunidad de Madrid, la evolución del sector energético y las alternativas que se le presentan a esta comunidad para cumplir con los objetivos de la Unión Europea y del PNIEC con horizonte en 2030.

Para ello, el documento se compone de los siguientes apartados:

Primero de todo, se va a realizar un análisis de la situación energética de España y sus comunidades autónomas, adentrándonos en el mix energético existente, la demanda eléctrica, la dependencia energética, entre otros. A continuación, se dará paso a un análisis más en detalle de la Comunidad de Madrid, comunidad autónoma que representando únicamente el 1,59% de la superficie total del país demanda una décima parte de todo el consumo eléctrico nacional. De esta forma, se analizará en profundidad la demanda de energía eléctrica de esta comunidad frente a la generación existente, focalizado en las energías de origen renovable. Se estudiará en este apartado la tendencia de los principales sectores que consumen energía y las expectativas de modificación en la demanda eléctrica a nivel nacional y regional.

A continuación, se repasarán los objetivos del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) y de la UE, junto con los beneficios previstos de su desarrollo. Después, se analizará la capacidad de la Comunidad de Madrid para asumir su compromiso correspondiente con estos objetivos. Por un lado, se revisará la capacidad de acceso actual de la red de transporte y los refuerzos en la red que se están llevando a cabo para favorecer la integración de renovables. Por otro lado, se analizarán algunos de los distintos condicionantes medioambientales, técnicos y demográficos, que hacen la situación de esta comunidad autónoma tan particular, con el fin de determinar la capacidad real de acogida con la que cuenta la Comunidad de Madrid.

Por último, y teniendo en cuenta todo lo anterior, se evaluarán las distintas alternativas de generación renovable en la Comunidad de Madrid para que se pueda cumplir a nivel nacional con los objetivos del PNIEC. En concreto, se evaluarán las distintas posibilidades de generación renovable en la Comunidad, desde las grandes instalaciones hasta el aprovechamiento de todo el potencial existente para autoconsumo.

Ante la indefinición de objetivos concretos en materia de generación renovable en la Comunidad de Madrid, queda pendiente establecer un criterio de capacidad instalada en la comunidad en el año 2030, por lo que las conclusiones de este informe se desarrollan tomando como hipótesis un escenario mínimo y uno máximo marcado por el análisis previo de la capacidad de acogida obtenida.

II. CONTEXTO ELÉCTRICO EN LA ACTUALIDAD

[1] En España, la dependencia energética siempre ha sido muy alta, superando ampliamente los niveles alcanzados por la media de países de la Unión Europea. Gracias a la mayor generación con energías renovables, la dependencia ha ido disminuyendo año tras año hasta los años 2012 y 2013, cuando la dependencia se redujo al 70,1%. Debido a la moratoria renovable esta disminución se interrumpió, manteniéndose en el entorno del 73% los años siguientes, a excepción de 2016. En 2017, debido a la fuerte sequía, la dependencia se disparó hasta el 73,7%. En 2020, por la disminución de la demanda energética con la pandemia y el incremento de producción renovable, se alcanzó la menor dependencia de la serie histórica analizada: el 68,8% (Figura 1).

Las energías renovables, fuentes de energía limpias, autóctonas e inagotables, resultan nuestra principal herramienta para solucionar la dependencia energética. Un problema que viene afectando a nuestro país desde hace tiempo. Los objetivos marcados por la Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030) permitirán reducir la dependencia energética gracias a la introducción masiva de energías renovables y el incremento de la mejora en eficiencia energética.

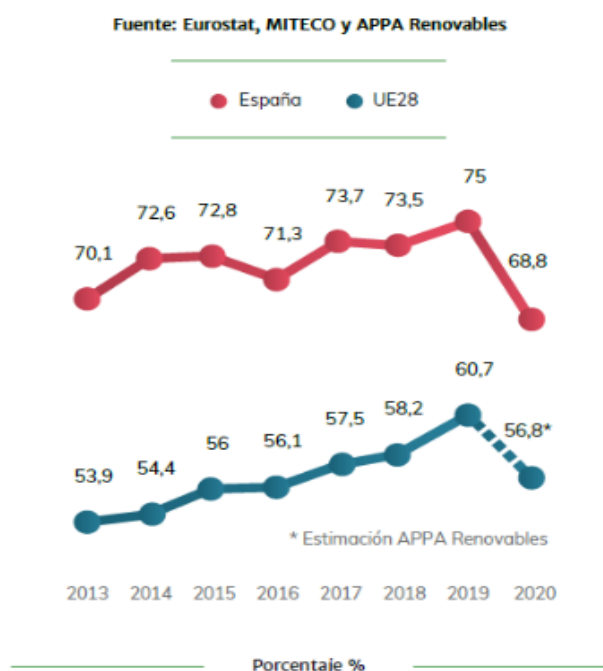


Figura 1. Dependencia energética de España frente a la UE (%). Fuente: Appa Renovables [1].

[1] El gran caballo de batalla de la Transición Energética serán los sectores difusos. Para cumplir los objetivos marcados para 2030 por el PNIEC, implica más que duplicar la presencia actual de energías renovables. Esto no se alcanzará trabajando sobre un **sector eléctrico** que, únicamente **representa en 2021 el 24,1% de la energía final**, quedando el resto del consumo en el transporte, industria y residencial, tal y como se comentará en los siguientes apartados. Habrá que trabajar en la descarbonización, pero también habrá que impulsar las renovables en el transporte y la climatización, únicas vías para actuar sobre ese 75,9% restante, sobre esa energía final que no es eléctrica.

[2] Tras la importante incorporación de potencia renovable de los últimos años, el sistema eléctrico español cuenta a **diciembre de 2021** con una **potencia instalada total de 112.123,454 MW**, 1,27 GW más que en 2020. La mayor parte de la potencia corresponde a la eólica, con un 25%, los ciclos combinados de gas, con un 23,4%, a continuación, tendríamos la hidráulica con un 15,2%. Las **energías renovables** representan en su conjunto el **56,3% de la potencia instalada con 63.169 MW**.

El descenso en la demanda eléctrica, unido a un descenso de la producción eléctrica no renovable han impulsado a la generación renovable a unas buenas cifras de producción.

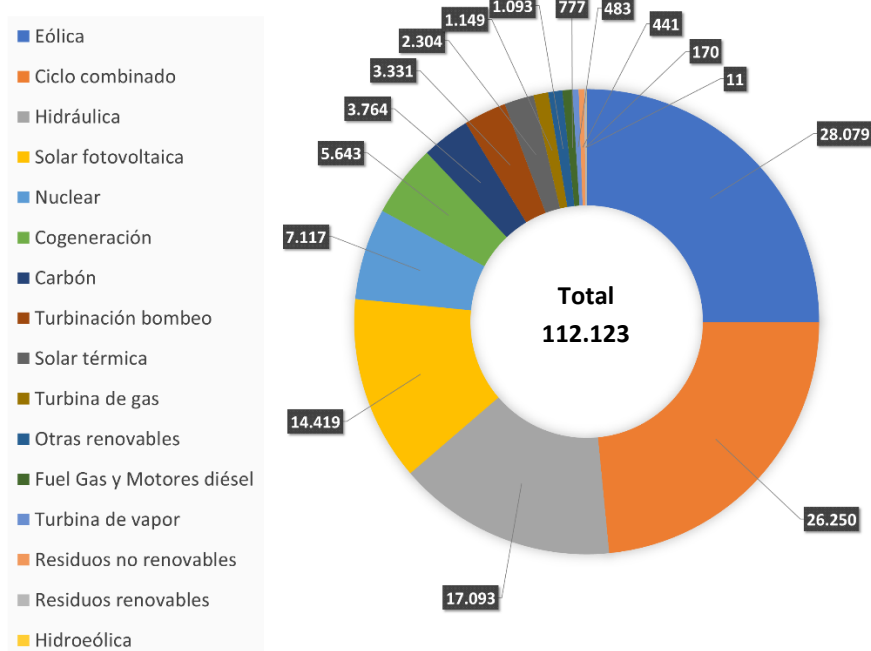


Figura 2. Potencia instalada en España a diciembre de 2021 (MW). Fuente: Elaboración propia y REE [2].

A pesar de lo anterior comentado, la producción de electricidad en España en los últimos años ha estado predominada principalmente por fuentes no renovables, tal y como puede observarse en la figura siguiente. En el año 2021, en el periodo enero-octubre (último dato registrado), la **energía eléctrica** generada a partir **de fuentes renovables** ha marcado un récord, aportando el **46,61% de la electricidad**. Una mejora en la eólica y fotovoltaica respecto a 2020 y la incorporación de la nueva potencia renovable están detrás de este récord en un año marcado por un fuerte descenso del consumo.

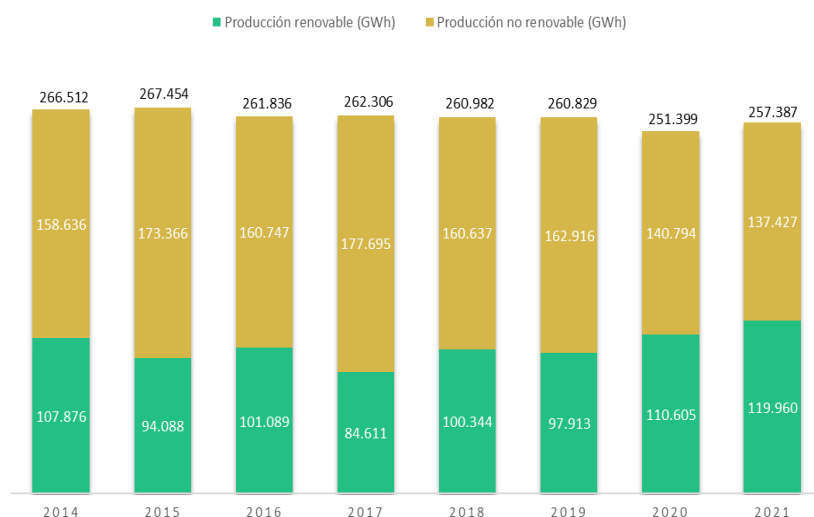


Figura 3. Producción de electricidad en España (GWh). Fuente: Elaboración propia y REE [3].

A continuación, se va a hacer referencia a la situación de 2020 ya que no se ha publicado aún el documento anual del "Sistema Eléctrico Español en 2021 (REE)". Se consideran los siguientes datos equiparables a la situación del 2021 pues, según los datos actuales de REE, la variación de la demanda de 2021 vs 2020 es únicamente del 1,5% y de la generación, tal y como indica la anterior figura, del 2,33%.

Según el último documento publicado por REE, la demanda eléctrica en 2020 descendió de manera generalizada en las comunidades autónomas debido a la pandemia. En la siguiente figura, se muestra la demanda eléctrica por comunidad autónoma y la variación con respecto al año 2019.

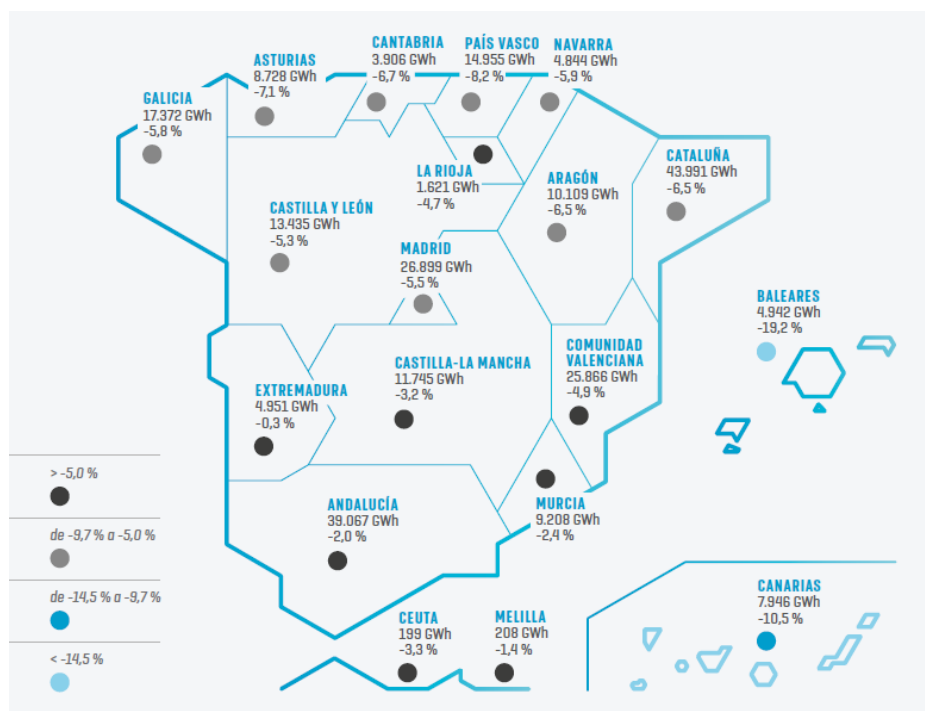


Figura 4. Demanda eléctrica por comunidades autónomas (GWh) y variación respecto al año anterior (%). Fuente: REE [3].

[3] Entre los aspectos más relevantes de la generación eléctrica por comunidades autónomas durante el 2020, cabe destacar el importante avance de cada comunidad autónoma en el objetivo hacia la descarbonización:

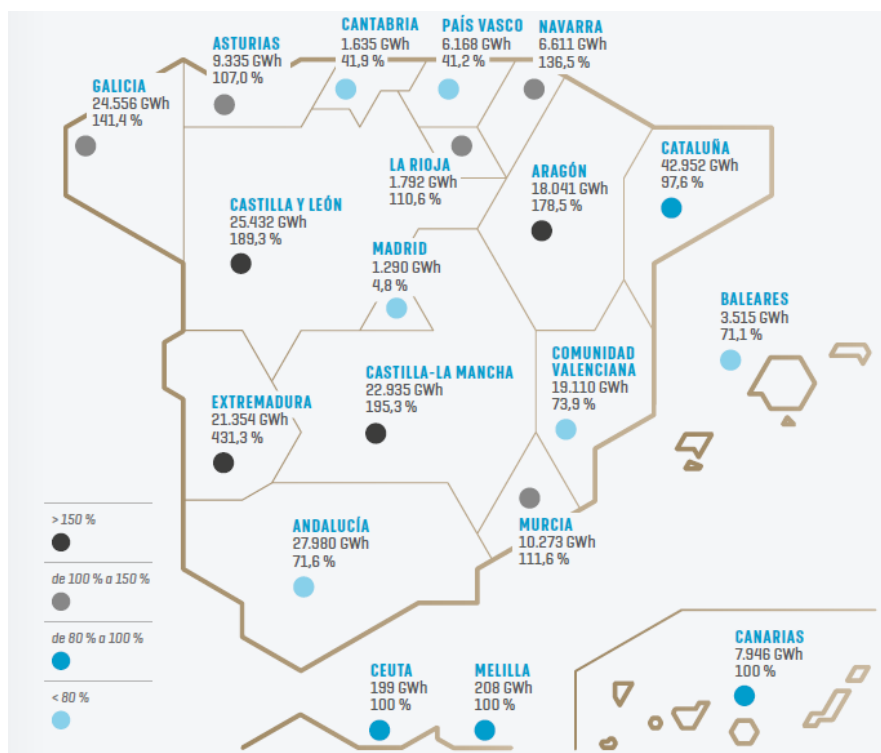


Figura 5. Ratio generación/demanda (%) y generación en GWh en 2020. Fuente: REE [3].

Durante el 2020, nueve comunidades autónomas generaron más energía eléctrica de la que consumieron, entre las que destaca Extremadura, donde la energía generada fue cuatro veces superior a su demanda. Le sigue Castilla-La Mancha, produciendo casi el doble de la cantidad que necesita para satisfacer su demanda. Por otro lado, se encuentra la Comunidad de Madrid, mostrándose con la menor ratio generación/demanda de todo el país, apenas superando el 5% de independencia energética.

Es cierto que la Comunidad de Madrid presenta una demanda eléctrica elevada, únicamente menor que la de Cataluña y Andalucía. Aun así, estas dos comunidades autónomas que le superan en demanda eléctrica tienen un autoabastecimiento superior al 70%.

Siguiendo desde el punto de vista de las comunidades Autónomas y los esfuerzos hacia la descarbonización, la mayor parte de la potencia renovable instalada se ubica en Castilla y León, Andalucía, Galicia y Castilla-La Mancha, que suman el 57,6 % de la potencia instalada renovable nacional. Del conjunto del sistema eléctrico nacional, destaca Castilla y León por ser la Comunidad autónoma que cuenta con más potencia instalada renovable ya que el 95 % de su parque de generación es renovable, seguida de Castilla-La Mancha con un 75 % de potencia renovable.

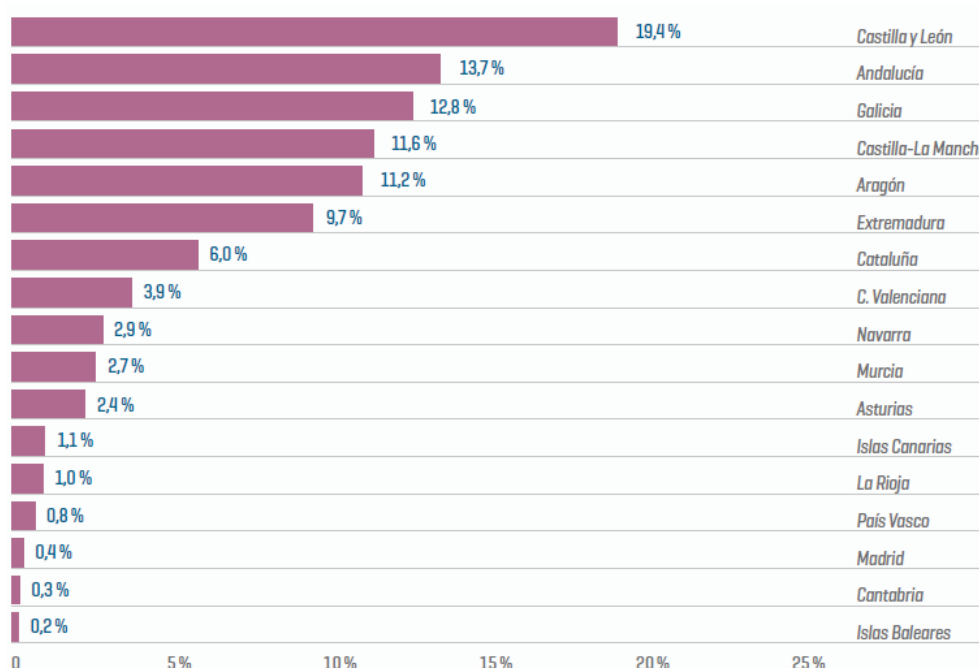


Figura 6. Participación de la potencia renovable de cada comunidad autónoma sobre el total renovable a 31.12.2020. Fuente: REE [4].

[4] La mayor variación de la potencia instalada renovable se ha producido en solar fotovoltaica que en el 2020 tuvo un crecimiento del 33,4 % respecto al año anterior. El mayor incremento se ha registrado en Extremadura que terminó el 2020 con más del doble de potencia instalada solar fotovoltaica que en el 2019, convirtiéndose en la tecnología líder en su estructura de potencia instalada con un peso del 32,9 %.

En el 2020 Andalucía se situó como la segunda comunidad autónoma con mayor capacidad instalada de generación renovable con 8.230 MW a 31 de diciembre del 2020, lo que supone un incremento del 11,8 % respecto al 2019. Este aumento de potencia instalada renovable radica fundamentalmente en el crecimiento del 46 % de potencia instalada solar fotovoltaica en esta comunidad.

En el 2020 las comunidades autónomas de Andalucía, Castilla-La Mancha y Navarra han tenido una generación renovable entorno al 50 % de su mix energético. Con una producción renovable superior al 60 % se sitúan La Rioja y Aragón. En Galicia las fuentes de generación renovables han producido el 76 % del mix, anotando la cuota más alta en esta comunidad desde que se tienen registros.

Por último, Castilla y León sigue siendo la Comunidad autónoma con mayor generación de energía renovable, ya que en el 2020 el 87 % de su producción fue de origen renovable, siendo la eólica la tecnología líder al aportar el 49,4 % del total.

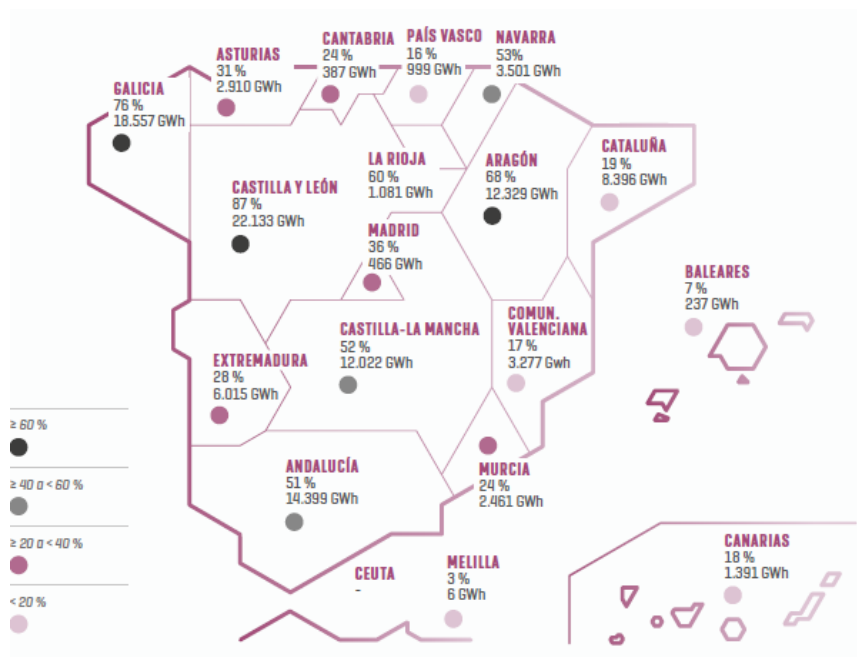


Figura 7. Ratio generación renovable/generación (%) y generación renovable (GWh) en el 2020. Fuente: REE [4].

Teniendo en cuenta todo lo anterior y la superficie que ocupa cada comunidad autónoma, se ha calculado la ratio entre la participación de potencia renovable de cada CCAA sobre el total y la superficie que supone cada CCAA con respecto al resto de superficie peninsular. En figura siguiente, puede comprobarse que Galicia cuenta con la mayor ratio de potencia renovable / superficie total, es decir, tiene instalado el 12,80% de la potencia renovable total y cuenta con únicamente el 5,84% de la superficie peninsular. En cambio, la **Comunidad de Madrid** cuenta con el 0,4% de la potencia renovable total y ocupa el 1,59% de la superficie nacional, quedando de esta forma como la Comunidad de **menor ratio de participación de renovables por superficie**.

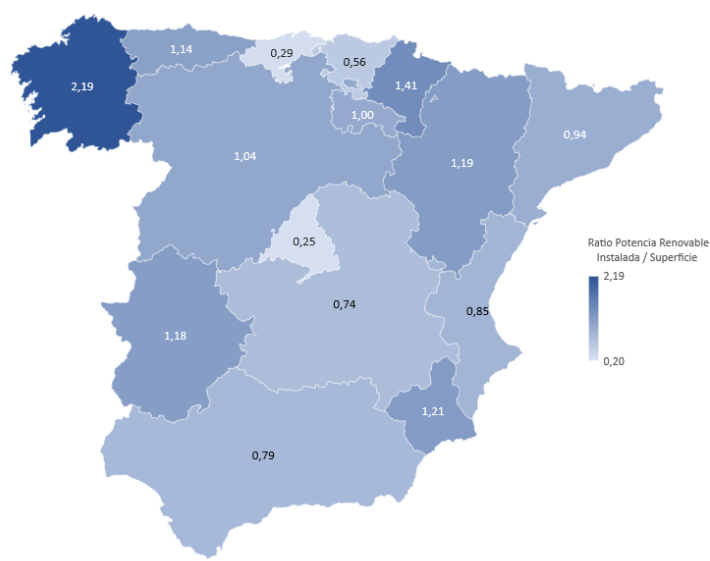


Figura 8. Ratio entre la potencia renovable instalada y la superficie total de cada Comunidad Autónoma en la Península Ibérica. Fuente: Elaboración propia y REE [3].

[1] Las ambiciosas **metas** marcadas en materia de energía y clima, comentadas en el apartado III del presente documento, **solo podrán ser alcanzadas si se aumenta el porcentaje de renovables en usos térmicos y transporte** y, a corto plazo, si se **aumenta la electrificación mediante renovables de nuestra economía**.

La electrificación de la economía consistirá en la gradual sustitución de los combustibles fósiles por electricidad, tanto en usos térmicos para climatización, en usos industriales y su uso en el transporte. Sin embargo, en los últimos años el consumo de electricidad se ha estancado, tras unos años 2007-2015 de crecimiento. En 2020, la electricidad superó el 25% de la energía y en 2021 alcanzó el 24%, pero, debido al fuerte retroceso del consumo energético asociado al transporte, especialmente en 2020, no se puede confiar en que este porcentaje se mantendrá en el futuro. Por ello, a pesar de haber alcanzado el 25,7% en 2020, será necesario que los esfuerzos en electrificación se incrementen durante los próximos años, esfuerzos que deberán combinarse con una mayor presencia de renovables en todos los niveles, tanto en el sistema eléctrico como en el resto de usos energéticos.

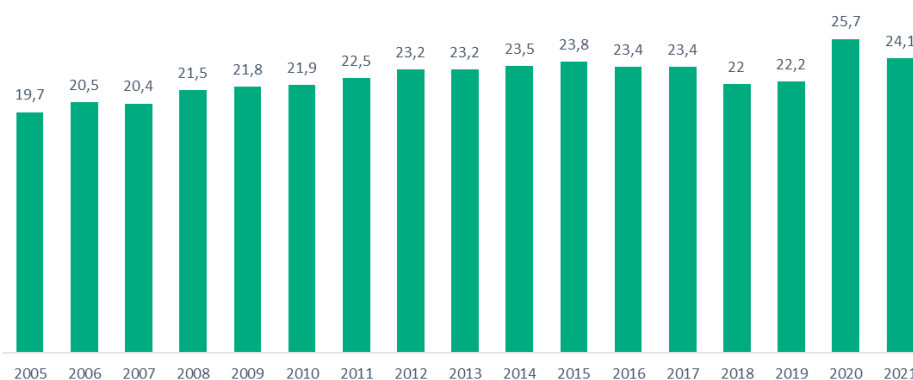


Figura 9. Participación de la electricidad en el consumo final de energía. Fuente: Elaboración propia y Appa Renovables [1].

De todo lo anterior puede concluirse que prácticamente todas las comunidades autónomas han aportado su granito de arena hacia la transición energética y la electrificación de la economía. Los datos expuestos con anterioridad muestran la deficiencia no solo energética, sino también renovable, de la Comunidad de Madrid, una de las comunidades con mayor consumo energético de la nación. Cabe destacar que **por mucho que el resto de comunidades autónomas fomenten las renovables por encima de su consumo, el resultado nacional** en cuanto a dependencia energética, **será casi despreciable** ya que la parte del consumo que se conseguiría cubrir con esa “generación adicional” es muy pequeña comparada con el consumo eléctrico de la Comunidad de Madrid.

Estas últimas afirmaciones y especialmente la Figura 8, muestran que muchas comunidades autónomas están llegando al límite de capacidad de integración de renovables, excepto la Comunidad de Madrid, con uno de los mayores consumos de España y con la menor ratio de potencia instalada por superficie. Esto lleva a estudiar en más profundidad la situación actual del mercado energético en la Comunidad de Madrid y la capacidad de integración de renovables que tiene.

GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Tal y como se ha comentado en el anterior apartado, la Comunidad de Madrid es la Comunidad autónoma más deficitaria del país, en cuanto a la generación y el consumo eléctrico se refiere, situándose en un ratio generación/consumo de 4,8% (Figura 5) en 2020 que obliga a importar de otras comunidades autónomas y de la UE la mayor parte de la energía para cubrir la demanda existente.

La Comunidad de Madrid se caracteriza por tener una elevada población (superior a 6,7 millones de habitantes), con una alta densidad demográfica (14,3% del total de la población nacional), un territorio reducido, una importante actividad económica que aporta casi la quinta parte del PIB nacional, el PIB per cápita más alto de España (más de un 35,9% superior a la media nacional en 2019, y un escaso potencial en recursos energéticos.

Las principales fuentes de energía eléctrica en el año 2020 según Red Eléctrica [2] fueron la cogeneración, la energía hidráulica, otras renovables (biomasa, biogás y geotérmica), la energía solar fotovoltaica y, el tratamiento de residuos. Más de **la mitad de generación de energía eléctrica en la Comunidad de Madrid en 2020 provino de la cogeneración**. En el siguiente gráfico se recogen las diferentes fuentes de generación eléctrica de Madrid y sus correspondientes porcentajes de peso con respecto a la totalidad de generación.

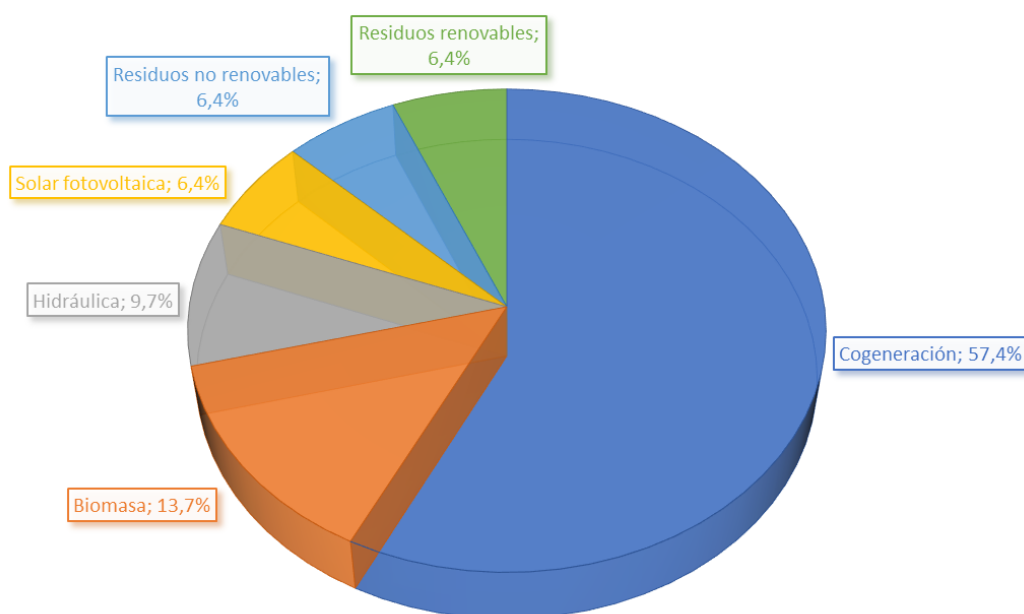


Figura 10. Generación de energía eléctrica en la Comunidad de Madrid en 2020. Fuente: Elaboración propia y REE [2].

[2] Esta generación proviene de 457 MW totales instalados en la Comunidad de Madrid en 2021. El 46% de la potencia proviene de la cogeneración, el 23,7% de Hidráulica y el 13,9% de fotovoltaica, tal y como puede observarse en la siguiente figura. **En total, hay instalados 232 MW (50%) de potencia renovable.**

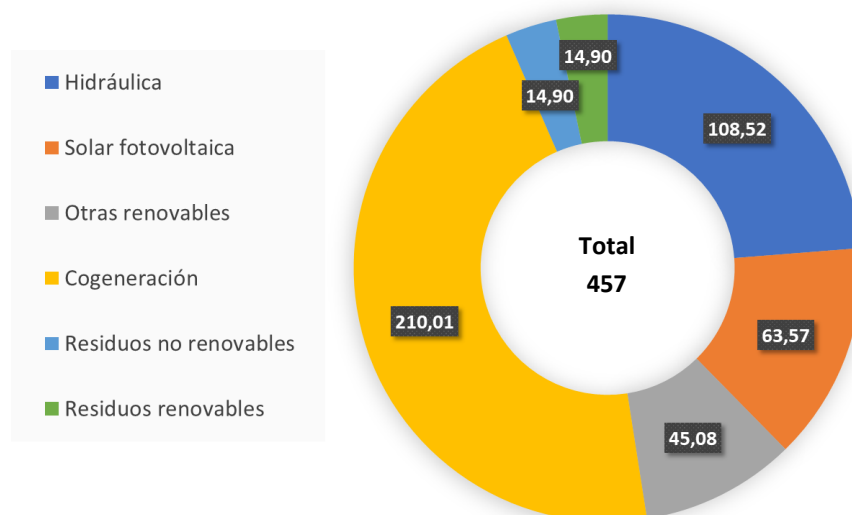


Figura 11. Potencia instalada en la Comunidad de Madrid a diciembre de 2021 (MW). Fuente: E. propia y REE [2].

La producción de electricidad experimentó un fuerte crecimiento, especialmente en el periodo 2000 – 2012 en donde se incrementó en un 54,1%, v. Durante el periodo 2000-2020 el incremento más importante se ha dado en la cogeneración y en la solar fotovoltaica, aunque la primera de ellas en algunos años ha sufrido cierto retroceso.

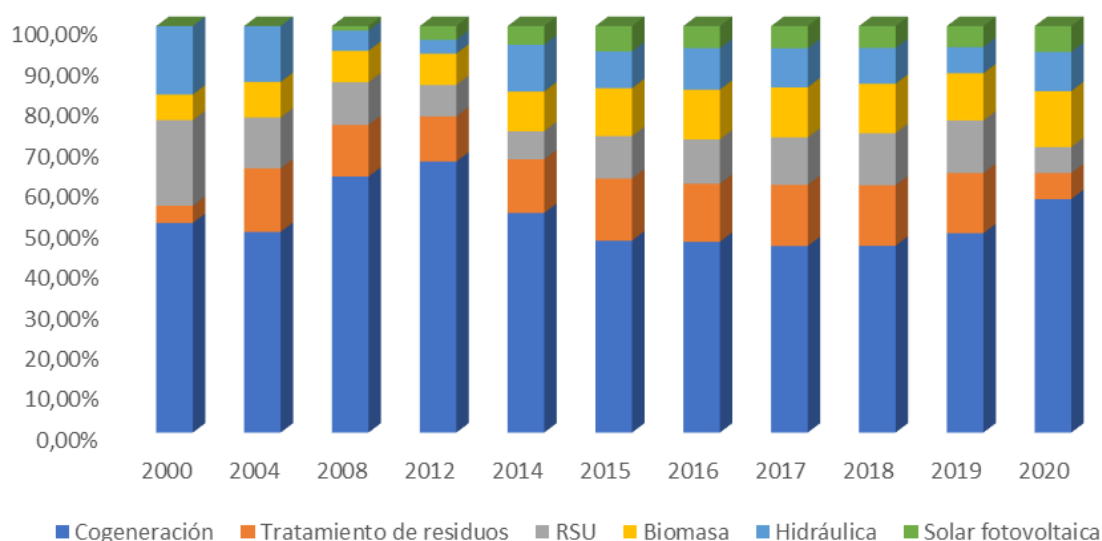


Figura 12. Evolución de la energía eléctrica producida en la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [6] y Red Eléctrica [2].

En 2020 la Comunidad de Madrid generó 1.290,473 GWh. En la siguiente tabla se refleja la generación eléctrica de la Comunidad de Madrid desde el año 2000 hasta el 2020, último dato anual registrado por Red Eléctrica [2]. La Comunidad de Madrid el último año únicamente incrementó su producción con respecto al año 2000 en un 14,38%.

Tabla 1. Generación eléctrica (GWh) en la C. Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [6] y Red Eléctrica [2].

Unidades (GWh)	2000	2004	2008	2012	2014	2016	2018	2019	2020
Cogeneración	569,87	918,77	1325,82	1604,94	1093,22	802,47	790,84	883,88	741,26
Tratamiento de residuos	46,52	290,75	267,49	267,49	267,49	244,23	255,86	267,49	82,59
RSU	232,6	232,6	220,97	186,08	139,56	186,08	220,97	232,6	82,59
Biomasa	69,78	162,82	162,82	186,08	197,71	209,34	209,34	209,34	177,33
Hidráulica	186,08	255,86	104,67	81,41	232,6	174,45	151,19	116,3	124,57
Solar fotovoltaica	0	0	23,26	81,41	93,04	93,04	93,04	93,04	82,14
Total	1.104,85	1.860,80	2.105,03	2.407,41	2.023,62	1.709,61	1.721,24	1.802,65	1.290,47

Según el informe de REE [4] el **36% de la generación eléctrica de la Comunidad de Madrid en 2020 provino de energías renovables**, sumando un total de 466 GWh (Figura 7) de generación eléctrica sobre 1.290 GWh (Figura 5), **suponiendo el 0,4% del total de energía renovable generada en España** y el 0,51% del total de energía eléctrica producida en España en 2020 (1.290 GWh sobre 251.33 GWh – Figura 3 – producidos a nivel nacional). Adicionalmente, en 2021 parece que el porcentaje de generación eléctrica a partir de fuentes renovables ha aumentado, en concreto, en el periodo enero-septiembre de 2021, y según REE [2], el 39,7% de la generación eléctrica en Madrid provino de energías renovables.

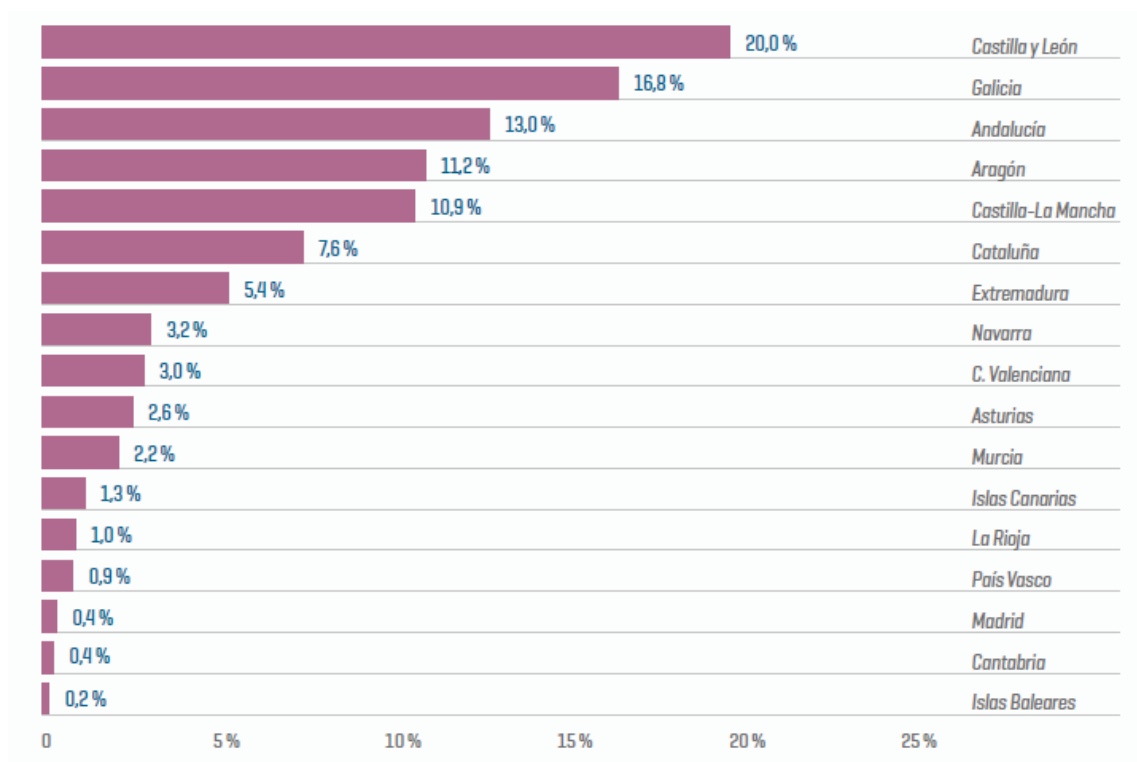


Figura 13. Participación de la generación renovable de cada comunidad autónoma sobre el total renovable a 31.12.2020. Fuente: REE [4].

Conociendo la potencia total instalada en la Comunidad de Madrid, el porcentaje que proviene de renovables y la generación total tanto renovable como no renovable, a continuación, se va a estudiar el consumo de la Comunidad de Madrid y la evolución esperada de dicho consumo teniendo en cuenta los sectores que más demandan electricidad en la Comunidad.

CONSUMO EN LA COMUNIDAD DE MADRID

El consumo de energía final de la Comunidad de Madrid en el año 2020 fue de 26.899 GWh, representando un 10,34% del total nacional. A continuación, se ha elaborado el siguiente mapa que representa por colores la ratio entre porcentaje de demanda eléctrica que tiene cada CCAA sobre el total y el porcentaje de superficie nacional que suponen. Puede observarse que la ratio de Madrid está muy por encima de la media del resto de comunidades autónomas, en concreto, **Madrid consume por superficie, cuatro veces por encima de la media nacional**. Teniendo en cuenta la poca superficie con la que cuenta sobre todo el territorio nacional, demanda una décima parte de la electricidad.

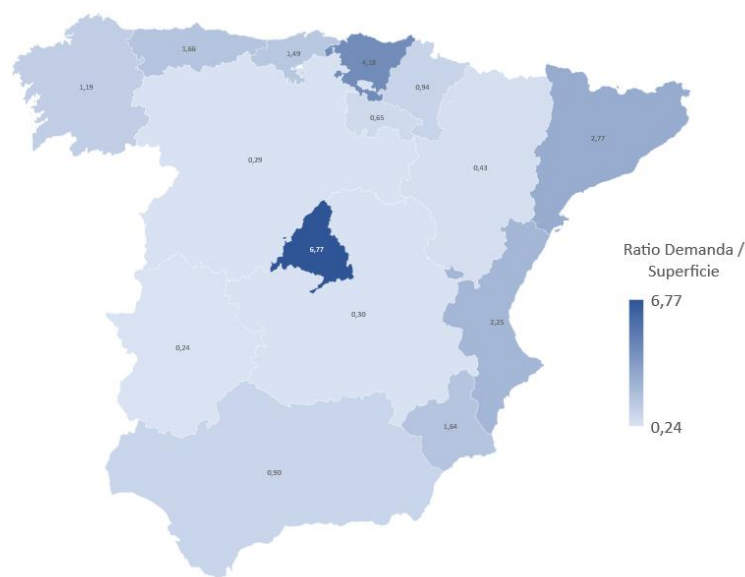


Figura 14. Ratio entre la demanda eléctrica en 2020 y la superficie total de cada Comunidad Autónoma en la Península Ibérica. Fuente: Elaboración propia y REE [3].

En cuanto a la fuente energética final consumida en la Comunidad de Madrid, los derivados del petróleo suponen un 58,0% del consumo, la electricidad un 21,1%, el gas natural un 19,0%, y el resto de fuentes poco más de un 1,9%. De primeras se puede afirmar que, con un peso tan alto en los productos petrolíferos y con el fin de reducir las emisiones en la Comunidad de Madrid, son imprescindibles medidas de eficiencia, ahorro y de electrificación del consumo en esta comunidad.

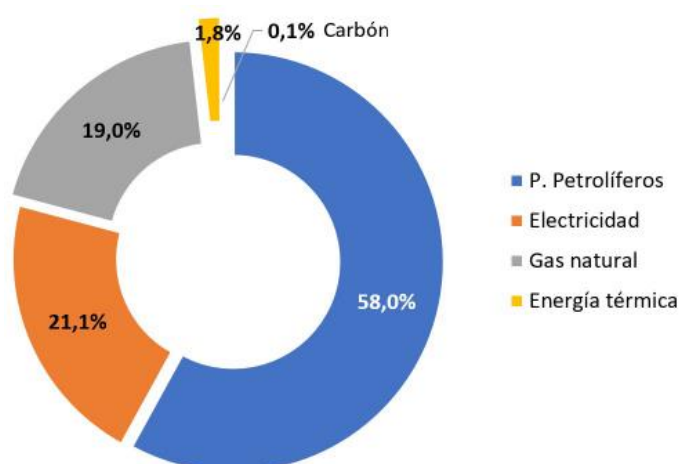


Figura 15. Sectorización por productos de la energía consumida en la Comunidad de Madrid en el año 2019. Fuente: Fundación de la Energía [5].

De esta forma, centrando el estudio en la demanda eléctrica y pese a su pequeña extensión territorial, como se ha comentado anteriormente, Madrid es de las CCAA que más energía eléctrica consume en el territorio nacional. En concreto, y teniendo en cuenta los datos reflejados por el informe de REE, en 2020 el consumo de la **Comunidad de Madrid supuso un 10,76% del consumo eléctrico total nacional**, siendo únicamente mayor el de Cataluña y Andalucía.

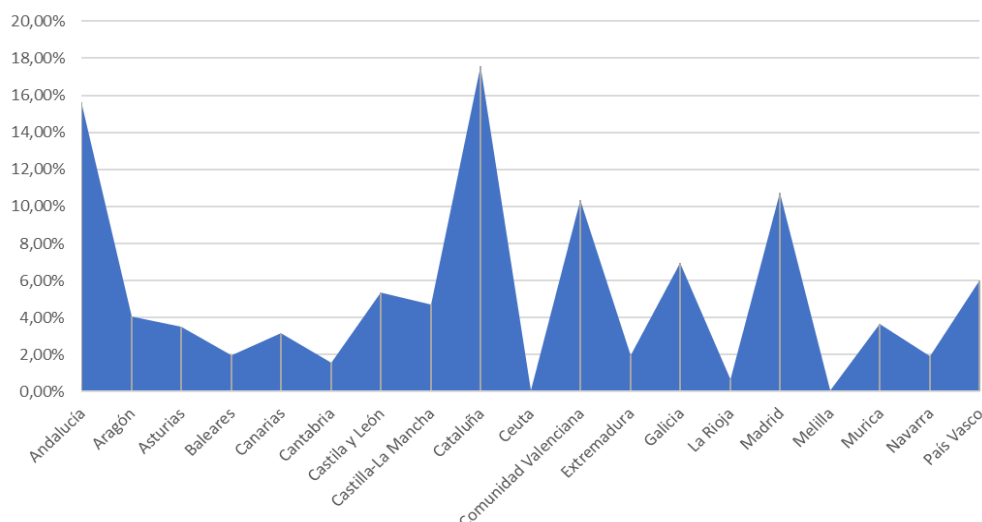


Figura 16. Porcentaje de demanda eléctrica por comunidades autónomas. Fuente: Elaboración propia y REE [3].

La electricidad es uno de los grandes vectores en la satisfacción de la demanda energética de la Comunidad de Madrid. En los últimos años se observa un fuerte crecimiento del consumo eléctrico final hasta el año 2008, en el que se registra un cambio de tendencia con reducción de consumos en el periodo sucesivo hasta 2013. El incremento total en el consumo eléctrico en ese periodo ha sido de 4.972.589 MWh, lo que representa un 22,8% de aumento respecto al valor del año 2000. La tasa de crecimiento media compuesta (CAGR) ha sido del 1,1.



Figura 17. Evolución del consumo eléctrico final en la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [5].

Teniendo en cuenta que en el año 2019 se generaron 1.802,65 GWh y la demanda eléctrica fue de 26.727,38 GWh, la ratio generación/consumo de la Comunidad de Madrid en 2019 se situó en un 6,7%. En cambio, y acorde con los datos aportados por REE, en 2020 la ratio generación/consumo eléctrico de la Comunidad de Madrid fue de 4,8%, dos puntos por debajo del año anterior a pesar de la disminución generalizada de demanda eléctrica ese año. De esta forma, para abastecer la demanda en 2020, la Comunidad tuvo que importar 25.609 GWh a través de redes de distribución debido al insuficiente autoabastecimiento eléctrico del que dispone.

La alta densidad demográfica y el fuerte peso del sector servicios en la economía de la Comunidad de Madrid, unido a la ausencia de industria muy intensiva en energía, justifica que **el mayor demandante de energía eléctrica sea el sector servicios con un 45,3% de la energía eléctrica**; seguido del sector Doméstico con un 32,7% y la Industria con un 13,6%; mientras que la demanda en Transporte, con un 7,0%, el sector Energético, con un 1,0%, y la Agricultura y Otros, con un 0,4%, tienen un peso mucho menor.

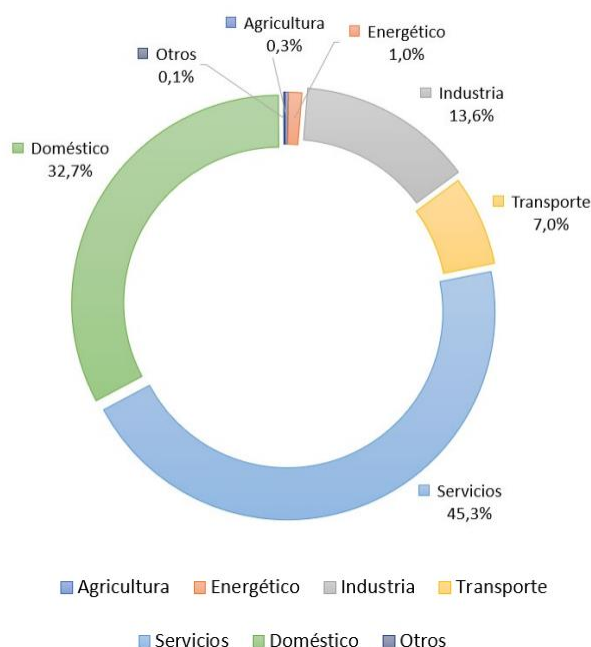


Figura 18. Sectorización por actividades del consumo eléctrico en la Comunidad de Madrid en el año 2019. Fuente: Fundación de la Energía [5].

[1] Debido a las metas marcadas por la Unión Europea y las tecnologías presentes en cada uno de los sectores demandantes de energía, está habiendo y será necesaria para cumplirlas, una **electrificación de la economía**. Para combatir el cambio climático, la Unión Europea ha marcado como objetivo alcanzar la neutralidad de carbono en 2050. Para lograrlo es necesario el desarrollo de las energías renovables y el aumento del número de vehículos, productos y procesos que funcionan con electricidad.

Además de fomentar la producción de electricidad basada en energías renovables, la descarbonización requiere la electrificación de la demanda de energía, es decir, que hogares y empresas haga un mayor uso de la electricidad en vez de emplear tecnologías con emisiones de CO₂. La electricidad es por tanto el vector energético clave para ayudar a combatir el cambio climático y proteger el medioambiente.

III. SITUACIÓN FUTURA: OBJETIVOS DE ESPAÑA EN 2030

[7] En Europa, las políticas relacionadas con la transición energética y descarbonización van ganando más y más peso según pasan los años. A medida que lo científicos esgrimen como nuestro modelo económico y social es insostenible desde un punto ecológico-ambiental para la continuidad de nuestro planeta, se están desarrollando distintas hojas de ruta y políticas que intentan ayudar a frenar esta situación. En 2015 tuvo lugar el acuerdo COP21 de París, cuyo objetivo fue la definición de objetivos fundamentales para evitar que el aumento de la temperatura media mundial no supere los 2°C. Los países firmantes de dicho acuerdo se comprometieron a poner en marcha políticas y medidas nacionales para alcanzar los objetivos de emisiones establecidos. A raíz de este acuerdo, en España se materializó el PNIEC.

El Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) representa una hoja de ruta para la próxima década, diseñada en coherencia con la neutralidad de emisiones a la que aspiramos en 2050 y desde un punto de vista coste-eficiente. La senda que se ha trazado para lograr los objetivos a 2030 se ha basado en el criterio de neutralidad tecnológica, dentro de una trayectoria coste-eficiente de las diferentes tecnologías capaces de lograr los objetivos de descarbonización asumidos por el Plan.

Por otro lado, el PNIEC tiene como objetivo la modernización de la economía española, la creación de empleo, las energías y tecnologías limpias, el desarrollo rural, la salud y el medio ambiente, y la justicia social. Este marco está determinado por las políticas de la Unión Europea (UE) que a su vez está dependiendo de las directrices del acuerdo de París alcanzado en 2015. Este acuerdo fue ratificado por la UE en 2016 y entró en vigor en España en 2017, estableciendo así un compromiso renovado con las políticas de energía y cambio climático.

[9] Los objetivos globales, generales y específicos, del plan tienen cinco dimensiones:

1. Descarbonización
2. La eficiencia energética
3. Seguridad energética
4. Mercado interior de la energía
5. Investigación, innovación y competitividad

Algunos de los elementos clave que ayudarán al PNIEC 2021-2030 a cumplir su fin son: directivas a nivel europeo como el conocido “green deal” y “fit for 55”, o a nivel nacional como, el proyecto de ley de cambio climático y transición energética, la estrategia de transición justa y pobreza energética, y la próxima estrategia a largo plazo para la modernización, innovación y neutralidad climática de la economía española en 2050. Todas ellas, en su conjunto, ayudarán a adquirir los niveles de descarbonización para 2030-2050, ganar en prosperidad, seguridad energética, desarrollo tecnológico y justicia social, empleo industrial, menor dependencia de la generación externa, salud, entre otros. Se debe hacer una observación especial a la importancia de la neutralidad tecnológica y su rentabilidad. Para abordar este punto, la modelización energética es necesaria a la hora de plantear la evolución de las diferentes tecnologías, minimizando los costes globales y respetando los límites y objetivos del PNIEC.

RESULTADOS PREVISTOS EN 2030

Los resultados previstos por el PNIEC para 2030 son:

- Objetivo 1: **23% de reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)** en comparación con 1990.
- Objetivo 2: **42% de participación de las energías renovables sobre el consumo** de energía final.
- Objetivo 3: **39,5% de mejora de la eficiencia energética.**

- Objetivo 4: **74% de generación renovable** sobre el total de electricidad producida.

[8] El PNIEC planea tener un 42% de consumo final de energía renovable. Este objetivo se debe a la alta penetración de las renovables eléctricas y térmicas en los diferentes sectores de la economía. Para dicha penetración, los principales impulsores serán: una mayor flexibilidad, clientes de potencia y, el nuevo marco regulatorio, entre otros. El ahorro y la eficiencia del sistema eléctrico significará una notable disminución en la cantidad de energía final consumida.

Como podemos ver en la siguiente tabla y según las proyecciones de la siguiente tabla, casi todos los sectores deberán hacer un uso cada vez mayor de las energías renovables sobre el uso final de energía.

Tabla 2. Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final. Fuente: PNIEC [8]

Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final en el Escenario Objetivo							
Años		2015*	2020	2022	2025	2027	2030
Consumo de EERR de uso final (excluyendo el consumo eléctrico renovable)	Agricultura (ktep)	4.310	119	148	192	203	220
	Industria (ktep)		1.596	1.624	1.667	1.711	1.779
	Residencial (ktep)		2.640	2.623	2.598	2.709	2.876
	Servicios y otros (ktep)		241	279	337	376	435
	Transporte (ktep)	176	2.348	2.369	2.401	2.285	2.111
Energía suministrada por bombas de calor (ktep)		353	629	1.339	2.404	2.851	3.523
Generación renovable eléctrica (ktep)		8.642	10.208	12.438	15.784	18.187	21.792
Energía renovable total (ktep)		13.481	17.780	20.821	25.383	28.324	32.736
Energía final corregida con las pérdidas del sistema eléctrico, los consumos en aviación y la energía suministrada por las bombas de calor (ktep)		83.361	88.548	86.081	85.023	82.050	77.589
Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final		16%	20%	24%	30%	34%	42%

* Los datos del año 2015 son reales, el resto son proyecciones realizadas por el MITECO

Con respecto a la tabla anterior, cabe destacar que en 2020 el **porcentaje de energías renovables sobre el consumo de energía final fue del 16,8%** [1]. Más de tres puntos por debajo de la proyección realizada por el MITECO.

[10] Además, referente a la creciente implantación de las energías renovables, estas aportarán el 74% de la totalidad de la electricidad producida en 2030 y, siguiendo esta senda, se estima que alcanzarán el 100% en 2050. El PNIEC prevé **añadir 59 GW de potencia renovable y 6 GW de almacenamiento**. El almacenamiento experimentará una relevancia ascendente al sumar una capacidad adicional que ayudará a mejorar el control, la seguridad, la flexibilidad y la fiabilidad de la gestión de la energía eléctrica nacional.

Tabla 3. Parque de generación del Escenario Objetivo. Fuente: PNIEC [9]

Parque de generación del Escenario Objetivo (MW)				
Año	2015	2020*	2025*	2030*
Eólica (terrestre y marítima)	22.925	28.033	40.633	50.333
Solar fotovoltaica	4.854	9.071	21.713	39.181
Solar termoelectrica	2.300	2.303	4.803	7.303
Hidráulica	14.104	14.109	14.359	14.609
Bombeo Mixto	2.687	2.687	2.687	2.687
Bombeo Puro	3.337	3.337	4.212	6.837
Biogás	223	211	241	241
Otras renovables	0	0	40	80
Biomasa	677	613	815	1.408
Carbón	11.311	7.897	2.165	0
Ciclo combinado	26.612	26.612	26.612	26.612
Cogeneración	6.143	5.239	4.373	3.670
Fuel y Fuel/Gas (Territorios No Peninsulares)	3.708	3.708	2.781	1.854
Residuos y otros	893	610	470	341
Nuclear	7.399	7.399	7.399	3.181
Almacenamiento	0	0	500	2.500
Total	107.173	111.829	133.802	160.837

*Los datos de 2020, 2025 y 2030 son estimaciones del Escenario Objetivo del borrador actualizado del PNIEC.

[1] Con respecto a la tabla anterior, cabe destacar que en 2020 el **total de potencia instalada en España estuvo 1.000 MW por debajo de la estimada por el PNIEC**, y que en 2020 el porcentaje de generación renovable sobre el total de electricidad producida fue del 44%.

El plan prevé una capacidad total instalada, para 2030, de unos 161 GW, de los cuales 39 GW de PV, 27 GW de CCGT, 16 GW de hidráulica fluvial, 9,5 GW de bombeo hidráulico, 7 GW de termosolar y 3 GW de nuclear. Esta previsión se realiza con las predicciones de la modelización actual asumiendo los costes, la funcionalidad y la fiabilidad asumidos de cada tecnología. Por ello, este supuesto es relativo a algunos cambios como: la evolución tecnológica y los cambios en la regulación general.

Observando la figura siguiente, el PNIEC estima que en 2030 la potencia total instalada de renovables será de aproximadamente 122,68 GW. Teniendo en cuenta la potencia instalada a partir de fuentes renovables en 2020, para cumplir los objetivos del PNIEC en 10 años habrá que duplicar dicha potencia.

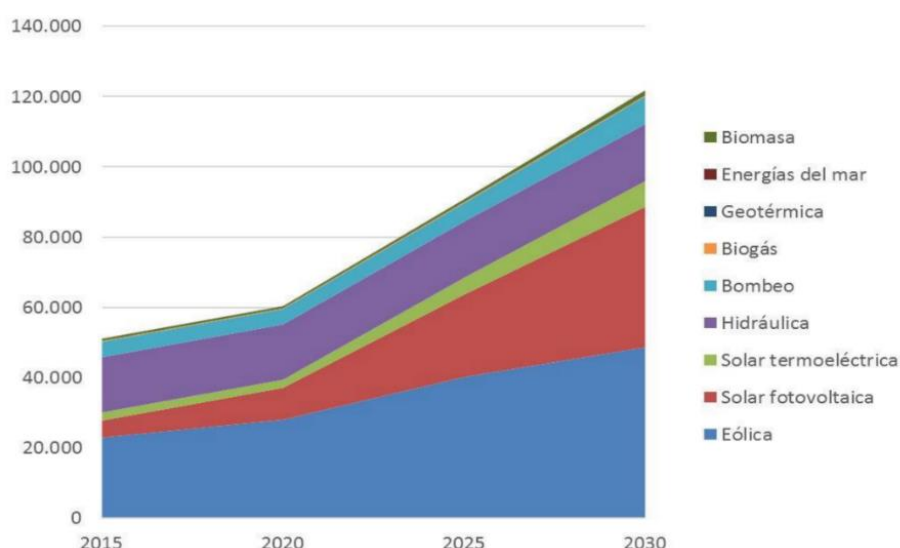


Figura 19. Capacidad instalada de tecnologías renovables (MW). Fuente: PNIEC [9]

OTROS ELEMENTOS CLAVE RELACIONADOS CON EL PNIEC

29. [9] **Las interconexiones disminuirán su uso del 73% en 2017 al 61% en 2030.** Esto significará una mayor seguridad energética nacional y competitividad en el comercio de energía a nivel europeo.



Figura 20. Dependencia energética nacional. Fuente: PNIEC [9]

Tal y como se ha comentado en los anteriores apartados, en 2019, España aumentó su dependencia energética al 75%, en cambio en 2020, y debido a la disminución de la demanda energética, dicho porcentaje se redujo hasta un 68,8%. Si bien es cierto que no se puede confiar en esta última buena cifra ya que el último año tuvo determinadas casuísticas debidas a la pandemia mundial, por lo que no se puede asegurar que esta dependencia disminuya igual de rápido el resto de años.

2. Las inversiones previstas en el sector energético se situarán en torno a los 241.000 millones de euros. De los cuales, el 80% serán de capital privado y el 20% provendrán del sector público.

3. Además de la nueva capacidad de generación renovable instalada de 59 GW, **se prevé la instalación de otros 6 GW de capacidad de almacenamiento.** Que se espera que estén compuestos por 3,5 GW de hidroeléctrica de bombeo y 2,5 GW de baterías.

A raíz de lo comentado anteriormente y el contexto energético en el que se encuentra actualmente España y el que se encontraba en 2015 según el PNIEC y Appa Renovables, se ha elaborado el siguiente gráfico para visualizar el grado de cumplimiento de los objetivos principales del PNIEC para 2030, y con ello poder determinar pasos a seguir con el fin de cumplir con los objetivos impuestos. Para ello, se han tenido en cuenta los siguientes datos:

- **Objetivo 1: 23% reducción emisiones GEI**
 - [14] En 2020 se emitieron 214,847 Mt de CO₂, que comparado con 1990 (232,067 Mt de CO₂), se ha conseguido reducir un 7,42% en 30 años.
 - Para cumplirlo se debería reducir un 15,15% adicional de GEI en los próximos 10 años.
- **Objetivo 2: 42% de participación de las energías renovables sobre el consumo de energía final**
 - [1] En 2020 las energías renovables supusieron el 16,8% sobre el consumo de energía final.
 - En los próximos 10 años la participación de las energías renovables sobre el consumo final de energía debería aumentar un 25,2%.

- Objetivo 3: 39,5% de mejora de la eficiencia energética
 - Teniendo en cuenta los avances tecnológicos e incentivos del gobierno enfocados hacia la mejora de eficiencia energética con las baterías, el autoconsumo, la generación distribuida, generación renovable, se consigue incrementar las posibilidades para aprovechar los recursos existentes, fomentar la independencia energética y mejorar la eficiencia.
- Objetivo 4: 74% de generación renovable sobre el total de electricidad producida
 - [1] En 2020 el 44% de la electricidad producida provino de energías renovables
 - En los próximos 10 años la generación renovable debe aumentar en un 30%.
- Objetivo: 61% de dependencia energética nacional
 - En 2020, la dependencia energética registrada fue del 68,8%.
 - En los próximos 10 años, esta dependencia debería disminuir en un 7,8%.

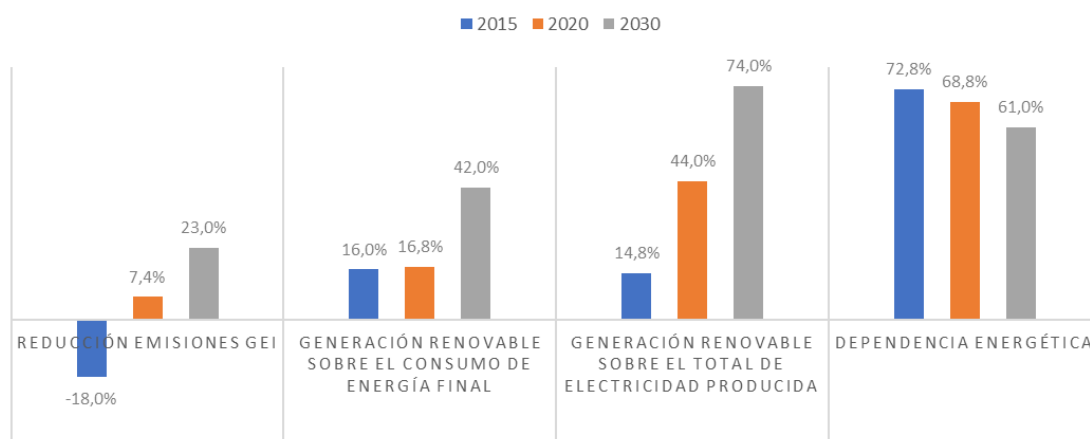


Figura 21. Evolución del cumplimiento de los objetivos PNIEC Horizonte 2030. Fuente: Elaboración propia.

Observando la evolución en la consecución de los objetivos entre 2015 y 2020, se puede asegurar que el enfoque y los esfuerzos que está haciendo el país son adecuados para conseguir cero emisiones en 2050 establecido por la Unión Europea y para conseguir los objetivos del PNIEC 2030. A pesar de lo anterior, el gráfico muestra la necesidad de establecer mayores esfuerzos y recursos hacia la consecución de los objetivos del 42% de generación renovable sobre el consumo de energía final y el 74% de generación renovable sobre el total de electricidad producida.

CRECIMIENTO DE LA DEMANDA ELÉCTRICA

En relación con el consumo energético, y como se ha anticipado en el párrafo anterior, la solución propuesta tiene entre sus pilares fundamentales dar un mayor peso al sector eléctrico frente al resto de recursos energéticos, lo que conlleva implícitamente, un crecimiento de la demanda eléctrica progresivo a largo plazo.

En concreto, tomando como base para la estimación, los mismos datos publicados por Endesa a partir de estimaciones tanto propias como de entidades públicas [6], **la electricidad obtenida a partir de fuentes renovables puede reemplazar el uso directo de combustibles fósiles** en aquellos sectores que son la principal causa de emisiones de gases de efecto invernadero:

- **Transporte.** Los vehículos eléctricos son entre tres y cinco veces más eficientes que los de motor de combustión interna. En España el PNIEC estima que en 2030 alrededor de cinco millones de vehículos eléctricos estén circulando por las carreteras.
- **Edificios.** Las bombas de calor usan cuatro veces menos energía que las calderas de gasoil o gas. Se va a tender a la sustitución de calderas por bombas de calor, principalmente apoyada por los incentivos del Gobierno y el Ayuntamiento de Madrid.
- **Industria.** La intensidad de la energía disminuye significativamente con la electrificación de los procesos industriales.

El consumo energético en cada una de las actividades en los sectores descritos anteriormente está íntimamente relacionado con los usos de la energía, y con las tecnologías presentes en cada uno de ellos. Endesa estima que, para cumplir con los objetivos de la UE y teniendo en cuenta el desarrollo de las tecnologías actuales, en 2050 se aumentará la electrificación de los sectores transporte, edificación e industria:

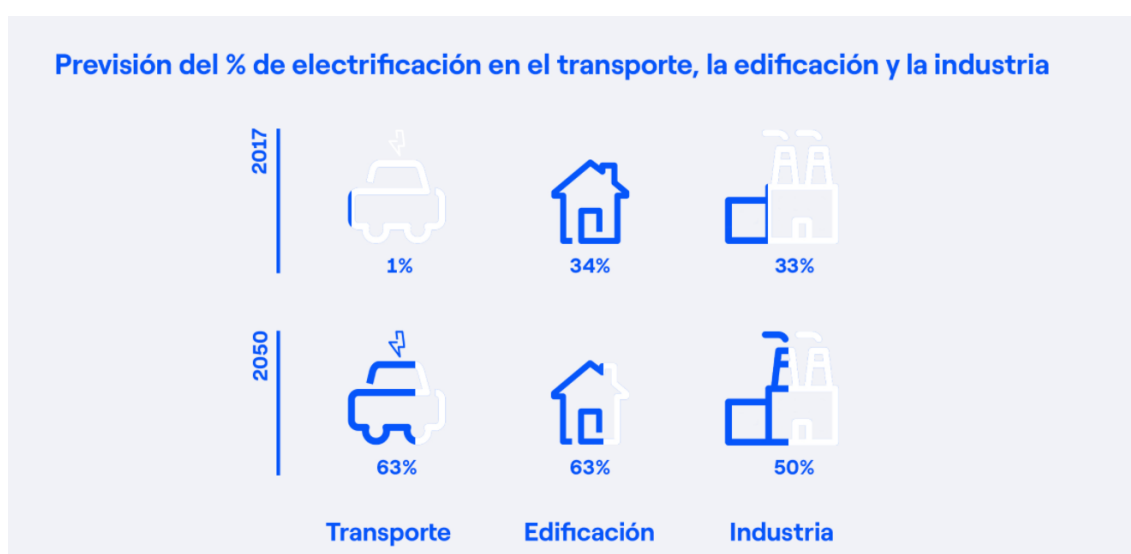


Figura 22. Previsión del % de electrificación en el transporte, la edificación y la industria. Fuente: Endesa [6].

- En el **transporte el 63% de los vehículos serán eléctricos**. Actualmente el consumo de energía que hacen turismos y camiones, así como las turbinas utilizadas en aviones, proviene en un 95% de productos petrolíferos (Figura 20). La sustitución de la mayor parte del consumo de petróleo en el sector transporte por la electricidad, provocará un cambio importante en la sectorización por productos de la energía final consumida en el país y en la CM con respecto a la situación actual, en la cual únicamente el 1% de este sector demanda electricidad. Dicho cambio irá de la mano de una importante reducción del uso de productos petrolíferos junto con un significativo aumento del consumo eléctrico.
- El **sector edificación (residencial) dependerá en un 63% de la electricidad**. Este sector actualmente presenta usos más diversos de la energía: calefacción y agua caliente sanitaria (ACS), electrodomésticos, cocina, iluminación y refrigeración. Algunos de estos usos permiten diferentes alternativas tecnológicas, como por ejemplo el ACS y la calefacción (calderas de biomasa, de gas natural, de carbón, bombas de calor eléctricas) o cocina (gas natural, electricidad), lo que conlleva que el consumo de energía final, por vector y uso, sea más heterogéneo que en el sector transporte. El consumo de energía en el sector residencial está repartido entre electricidad (40%), renovable de uso final (18%), gas natural (20%) y productos petrolíferos (20%).

- El sector industrial espera aumentar su **dependencia eléctrica hasta un 50%** en 2050. Actualmente este sector presenta un consumo muy heterogéneo entre los diferentes subsectores, debido a la variedad de procesos productivos y tecnologías utilizados en cada uno de ellos. En España, las principales industrias, en función de su consumo de energía, son siderurgia, metalurgia, cementera y manufacturera. El consumo de energía final en este sector se centra en el gas natural (37%), la electricidad (35%) y los productos petrolíferos (14%).

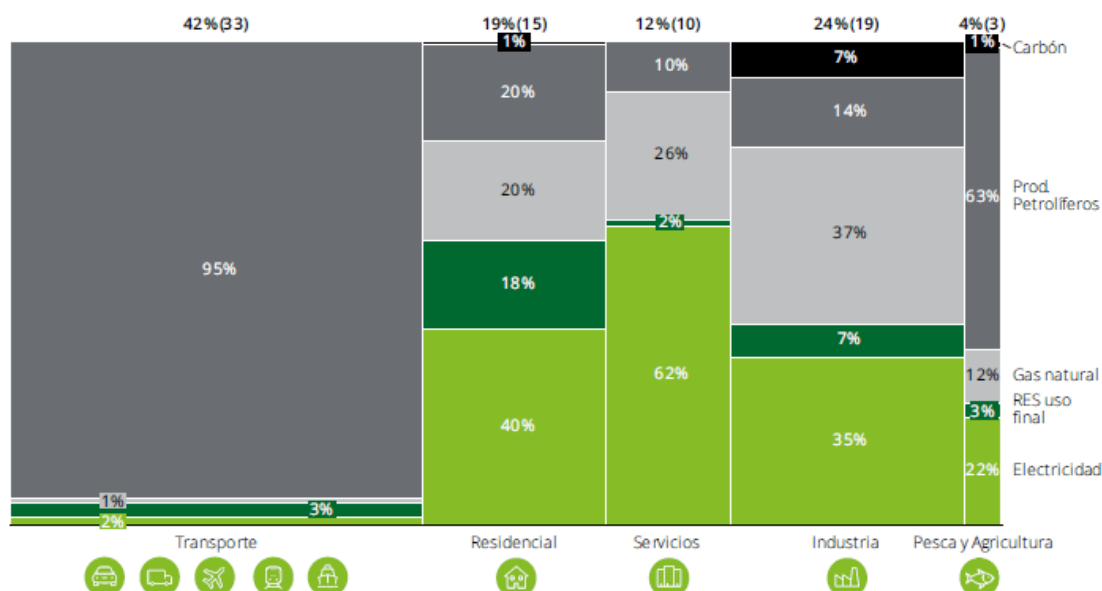


Figura 23. Consumo de energía final para usos energéticos por sector de actividad. Fuente: Monitor Deloitte [7].

[7] Los **sectores clave** con tendencia a modificar el consumo final de energía, son el **transporte y el sector doméstico**; sin embargo, la industria podría tener un papel más relevante si se acompaña de las medidas adecuadas. El sector transporte y doméstico cuentan actualmente con tecnologías que permiten su completa descarbonización.

Con todo lo anterior, se puede afirmar que el consumo eléctrico a nivel nacional y, especialmente en la Comunidad de Madrid al ser de las CCAA con mayor consumo energético y donde más impactará la electrificación del transporte y el consumo doméstico por su alto peso en la demanda final, aumentará considerablemente los próximos años debido a la tendencia hacia la electrificación de la economía. Son muchos los informes publicados sobre la estimación de este crecimiento a nivel nacional y peninsular coincidiendo la mayor parte de ellos en un crecimiento anual promedio del entorno de un 1%. Con independencia de este valor, la conclusión clara que se ha de tener en cuenta es que la dependencia energética de la Comunidad será cada vez mayor e incluso total a no ser que se considere aumentar la generación dentro de la Comunidad.

IV. OBJETIVOS DEL PNIEC APLICADOS A LA COMUNIDAD DE MADRID

CAPACIDAD DE ACOGIDA DE NUEVA GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

La Comunidad de Madrid, al igual que el resto de las comunidades autónomas, debe asumir parte de los objetivos establecidos por el PNIEC. La descarbonización, la implantación de generación renovable y la autosuficiencia energética son algunas de las metas que se deben llevar a cabo. Si bien es cierto que los condicionantes generales y particulares que apliquen a cada comunidad autónoma establecerán la medida en la que cada una aportará en la consecución de los objetivos.

El PNIEC propone como objetivo la transformación del modelo energético mediante la implementación de una gran cantidad de nueva generación eléctrica a partir de fuentes renovables (alrededor de 60 GW), pero no detalla ni estructura cómo y dónde se debe distribuir esta generación a nivel territorial. Para ello es necesaria una visión de conjunto que agrupe tanto la superficie disponible en base a diversos criterios tales como, por ejemplo, ambientales y urbanísticos, como la capacidad de evacuación e interconexión de la generación producida con los puntos de consumo.

El presente documento se centra ahora en realizar este análisis que combina la capacidad de acogida a nivel territorial con la capacidad de la red eléctrica existente, para evaluar la generación máxima que la Comunidad de Madrid podría integrar en el sistema eléctrico, teniendo así un criterio más sobre la participación que puede tener la comunidad en el cumplimiento de los objetivos del PNIEC.

RED DE TRANSPORTE Y DISTRIBUCIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Para evaluar la capacidad de acogida, se ha realizado, en primer lugar, un análisis sobre la capacidad de la que dispone tanto la Red de Transporte como la Red de Distribución para integrar nueva generación, para posteriormente cruzar estos puntos donde puede integrarse dicha generación con las restricciones de índole ambiental y urbanístico que imposibilitarían el desarrollo de nuevas infraestructuras en dichas zonas, quedando así un mapa mucho más reducido que combine ambos aspectos.

[15] REE en la Comunidad de Madrid dispone de una red de 400 kV de, aproximadamente, 993 km de línea, donde parte de esta red une siete grandes subestaciones, en las que existen 109 posiciones de 400 kV. Por otro lado, también se dispone de una red de 220 kV, con una longitud aproximada de 1.187 km, a la cual se conectan otras subestaciones de las que parten líneas de menor tensión para alimentar al mercado de distribución.

A continuación, se ilustran las redes de transporte y subestaciones de la Comunidad de Madrid:



Figura 24. Red de transporte de la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [5].

La Comunidad de Madrid cuenta con el 5% de los kilómetros de línea de la red de transporte nacional y en total, el número de posiciones en la Comunidad de Madrid para conexión de nueva generación en la red de transporte es de 660. El conjunto de estas instalaciones forma una red eléctrica con un alto nivel de mallado, que garantiza el suministro de toda la energía que consume la Comunidad de Madrid.

Se dispone de bastante información para evaluar la capacidad de nueva generación que podría integrarse en el sistema eléctrico a partir de la red existente. Tras la publicación de la Circular 1/2021 de la CNMC y las especificaciones de detalle, los gestores de la Red de Transporte y Distribución publican las capacidades disponibles en todos los nudos de sus respectivas redes. El modo de obtener esta información es mediante la suma de la capacidad de acceso concedida para nueva generación a dichas redes junto con la capacidad que, a día de hoy, sigue disponible.

Siguiendo la información publicada por REE la capacidad de acceso concedida hoy, en la Comunidad de Madrid, para nueva generación aún no existente con conexión tanto en las redes de transporte como en las redes de distribución es de 16,825 GW entre eólica y fotovoltaica. Este dato representa la capacidad de acceso otorgada a proyectos actualmente en desarrollo que, si bien, no tienen la necesidad de estar ubicados en la Comunidad de Madrid, se conectan directamente con los nudos de la red ubicados en esta comunidad a través de líneas eléctricas de evacuación.

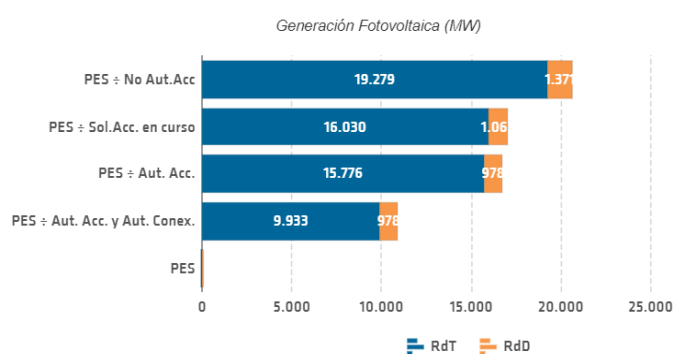


Figura 26. Solicitud energía fotovoltaica Com. Madrid.
Fuente: REE [11]

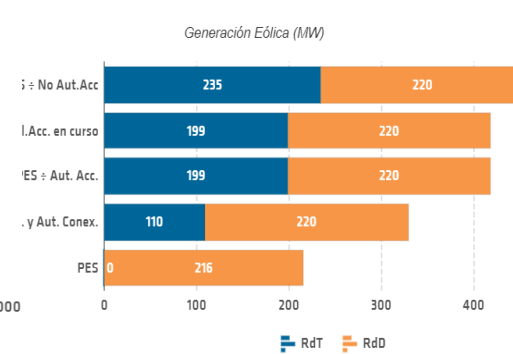


Figura 25. Solicitud energía eólica Com. Madrid.
Fuente: REE [11]

Es interesante ver cómo Madrid, a pesar de su pequeña extensión, es la tercera comunidad autónoma con mayor capacidad de acceso otorgada para nueva generación renovable, representando el 12,93% de esta. Esto no indica que la comunidad deba asumir nueva generación siguiendo dicha proporción, principalmente porque la capacidad de la Red de Transporte para integrar nueva generación renovable es considerablemente superior a los objetivos del PNIEC (105 GW de capacidad de acceso otorgada frente a los 60 GW que prevé el PNIEC) y porque, como se ha comentado anteriormente, la capacidad de acogida debe depender de los distintos condicionantes técnicos, medioambientales y urbanísticos que se presentan en el territorio que, para el presente caso de análisis de la Comunidad de Madrid, se evaluará a continuación. No obstante, es un indicativo de donde será mejor aprovechada la nueva generación por motivos de saturación de la Red de Transporte.

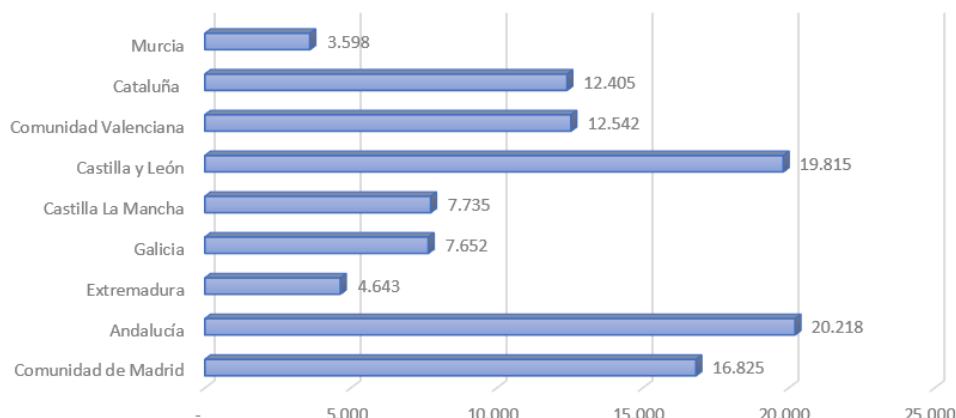


Figura 27. Capacidad de acceso concedida y en tramitación. Fuente: Elaboración propia y REE [11]

Por otro lado, y siguiendo la información publicada por los gestores de las redes de transporte y distribución, a los 16,825 GW reservados ya para proyectos en tramitación, hay que sumarle 6,2 GW de capacidad disponible para conexión en nudos de la Red de Transporte ubicados en Madrid, y 6,7 GW adicionales en nudos de la Red de Distribución a los que no se puede acceder a través de la Red de Transporte por imposibilidad técnica de esta.

Por lo que, con todo lo anterior, **la red existente en la Comunidad de Madrid tiene capacidad para conectar aproximadamente el 50% de la nueva generación prevista en el PNIEC a nivel nacional.**

DISPONIBILIDAD DEL TERRITORIO POR CRITERIOS AMBIENTALES Y URBANÍSTICOS

Como hemos comentado anteriormente, la capacidad de acogida no solo debe considerar la capacidad de la red eléctrica existente, sino las condiciones del territorio para la construcción de nuevas infraestructuras, algo que puede verse de manera muy directa en el Mapa de Sensibilidad Ambiental publicado por el MITERD para la instalación de nuevas plantas tanto fotovoltaicas como eólicas.

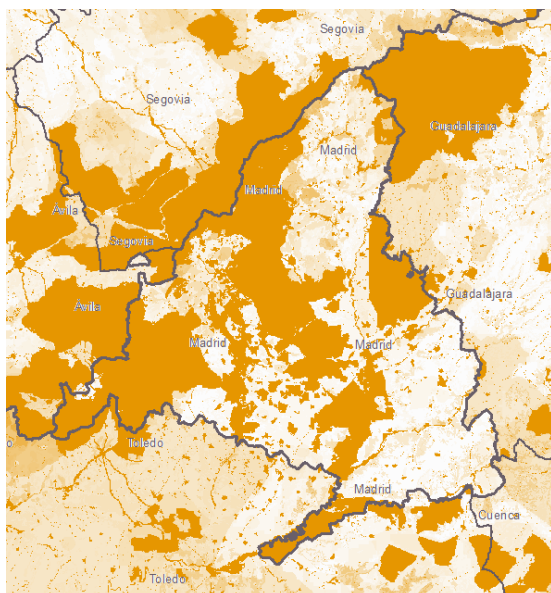


Figura 28. Sens. Amb. energía fotovoltaica. Fuente: MITECO [10].

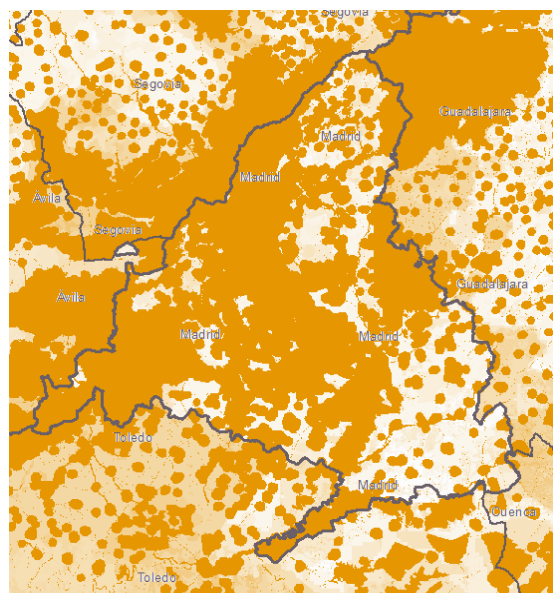


Figura 29. Sens. Amb. energía eólica. Fuente: MITECO [10].

Las tonalidades de color naranja de las anteriores ilustraciones señalan las distintas zonas de sensibilidad ambiental para las tecnologías eólica y fotovoltaica. El color más anaranjado muestra las zonas más sensibles medioambientalmente, en donde no sería recomendable implantar este tipo de proyectos. Este modelo se ha elaborado por la Subdirección General de Evaluación Ambiental y tiene en cuenta, entre otros, los siguientes factores medioambientales: núcleos urbanos, masas de agua y zonas inundables, Red Natura 2000 (ZEPA, LIC/ZEC), espacios naturales protegidos y vías pecuarias.

Se han tenido en cuenta únicamente las estructuras principales de los posibles proyectos ya sean los aerogeneradores o paneles fotovoltaicos, sin tener en cuenta el resto de instalaciones asociadas (subestaciones y líneas eléctricas, accesos, préstamos, vertederos, etc.). Los proyectos eólicos y fotovoltaicos objeto de este estudio se refieren a grandes instalaciones de producción de energía cuyo fin es su venta a la red. No incluye las pequeñas instalaciones de autoconsumo, ni infraestructuras aisladas de poca potencia, las destinadas a I+D+i, ni las que se ubiquen en cubiertas o tejados de edificios o suelos urbanos para un uso particular.

Del mismo modo, este análisis tampoco valora la fuente energética que motiva la instalación de esas infraestructuras, es decir no se incluye la cantidad de recurso disponible (viento y radiación solar).

Además, otro factor a tener en cuenta es la orografía de la Comunidad de Madrid. Se puede observar en la siguiente ilustración que la sierra norte de Madrid tiene zonas de gran pendiente donde se imposibilitarían los proyectos fotovoltaicos. Por lo que, combinando las zonas de sensibilidad ambiental y las zonas de mayor pendiente, podemos observar que los posibles emplazamientos más aptos para la ubicación de nuevas infraestructuras estarían emplazados en el cuadrante sur / sureste. Siendo la tecnología con menores restricciones medioambientales la fotovoltaica.

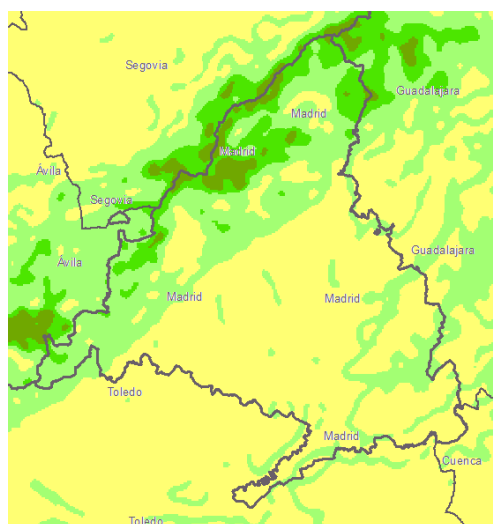


Figura 30. Pendientes 35%. Fuente: MITECO [10].

Por todo esto, se puede concluir este apartado afirmando que en la Comunidad de Madrid las grandes instalaciones de producción de energía renovable son viables en aquellas zonas aptas y condicionadas para ello. Si bien es cierto, que por las particularidades demográficas, medioambientales y técnicas de esta comunidad será necesario combinar estas instalaciones con otras actuaciones con el fin de acercarse, en la medida de lo posible, a los objetivos establecidos por el PNIEC y con el fin de aprovechar la capacidad disponible en la red de transporte y distribución de la Comunidad de Madrid. En el siguiente apartado se exploran posibles alternativas de generación para esta comunidad autónoma.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, se va a estudiar la capacidad total que podría asumir la Comunidad de Madrid seleccionando únicamente aquellas subestaciones que cumplan con los condicionantes señalados anteriormente.

Con el primer filtrado de subestaciones y eliminando todas aquellas que puedan tener dificultades por condicionantes técnicos y medioambientales, el análisis se centrará en las trece subestaciones aparentemente más favorables por no verse afectadas por ninguna de las restricciones consideradas.

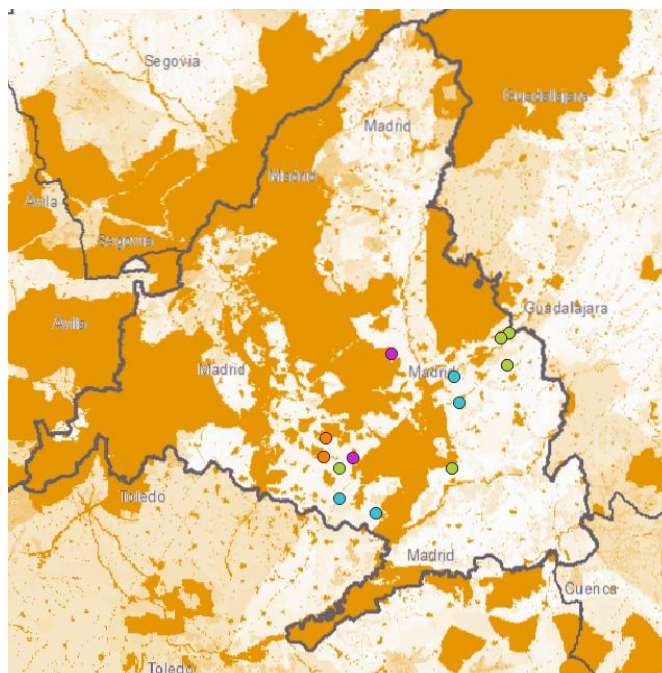


Figura 32. Subestaciones viables medioambientalmente. Fuente: Elaboración propia Y MITECO [10]

De esta forma, y sumando la capacidad de conexión que presentan los puntos resultantes, se puede concluir que la **Comunidad de Madrid cuenta con 7.372 MW disponibles y viables con los que se podría generar hasta el 50% de la demanda eléctrica siguiendo los datos publicados por REE para el año 2019.**

En el caso de que la Comunidad de Madrid tuviese capacidad para ampliar todos esos MW a la potencia renovable instalada actual, ésta contaría en su totalidad con 7,604 GW sobre los 161 GW totales a nivel nacional, representando un 4,72% del total de potencia renovable instalada en el escenario objetivo 2030 según el PNIEC. Es importante tener en cuenta que hay una serie de condicionantes principalmente técnicos relacionados con el equilibrio generación – demanda y de planificación territorial de la comunidad, que limitarían más aun la capacidad de acogida de nueva generación renovable en Madrid.

En primer lugar, se debe analizar las posibilidades de gestión de la generación asociada a la nueva potencia instalada y como poder adecuarla a la demanda en tiempo real. En segundo lugar, la poca extensión de la Comunidad de Madrid junto con las necesidades de terreno que tiene para abastecer la demanda social e industrial hace impensable la aplicación de un criterio de maximización de generación renovable ya sea mediante la ocupación directa de suelo por parte de los parques, como de la fragmentación del territorio a través de nuevas infraestructuras eléctricas provenientes de otras comunidades.

V. ALTERNATIVAS DE GENERACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Sabiendo que la energía producida a partir de fuentes renovables es la solución más eficiente y rentable para lograr reducir la emisión de gases de efecto invernadero y conociendo el camino que le queda por recorrer a España los próximos años, se debe hacer especial esfuerzo en la integración de más fuentes de generación renovable en el sistema nacional.

Tras haber identificado a la Comunidad de Madrid como la Comunidad con mayor deficiencia energética (menor autoabastecimiento, menor ratio generación renovable/superficie y mayor ratio demanda/superficie), se concluye que es la comunidad que mayor esfuerzo debe hacer hacia la transición energética para que la nación y la UE puedan alcanzar los objetivos de 2030 y 2050.

Debido a que la Comunidad de Madrid cuenta con una amplia capacidad en las redes de transporte y distribución y se prevé un importante aumento en el consumo de electricidad por la electrificación de la economía, es necesario que Madrid incremente su generación a partir de fuentes renovables. Además, con este incremento en la generación de la Comunidad, no solo contribuirá a garantizar el cumplimiento de los objetivos del PNIEC a nivel nacional, sino que también conseguirá aumentar la independencia energética como comunidad autónoma y, con ello, su eficiencia energética.

El objeto de este apartado V es, una vez concluida la necesidad de incorporar nueva generación en Madrid y verificada la capacidad de la misma para llevar a cabo dichas actuaciones, establecer criterios que ayuden a determinar cómo y con qué tecnología debería Madrid aportar su grano de arena para el cumplimiento de los objetivos a largo plazo. Dado que aún queda por resolver la incógnita del “cuánto”, este análisis se ha realizado sobre un amplio rango que abarque desde un criterio mínimo que debe ser la relación de la superficie que ocupa Madrid frente al territorio Peninsular, 1,59%, que implicaría participar de la descarbonización **con 2,56 GW de potencia renovable instalada y un criterio máximo basado en la capacidad de integración de nueva generación calculada en el apartado anterior, la cual es de 7,372 GW.**

Siendo la energía solar fotovoltaica la tecnología predominante para la Comunidad de Madrid, tanto por recurso solar como por restricciones medioambientales, la integración de instalaciones de autoconsumo y de fotovoltaica en suelo se consideran la mejor opción para aumentar la capacidad de generación en la Comunidad de Madrid.

El criterio para evaluar las posibilidades de incrementar la generación en la comunidad, parten inicialmente de la evaluación del autoconsumo, por considerarse la mejor alternativa por criterios de recurso y su bajo impacto sobre el medioambiente y el territorio. Tras evaluar el potencial de generación de autoconsumo, se deberá completar o bien la generación con fotovoltaica en suelo de mayor escala o bien con el diseño de nuevos corredores de infraestructuras que o bien en aéreo o bien en subterráneo transporten energía proveniente de otros territorios. Se descarta, por tanto, en este análisis, la generación a partir de instalaciones de gestión de residuos por tratarse de un potencial menor con respecto a los mencionados anteriormente.

POTENCIAL PARA AUTOCONSUMO Y GENERACIÓN UBICADA EN MADRID

Acorde con el análisis de potencial fotovoltaico en edificios municipales realizado por la fundación de energías renovables [14], Madrid se sitúa a la cabeza de las capitales europeas en niveles de radiación solar y potencial fotovoltaico, alcanzando los 1.746 kWh/m² de media anual. Madrid dispone de un potencial energético muy superior a la mayoría de las ciudades europeas, suficiente para cubrir sus necesidades energéticas.

[14] Hoy en día, la superficie de azoteas municipales susceptible de ser utilizada para instalaciones de sistemas de aprovechamiento solar se sitúa en torno a los 600.000 m² tan solo en el Municipio de Madrid. Los dos impedimentos principales para el aprovechamiento máximo del espacio en las azoteas son las instalaciones y conductos de climatización y ventilación y la morfología irregular. Cabe destacar que la superficie de cubiertas nunca es aprovechable al 100% ya que no toda la superficie es válida para instalar sistemas fotovoltaicos debido principalmente a malas orientaciones, la existencia de equipos de climatización y ventilación, sombreadamientos existentes, lucernarios o cubiertas que no pueden soportar el peso adicional que supone la instalación fotovoltaica.

El análisis de la FER únicamente considera las azoteas y cubiertas del Municipio de Madrid y calcula un potencial de instalación de autoconsumo de 75 MW en el escenario más probable y 122 MW en el escenario más optimista. Debido a que se busca determinar el potencial total de la Comunidad de Madrid y no solo del Municipio, se van a reflejar adicionalmente los resultados obtenidos en la Hoja de Ruta de Autoconsumo [16] elaborado por el MITECO en noviembre de 2021.

En el cálculo del potencial económico del MITECO únicamente se consideran ubicaciones en cubiertas y principalmente en orientaciones óptimas para la generación solar fotovoltaica (descartando orientación Norte). Si bien sobre fachadas existe potencial técnico, al evaluarse los criterios económicos esta posibilidad desaparece debido a que la baja irradiación sobre los planos verticales trae peores rendimientos económicos hasta el punto de inviabilizar la inversión.

Al igual que el potencial técnico, el potencial económico se concentra en las provincias con mayor población que cuentan además con alta irradiación solar, localizándose principalmente en zonas urbanas y semiurbanas y en el sector comercial.

El potencial real de autoconsumo fotovoltaico en España se sitúa en el escenario objetivo en aproximadamente 9 GW en el año 2030. Destaca especialmente el potencial en el sector comercial, debido a la necesidad de optimizar costes energéticos y a la coincidencia entre el horario principal de actividad comercial con el momento de máxima generación de energía solar fotovoltaica, lo que permite un buen acoplamiento entre generación y demanda.

Tabla 4. Resultados del potencial real de autoconsumo en España en 2030 por tipo de consumidor. Fuente: MITECO [16].

Tipo de consumidor (GW)	2030	
	Escenario OBJETIVO	Escenario ALTA PENETRACIÓN
Comercial	5,77	7,65
Residencial plurifamiliar	1,85	3,84
Residencial unifamiliar	0,08	0,91
Industrial	1,14	1,6
TOTAL NACIONAL	8,83	14,01

La consecución de este potencial es ambiciosa, puesto que supone dar cumplimiento a las distintas hipótesis consideradas en cuanto a la elevada disposición de los distintos agentes de cara a la adopción del autoconsumo, si bien se consideran alcanzables con una adecuada actuación concertada desde la Administración y el conjunto de la sociedad civil.

Centrando el estudio del potencial en la Comunidad de Madrid que actualmente cuenta con 232 MW de potencia renovable instalada, según el MITECO, el **potencial de autoconsumo fotovoltaico para la Comunidad de Madrid en 2030 es de 2.092 MWp**. Es decir, el MITECO estima que para 2030 se podrá multiplicar por nueve la potencia renovable instalada hoy en día en la Comunidad de Madrid y únicamente con la instalación de autoconsumo en el caso de que se llegase a aprovechar todo el potencial real que tiene la Comunidad Autónoma.

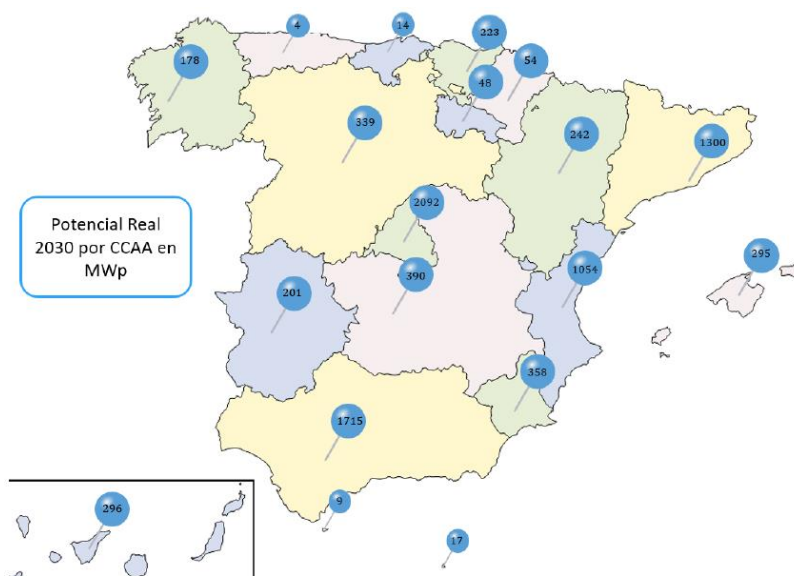


Figura 33. Potencial de autoconsumo en 2030 por CCAA. Fuente: MITECO [16]

De nuevo, debe resaltarse que este potencial económico, al igual que ocurría con el potencial técnico, no sería realizable en su totalidad. En él se incluyen todas las instalaciones que serían viables técnicamente y que teóricamente resultarían viables económicamente a lo largo de la vida útil de la instalación. Asume, por tanto, que todos los propietarios o consumidores tienen interés y capacidad económica para acometer las instalaciones y que todas las comunidades de propietarios donde la instalación es viable, optan por el autoconsumo, es decir, se asume una tasa de éxito del 100%.

En el escenario objetivo y suponiendo la tasa de éxito del 100%, con la incorporación de estos 2 GW de potencia en autoconsumo, la **Comunidad de Madrid pasaría de aportar el 0,4% a aportar el 1,45% de la potencia renovable instalada** a nivel nacional en 2030, (asumiendo que los restantes 57 GW objetivo del PNIEC los incorporan el resto de las comunidades autónomas). Este incremento es muy significativo con respecto a la situación inicial y acercaría considerablemente (a falta de 330 MW si se tiene en cuenta que Madrid ya dispone de 230 MW instalados actualmente) a la comunidad a los límites de cumplimiento en materia de descarbonización en un escenario de mínimos en el que reparto de objetivos se hiciera únicamente en base a la proporción de superficie sin tener en cuenta criterios de eficiencia y abastecimiento energético. No obstante, incluso valorando que se instala el autoconsumo con una tasa de éxito del 100% (escenario poco probable), se considera que seguiría siendo necesario un empuje adicional por parte de esta comunidad hacia la transición energética.

En busca de cumplir en el año 2030 con el criterio mínimo considerado basado en que Madrid aporta la capacidad de generación renovable equivalente al % de terreno del que dispone con respecto al peninsular y, asumiendo una tasa de éxito del potencial para el autoconsumo del 70%, es decir, 1,46 GW de potencia instalada, se debería instalar como mínimo 870 MW de potencia fotovoltaica en suelo a gran escala repartida en puntos cercanos a los nudos de conexión que no presentan afecciones ambientales y urbanísticas para evitar al máximo las afecciones y la necesidad de instalar infraestructuras de evacuación adicionales.

INTEGRACIÓN DE ELECTRICIDAD GENERADA EN OTRAS CCAA

La Comunidad de Madrid incrementa continuamente la longitud y extensión de su red de transporte, con sus correspondientes transformadores y posiciones de conexión. Esto, sumado a lo expuesto en anteriores apartados sobre la robustez del mallado de la red de transporte actual, confirma la apuesta por REE en crear una red viable para soportar la generación y consumo requeridos por esta comunidad autónoma en la actualidad y en el futuro.

La capacidad existente para la conexión de instalaciones de generación renovable a las redes de transporte de la Comunidad de Madrid no implica que las instalaciones (aerogeneradores o paneles fotovoltaicos) tengan que estar localizadas dentro de esta comunidad, sino que la evacuación de las mismas tiene que llegar a sus puntos de conexión. Es decir, como alternativa de generación, se podría plantear localizar las instalaciones fuera de la Comunidad de Madrid en zonas donde exista mayor disponibilidad de terreno y proyectando sus líneas de evacuación dentro. De esta forma, disminuiría la superficie ocupada por instalaciones de generación dentro de la Comunidad, pero aumentarían el número y longitud de líneas de evacuación, implicando mayor impacto ambiental y fragmentación del territorio.

Se podría ahora estimar los kilómetros de línea que serían necesarios para, teniendo en cuenta que se consigue instalar 2,5 GW de potencia a través del autoconsumo y fotovoltaica en suelo, integrar la máxima capacidad de generación restante en base a la capacidad de acogida estimada en el punto anterior mediante instalaciones ubicadas fuera de la Comunidad. Para ello se tiene en cuenta la localización de las SETs de transporte y distribución seleccionadas en el apartado anterior y se calcula la distancia mínima a la que se encuentran dichas subestaciones de la frontera de la Comunidad.

Para obtener dicha distancia se ha empleado el programa QGIS y el complemento NNJoin.

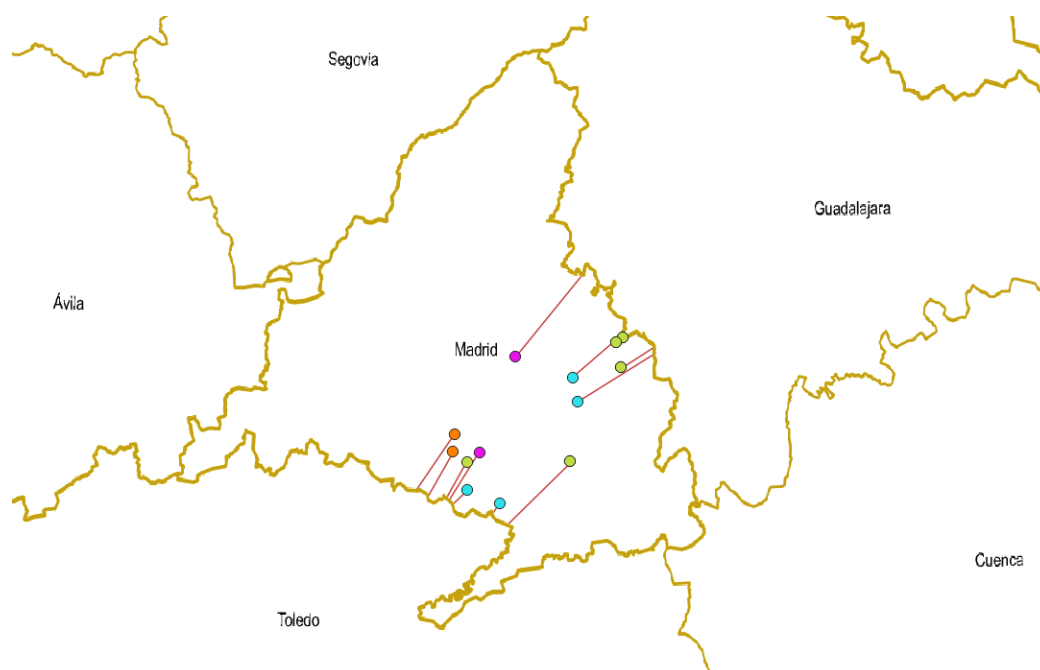


Figura 34. Distancia mínima a la frontera de la Comunidad desde las SETs viables con capacidad en la Comunidad de Madrid. Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido es que la mínima distancia media de las subestaciones viables con respecto a la frontera de la Comunidad es 12,43 kilómetros. De esta forma, se podría decir que, si se lleva toda la producción fuera de la Comunidad, ésta contaría mínimo con 162 kilómetros de línea adicionales.

Con todo lo anterior, se puede afirmar que la Comunidad de Madrid conseguiría participar de manera notoria en la consecución de los objetivos del PNIEC si hace uso de su capacidad de autoconsumo complementada con otras medidas como la fotovoltaica en suelo.

El escenario mínimo lograría que la Comunidad de Madrid participase sobre el total de potencia renovable instalada en el país en un 1,59% sin infraestructuras de evacuación adicionales, pero no lograría cubrir ni un 9% de su demanda eléctrica. Por ello, se considera que el escenario mínimo debe complementarse con la integración de fotovoltaica en suelo proveniente de otras comunidades autónomas, de tal forma que, como máximo, se alcanzaría cubrir el 26,4% del total de su demanda con renovables, participando directamente en la consecución del Objetivo 2 del PNIEC.

Adicionalmente, haciendo uso de toda la capacidad de autoconsumo y de terrenos cercanos a las subestaciones con capacidad y sin restricciones, ésta contaría con la participación de renovables por encima del 80% sobre el total de potencia instalada.

Los resultados comentados con anterioridad pueden verse reflejados en la siguiente tabla:

Tabla 5. Situación de la Comunidad de Madrid en los distintos escenarios para 2030. Fuente: Elaboración propia

	SOLO AUTOCONSUMO	ESCENARIO MÍNIMO	ESCENARIO MÁXIMO
Potencia renovable instalada sobre el total nacional en 2030 (%)	1,14	1,59	4,72
Potencia renovable sobre el total de potencia instalada en la C.Madrid (%)	77,8	83,6	94,2
Ratio generación renovable sobre la demanda de la C.Madrid (%) *	6,4	8,9	26,4
Potencia a instalar con autoconsumo en 2030 (GW)	1,46	1,46	1,46
Potencia a instalar de fotovoltaica en suelo en 2030 (GW)	0,0	0,87	5,04
Mínimo número de líneas de evacuación adicionales (km)**	0,0	0,0	162

*Se han supuesto las mismas horas equivalentes de producción fotovoltaica de 2020 en 2030. También se ha estimado un crecimiento de la demanda eléctrica del 1% anual desde 2020.

** Se asume que la fotovoltaica en suelo en la Comunidad de Madrid no aporta líneas adicionales por ubicarse cerca de las subestaciones.

Los anteriores indicadores llevan a concluir que el aprovechamiento de todo el potencial de autoconsumo de la Comunidad de Madrid sería insuficiente tanto para mejorar su situación deficitaria como para asumir su papel correspondiente en la consecución de los objetivos del PNIEC y de la UE.

VI. CONCLUSIONES

Actualmente el consumo eléctrico en la Comunidad de Madrid supone el 21,1% del total de energía final consumida en la Comunidad. La Comunidad de Madrid es de las comunidades más deficitarias del país en cuanto a generación y consumo eléctrico, en concreto, presentó en 2020 una ratio generación/consumo de 4,8%. A nivel nacional supone un 10,76% del consumo eléctrico total, teniendo que importar 25.609 GWh a través de redes de transporte y distribución. En cuanto a la generación eléctrica de la capital, en el año 2020 fue de 1.290 GWh, de la cual el 36% provino de fuentes de generación renovable. La participación de generación renovable de la Comunidad sobre el total producido en España es del 0,4%.

En los próximos años, se experimentará un aumento de demanda eléctrica motivado por la eficiencia, el ahorro y el uso de energía primaria de origen renovable. En este contexto, el objetivo de aumento de generación renovable marcado para 2030 implica más que duplicar la presencia actual de renovables en todo el sistema eléctrico bajo la premisa de que el sector eléctrico representará un porcentaje sobre energía final superior al 24,1% actual. Habrá que trabajar en la descarbonización, por supuesto, pero habrá que impulsar las renovables en el transporte y la climatización, únicas vías para actuar sobre ese 75,9% restante, sobre esa energía final que no es eléctrica. De ahí la importancia de tener una generación renovable distribuida geográficamente, accesible en todos los puntos evitando congestiones en la red.

En el caso de la Comunidad de Madrid, los principales demandantes del sector energético cuentan con la tecnología necesaria para su completa descarbonización. En concreto, el sector transporte y el sector doméstico tienden a consumir cada vez más electricidad dejando de lado aquellos productos con emisiones de gases de efecto invernadero, como son los productos petrolíferos y el gas. Con el aumento de la demanda eléctrica, la Comunidad de Madrid tendrá una dependencia energética cada vez mayor del resto de CCAA y de la UE.

La Comunidad de Madrid, al igual que el resto de las comunidades autónomas, debe asumir parte de los objetivos establecidos por el PNIEC. La descarbonización, la implantación de generación renovable y la autosuficiencia energética son algunas de las metas que se deben llevar a cabo. Si bien es cierto que los condicionantes generales y particulares que apliquen a cada comunidad autónoma establecerán la medida en la que cada una aportará en la consecución de los objetivos.

El análisis de la capacidad de acogida de la Comunidad de Madrid ha demostrado que a pesar de tener capacidad para conectar el 50% de la nueva potencia instalada prevista en el PNIEC a nivel nacional, realmente los condicionantes ambientales, territoriales y técnicos de la Comunidad limitan la posibilidad de nueva generación renovable, según el análisis realizado en el presente estudio, a 7,3 GW.

Aparte de las estrategias de eficiencia y ahorro aplicadas sobre la demanda energética, en materia de generación Madrid debe apostar por el autoconsumo, tanto a nivel residencial como industrial, teniendo en este último un potencial enorme y con gran interés por todas las partes, al contrario que en el residencial, donde el peso de la inversión inicial hace perder interés por el autoconsumo.

El resultado del presente análisis concluye en que apostar únicamente por autoconsumo, asumiendo una tasa de éxito del 70% del potencial del mismo en la Comunidad, tiene un impacto insuficiente en materia de descarbonización e integración de renovables con respecto a los objetivos del PNIEC: Bajo estas hipótesis Madrid seguiría a la cola sin llegar a alcanzar siquiera el ratio mínimo esperado del 1,59% de la potencia renovable instalada, equivalente al 1,59% de ocupación del territorio madrileño con respecto al nacional.

Sin embargo, la apuesta por el autoconsumo puede, y debe, ser complementada con otras alternativas de generación, siendo la fotovoltaica en suelo la mejor alternativa. Una buena planificación territorial que contara con espacio dedicado a instalaciones fotovoltaicas (1500 ha como mínimo para poder contar con los 870 MW adicionales necesarios para alcanzar el 1,59% de la potencia renovable instalada a nivel nacional en 2030) y el desarrollo de pasillos eléctricos que favorezcan la conexión directa de instalaciones instaladas en otras comunidades autónomas, podría permitir a Madrid contar con el 4,7% de la potencia instalada a nivel nacional y alcanzar así un nivel de cobertura de la demanda con renovables del 26,4%. Todo ello, permitirá a la Comunidad de Madrid ser parte del cumplimiento de los objetivos establecidos por el PNIEC, mejorar la situación deficitaria de la Comunidad, mejorar la eficiencia energética, aumentar su independencia energética y estar más preparados para la electrificación de la economía tan solo con el aprovechamiento de su elevado recurso solar y de la gran capacidad que puede acoger su Red.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Appa Renovables (2021). ["Estudio del Impacto Macroeconómico de las Energías Renovables en España 2020"](#)
- [2] Red Eléctrica Española. [Datos de generación de potencia instalada a diciembre de 2021](#)
- [3] Red Eléctrica Española (2021). ["Informe del Sistema Eléctrico Español 2020"](#)
- [4] Red Eléctrica Española (2021). ["Las energías renovables en el sistema eléctrico español"](#)
- [5] Fundación de la Energía (2020). ["Balance energético de la Comunidad de Madrid 2019"](#)
- [6] Endesa (2021). ["¿Qué es la electrificación de la economía? Todo lo que debes saber en cuatro claves"](#)
- [7] Monitor Deloitte (2018). ["Una transición inteligente hacia un modelo energético sostenible para España en 2050: la eficiencia energética y la electrificación"](#)
- [8] PNIEC MITECO (2020). ["Plan Nacional integrado de Energía y Clima"](#)
- [9] PNIEC Síntesis MITECO (2020). ["PNIEC Principales resultados"](#)
- [10] Sensibilidad ambiental eólica y fotovoltaica (2021). ["Visor MITECO"](#)
- [11] Red Eléctrica Española Estado de las solicitudes de A&C (2021). ["REE Acceso y Conexión"](#)
- [12] Propuesta de desarrollo de la RDT ["Actuaciones sobre la RDT 2021-2026"](#)
- [13] Datos macro 2021. ["España – Emisiones de CO2"](#)
- [14] Fundación Energías Renovables. ["Hoja de Ruta Madrid 2030"](#)
- [15] Red Eléctrica Española 2021. ["Series estadísticas nacionales"](#)
- [16] MITECO 2021. ["Borrador Hoja de Ruta del Autoconsumo"](#)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dependencia energética de España frente a la UE (%). Fuente: Appa Renovables [1].	4
Figura 2. Potencia instalada en España a diciembre de 2021 (MW). Fuente: Elaboración propia y REE [2].	5
Figura 3. Producción de electricidad en España (GWh). Fuente: Elaboración propia y REE [3].	5
Figura 4. Demanda eléctrica por comunidades autónomas (GWh) y variación respecto al año anterior (%). Fuente: REE [3].	6
Figura 5. Ratio generación/demanda (%) y generación en GWh en 2020. Fuente: REE [3].	6
Figura 6. Participación de la potencia renovable de cada comunidad autónoma sobre el total renovable a 31.12.2020. Fuente: REE [4].	7
Figura 7. Ratio generación renovable/generación (%) y generación renovable (GWh) en el 2020. Fuente: REE [4].	8
Figura 8. Ratio entre la potencia renovable instalada y la superficie total de cada Comunidad Autónoma en la Península Ibérica. Fuente: Elaboración propia y REE [3].	8
Figura 9. Participación de la electricidad en el consumo final de energía. Fuente: Elaboración propia y Appa Renovables [1].	9
Figura 10. Generación de energía eléctrica en la Comunidad de Madrid en 2020. Fuente: Elaboración propia y REE [2].	10
Figura 11. Potencia instalada en la Comunidad de Madrid a diciembre de 2021 (MW). Fuente: E. propia y REE [2].	11
Figura 12. Evolución de la energía eléctrica producida en la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [6] y Red Eléctrica [2].	11
Figura 13. Participación de la generación renovable de cada comunidad autónoma sobre el total renovable a 31.12.2020. Fuente: REE [4].	12
Figura 14. Ratio entre la demanda eléctrica en 2020 y la superficie total de cada Comunidad Autónoma en la Península Ibérica. Fuente: Elaboración propia y REE [3].	13
Figura 15. Sectorización por productos de la energía consumida en la Comunidad de Madrid en el año 2019. Fuente: Fundación de la Energía [5].	13
Figura 16. Porcentaje de demanda eléctrica por comunidades autónomas. Fuente: Elaboración propia y REE [3].	14
Figura 17. Evolución del consumo eléctrico final en la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [5].	14
Figura 18. Sectorización por actividades del consumo eléctrico en la Comunidad de Madrid en el año 2019. Fuente: Fundación de la Energía [5].	15
Figura 21. Capacidad instalada de tecnologías renovables (MW). Fuente: PNIEC [9].	18
Figura 22. Dependencia energética nacional. Fuente: PNIEC [9].	19

Figura 23. Evolución del cumplimiento de los objetivos PNIEC Horizonte 2030. Fuente: Elaboración propia.	20
Figura 19. Previsión del % de electrificación en el transporte, la edificación y la industria. Fuente: Endesa [6].	21
Figura 20. Consumo de energía final para usos energéticos por sector de actividad. Fuente: Monitor Deloitte [7].	22
Figura 24. Red de transporte de la Comunidad de Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [5].	23
Figura 25. Solicitud energía eólica Com. Madrid. Fuente: REE [11]	24
Figura 26. Solicitud energía fotovoltaica Com. Madrid. Fuente: REE [11].	24
Figura 28. Capacidad de acceso concedida y en tramitación. Fuente: Elaboración propia y REE [11].	25
Figura 29. Sens. Amb. energía fotovoltaica. Fuente: MITECO [10].	25
Figura 30. Sens. Amb. energía eólica. Fuente: MITECO [10].	25
Figura 31. Pendientes 35%. Fuente: MITECO [10].	26
Figura 32. Subestaciones con capacidad & Sens. Amb. energía eólica. Fuente: Elaboración propia y MITECO [10]	27
Figura 33. Subestaciones viables medioambientalmente. Fuente: Elaboración propia Y MITECO [10]	28
Figura 34. Potencial de autoconsumo en 2030 por CCAA. Fuente: MITECO [16]	31
Figura 35. Distancia mínima a la frontera de la Comunidad desde las SETs viables con capacidad en la Comunidad de Madrid. Fuente: Elaboración propia.	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Generación eléctrica (GWh) en la C. Madrid. Fuente: Fundación de la Energía [6] y Red Eléctrica [2].	12
Tabla 2. Porcentaje de energías renovables sobre consumo de energía final. Fuente: PNIEC [8]	17
Tabla 3. Parque de generación del Escenario Objetivo. Fuente: PNIEC [9]	18
Tabla 4. Resultados del potencial real de autoconsumo en España en 2030 por tipo de consumidor. Fuente: MITECO [16].	30
Tabla 6. Situación de la Comunidad de Madrid en los distintos escenarios para 2030. Fuente: Elaboración propia	33

ANEXO I

Subestaciones en la Comunidad de Madrid de Red Eléctrica Española. Fuente: Red Eléctrica Española

Subestación	Comunidad Autónoma	Criterio limitante MGES	Criterio limitante MPE	Capacidad de acceso no disponible para MGES [MW]	Capacidad de acceso no disponible para MPE [MW]	Motivo capacidad no disponible	Capacidad de acceso disponible para MGES [MW]	Capacidad de acceso disponible para MPE [MW]
AENA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	452	452	Concurso por resolución SEE.	0	0
AGUACATE 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	598	598	Sólo conexión RdD.	0	0
ALCALA II 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	131	131	Concurso por resolución SEE.	0	0
ALCOBENDAS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	645	645	Sólo conexión RdD.	0	0
ALGETE 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	613	613	Concurso por resolución SEE.	0	0
ANCHUELO 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
ANCHUELO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	724	724	Concurso por resolución SEE.	0	0
ANTONIO LEYVA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	598	598	Sólo conexión RdD.	0	0
ARAVACA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	664	664	Sólo conexión RdD.	0	0
ARDOZ 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	524	524	Concurso por resolución SEE.	0	0
ARGANDA 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
ARGANZUELA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	582	582	Solo conexión RdD	0	0
ARROYO DE LA VEGA 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
AZCA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	779	779	Sólo conexión RdD.	0	0
BOADILLA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	0	0		0	0
BUENAVISTA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	262	262	Concurso por resolución SEE.	0	0
CAMINO FREGACEDOS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	285	285	Concurso por resolución SEE.	0	0

CAMPO DE LAS NACIONES 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	791	791	Sólo conexión RdD.	0	0
CANILLEJAS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	766	766	Sólo conexión RdD.	0	0
CASA DE CAMPO 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	838	838	Sin posibilidad de conexión.	0	0
CISNEROS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	451	451	Concurso por resolución SEE.	0	0
CIUDAD DEPORTIVA 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	198	198	Sólo conexión RdD.	0	0
COSLADA 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	322	322	Sólo conexión RdD.	0	0
COSLADA B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	322	322	Sin posibilidad de conexión.	0	0
COTO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	663	663	Sólo conexión RdD.	0	0
CUEVAS DE ALMANZORA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	602	602	Sin posibilidad de conexión.	0	0
DAGANZO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
FORTUNA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	274	274	Concurso por resolución SEE.	0	0
FUENCARRAL 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
FUENCARRAL 220	Madrid	D_Zona	WSCR	0	0		198	5
FUENLABRADA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	0	0		74	74
GALAPAGAR 400	Madrid	E_Zona	E_Zona	372	372	Sin posibilidad de conexión.	0	0
GALAPAGAR 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	0	0		59	59
GETAFE 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	173	173	Sólo conexión RdD.	0	0
HORNILLO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	176	176	Sin posibilidad de conexión. Margen zonal reservado concurso/posible concurso.	0	0
HORTALEZA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	366	366	Sólo conexión RdD.	0	0
LA CEREAL 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
LA CEREAL 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	1,178	1,178	Sin posibilidad de conexión.	0	0
LA ESTRELLA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	728	728	Sólo conexión RdD.	0	0
LA TORRECILLA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	0	0		0	0

LEGANES 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		30	30
LOECHES 400	Madrid	E_Zona/D_Nudo	E_Zona/D_Nudo	0	0		0	0
LOECHES 220	Madrid	E_Zona/D_Zona	E_Zona/D_Zona	0	0		0	0
LOECHES B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	27	27	Sólo conexión RdD.	0	0
LUCERO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	133	133	Concurso por resolución SEE.	0	0
MAJADAHONDA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	603	603	Sólo conexión RdD.	0	0
MANUEL BECERRA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	392	392	Sólo conexión RdD.	0	0
MAZARREDO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	672	672	Sólo conexión RdD.	0	0
MECO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
MEDIODIA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	739	739	Sólo conexión RdD.	0	0
MELANCOLICOS 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	537	537	Sólo conexión RdD.	0	0
MIRASIERRA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	715	715	Sólo conexión RdD.	0	0
MORALEJA 400	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
MORALEJA 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
MORATA 400	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
MORATA 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	314	314	Concurso por resolución SEE.	0	0
NORTE 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	809	809	Sólo conexión RdD.	0	0
PALAFIX 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	672	672	Sólo conexión RdD.	0	0
PARLA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	354	354	Concurso por resolución SEE.	0	0
PARQUE INGENIEROS 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	499	499	Sólo conexión RdD.	0	0
PILAR, EL 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	198	198	Sólo conexión RdD.	0	0
PINTO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	152	152	Concurso por resolución SEE.	0	0
PINTO AYUDEN 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	176	176	Concurso por resolución SEE.	0	0
POLIGONO C 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	582	582	Sólo conexión RdD.	0	0

PRADO SANTO DOMINGO 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	183	183	Concurso por resolución SEE.	0	0
PROSPERIDAD 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	371	371	Sólo conexión RdD.	0	0
PTE.SAN FERNANDO 220	Madrid	D_Nudo/D_Zona	WSCR	806	725	Sólo conexión RdD.	0	0
PUENTE PRINCESA 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	690	690	Sólo conexión RdD.	0	0
RETAMAR 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	701	701	Sólo conexión RdD.	0	0
SAN FERNANDO 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
SAN FERNANDO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	653	653	Sólo conexión RdD.	0	0
SANCHINARRO 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	198	198	Sólo conexión RdD.	0	0
SIMANCAS 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	631	631	Sólo conexión RdD.	0	0
SS.REYES 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
SS.REYES 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	514	514	Concurso por resolución SEE.	0	0
SS.REYES B 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	162	162	Sin posibilidad de conexión. Margen zonal reservado concurso/posible concurso.	0	0
TORREJON DE VELASCO 400	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	0	0		0	0
TORREJON DE VELASCO 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
TORREJON DE VELASCO B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
TRES CANTOS 220	Madrid	E_Nudo	WSCR	1,045	588	Sólo conexión RdD.	0	0
TRES CANTOS GIS 220	Madrid	E_Nudo	WSCR	0	0		514	263
VALDEMORO 220	Madrid	E_Zona	E_Zona	0	0		0	0
VALLE DEL ARCIPRESTE 220	Madrid	E_Nudo	E_Nudo	460	460	Sólo conexión RdD	0	0
VALLECAS 220	Madrid	E_Zona/D_Zona	WSCR/E_Zona/D_Zona	0	0		0	0
VENTAS 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	509	509	Sólo conexión RdD.	0	0

VENTAS DEL BATAN 220	Madrid	D_Nudo	D_Nudo	301	301	Concurso por resolución SEE.	0	0
VILLAVERDE BAJO 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
VILLAVERDE BAJO B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
VILLAVICIOSA 400	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
VILLAVICIOSA 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0
VILLAVICIOSA B 220	Madrid	D_Zona	D_Zona	0	0		0	0

ANEXO II

Subestaciones de distribución con capacidad en RdT "solo conexión RdD". Fuente: Red Eléctrica Española, Iberdrola y Naturgy.

SUBESTACIÓN DISTRIBUCIÓN	CAPACIDAD DISPONIBLE (MW)
AGUACATE 15	88,3
ALCOBENDAS 20	85,92
A.LEYVA 15	79,53
ARAVACA 20	83,36
ARGANZUELA 15	88,19
VALDEBEBAS	57,4
PINAR	61
CAMPOR NACIONES NUEVO	94,6
BARRIO DE BILBAO	13,5
CANILLEJAS	94
CONCEPCION	81
DEPORTIV	56,81
BARRIO DEL JARAMA	68,9

SUBESTACIÓN DISTRIBUCIÓN	CAPACIDAD DISPONIBLE (MW)
AYALA 132	215,19
AYALA 15	76,38
ESTREL 15	142,44
ESTRELLA 132	178,89
CERCEDILLA	55,22
ESCORIAL	132, 32
GALAPAGAR	264, 25
MAJADAHONDA	382,34
MORALZARZAR	113,79
NAVALAG.	32,59
POZUELO	170,78
V.PARDILLO	141,41
VMORILLO	39,1

SUBESTACIÓN DISTRIBUCIÓN	CAPACIDAD DISPONIBLE (MW)
ARAGON	80,8
BARAJAS	24
PTE. SAN FERNANDO	29,5
SAN FERNANDO	39,6
LAS PEÑUELAS	58,7
PUENTE PRINCESA	108,4
ROSALES	60
B.AIRE	85,34
CARRASCA	35,1
CATOLEDO	72,85
CEANGELE	28,9
CESTUDIA	34,74
JUICIerva	107,86

CITIPAL	15,9
COSLADA	79,4
LAS MERCEDES	70,4
REJAS	46,3
SAN BLAS	8,2
EL COTO	32,5
BARRIO DE LA PAZ	59,3
CAMINO CONGOSTO	5,1
GETAFE	73,7
LOS ARENALES	40,3
PARQUE TEMÁTICO WARNER	4,4
SAN MARTIN I	8
SAN MARTIN II	32,8
VILLAVEVERDE	34,8
HORTALEZA	97,3

MAZARREDO	49,8
MEDIODIA	30,1
MIRASIERRA	114,4
CHAMARTIN	13,5
NORTE	84
SERRANO	57,6
PALAFOX	93,76
PQINGENI	53,06
EL PILAR	224,62
OLITE	382,95
PILAR	119,62
PIQUENAS	52,98
PLGONO C	218,5
VALDERA 2	35,1
PROSPERIDAD	48,7

JUNCAL	35,1
OLVIDO	54,41
RETAMAR	376,2
ZARZAQUE	77,67
SANCHINARRO	98,14
SIMANCAS	19,2
C.VIEJO	35,97
MIRAFLORES	84,78
S.AGUSTI	78,03
TRES CANTOS	241,36
VENTEROS	106,02
VILLALBA	63,15
V.ARCIPR	55,4
TOTAL	6.778,95

ANEXO III

Subestaciones con capacidad de acceso otorgada MPE en los nudos de transporte. Fuente: Red Eléctrica Española

Nombre y tensión del nudo	Capacidad de acceso otorgada MPE (MW)
AENA 220	120
ALCALA II 220	352
ALGETE 220	324
ANCHUELO 220	327
ANCHUELO 400	662
ARDOZ 220	310
ARGANDA 220	354
ARROYO DE LA VEGA 220	250
BOADILLA 220	412
BUENAVISTA 220	419
CAMINO FREGACEDOS 220	352
CISNEROS 220	353
DAGANZO 220	306
FORTUNA 220	400
FUENCARRAL 220	424
FUENCARRAL 400	300
FUENLABRADA 220	409
GALAPAGAR 220	300
GETAFE 220	14
LA CEREAL 400	617
LA TORRECILLA 220	454
LEGANES 220	500
LOECHES 400	952

Nombre y tensión del nudo	Capacidad de acceso otorgada MPE (MW)
LUCERO 220	475
MECO 220	42
MORALEJA 220	564
MORALEJA 400	240
MORATA 220	369
MORATA 400	772
PARLA 220	284
PINTO 220	388
PINTO AYUDEN 220	410
PRADO SANTO DOMINGO 220	413
PTE.SAN FERNANDO 220	25
SAN FERNANDO 400	649
SS.REYES 220	386
SS.REYES 400	797
TORREJON DE VELASCO 220	85
TORREJON DE VELASCO 400	328
TORREJON DE VELASCO B 220	171
TRES CANTOS 220	15
TRES CANTOS GIS 220	340
VALDEMORO 220	383
VALLECAS 220	252
VENTAS DEL BATAN 220	203
VILLAVICIOSA 220	447
VILLAVICIOSA 400	767
TOTAL	17.716

ANEXO IV

Subestaciones con capacidad de acceso no disponible por motivo de concurso en los nudos de transporte.

Fuente: Red Eléctrica Española

Nombre y tensión del nudo	Capacidad de acceso no disponible para MPE [MW]	Motivo capacidad no disponible
AENA 220	452	Concurso por resolución SEE.
ALCALA II 220	131	Concurso por resolución SEE.
ALGETE 220	613	Concurso por resolución SEE.
ANCHUELO 220	724	Concurso por resolución SEE.
ARDOZ 220	524	Concurso por resolución SEE.
BUENAVISTA 220	262	Concurso por resolución SEE.
CAMINO FREGACEDOS 220	285	Concurso por resolución SEE.
CISNEROS 220	451	Concurso por resolución SEE.
FORTUNA 220	274	Concurso por resolución SEE.
LUCERO 220	133	Concurso por resolución SEE.
MORATA 220	314	Concurso por resolución SEE.
PARLA 220	354	Concurso por resolución SEE.
PINTO 220	152	Concurso por resolución SEE.
PINTO AYUDEN 220	176	Concurso por resolución SEE.
PRADO SANTO DOMINGO 220	183	Concurso por resolución SEE.
SS.REYES 220	514	Concurso por resolución SEE.
VENTAS DEL BATAN 220	301	Concurso por resolución SEE.
TOTAL	5.843	