

**HOJA DE RUTA DE AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA DEL AYUNTAMIENTO DE MADRID****Martínez F.S.\*, Paule R.M.\*\*, Ferrando F.V.\*\*\***

Fundación Renovables, C/Pedro Heredia 8 2º Dcha, Madrid, 28028, (Comunidad de Madrid) España,  
[fundacion@fundacionrenovables.org](mailto:fundacion@fundacionrenovables.org)

<https://doi.org/10.34637/cies2020.3.5161>

**RESUMEN**

El fin perseguido con el trabajo desarrollado es llegar a un escenario global de sostenibilidad energética para Madrid 2030, en el que el parque inmobiliario municipal llegue a ser 100% autosuficiente, abastecido por energías renovables y con cero emisiones. La presente Hoja de Ruta tiene un horizonte temporal hasta el año 2030 y presenta como objetivos generales: conseguir la autosuficiencia energética del parque inmobiliario municipal, lograr un suministro de energía 100% renovable y alcanzar emisiones cero en los edificios del Ayuntamiento de Madrid. La consecución de los objetivos de esta Hoja de Ruta requiere, obligatoriamente, considerar dos variables. Por un lado, la variable de la eficiencia energética, enmarcada dentro de un Escenario de Eficiencia 2030 (EE-2030). La segunda variable sería la autosuficiencia energética, enmarcada dentro de un Escenario de Autosuficiencia (EA-2030). Este escenario define la potencia necesaria y su ubicación para que todo el consumo energético de los edificios del parque inmobiliario municipal sea cubierto con instalaciones de generación de electricidad con fuentes renovables.

**PALABRAS CLAVE:** Hoja de Ruta, Eficiencia Energética, Autosuficiencia, Ayuntamiento, Madrid

**ABSTRACT**

The objective is to arrive at a global energy sustainability scenario for Madrid 2030, in which the municipal real estate park becomes 100% self-sufficient, supplied by renewable energy and with net zero emissions. This Roadmap has a time horizon to 2030 and its general objectives are: to achieve energy self-sufficiency in the municipal real estate stock, achieve a 100% renewable energy supply and zero emissions in buildings of Madrid City Council. The achievement of the objectives of this Roadmap requires, mandatorily, to consider two variables. On the one hand, the energy efficiency variable, within a 2030 Efficiency Scenario (EE-2030). The second variable would be energy self-sufficiency, within a Self-Sufficiency Scenario (EA-2030). This scenario defines the required power and location for the entire energy consumption of buildings of the municipal housing stock is covered with electricity generation facilities from renewable sources.

**KEY WORDS:** Roadmap, Energy Efficiency, Self-sufficiency, City Council, Madrid

## INTRODUCCIÓN

El Ayuntamiento de Madrid, en el marco de su política de sostenibilidad energética, considera clave avanzar hacia la autosuficiencia energética mediante la incorporación de sistemas de generación de energía eléctrica de origen renovable.

El presente artículo, reúne los puntos clave de la Hoja de Ruta hacia la Sostenibilidad Energética, resultado de la colaboración entre la Fundación Renovables y los servicios técnicos del Ayuntamiento, en el que se han identificado tanto las líneas de trabajo y actuaciones que hay que llevar a cabo, así como las necesidades organizativas y presupuestarias que hay que cubrir.

## OBJETIVOS

El fin perseguido con el trabajo desarrollado es llegar a un escenario global de sostenibilidad energética para Madrid 2030, en el que el parque inmobiliario municipal llegue a ser 100% autosuficiente, abastecido por energías renovables y con cero emisiones. Los objetivos para el año 2030 son los siguientes:

1. Conseguir la autosuficiencia energética del parque inmobiliario municipal.
2. Lograr un suministro de energía 100% renovable.
3. Alcanzar emisiones cero en los edificios del Ayuntamiento de Madrid.

La consecución de los objetivos de esta Hoja de Ruta requiere, obligatoriamente, considerar dos variables dentro del **escenario global de sostenibilidad energética para Madrid 2030**:

- La variable de la eficiencia energética, enmarcada dentro de un **Escenario de Eficiencia 2030 (EE-2030)**, ya que es condición indispensable disponer de un consumo energético eficiente para poder establecer un objetivo de sostenibilidad energética y de autosuficiencia. El principal objetivo es reducir el consumo de energía en un 50%.
- La variable de la autosuficiencia energética, enmarcada dentro de un **Escenario de Autosuficiencia (EA-2030)**. Este Escenario define la potencia necesaria y su ubicación para que todo el consumo energético de los edificios del parque inmobiliario municipal sea cubierto con instalaciones de generación de electricidad con fuentes renovables de energía instaladas en los propios edificios o instalaciones del Ayuntamiento.

## COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DEL PARQUE INMOBILIARIO MUNICIPAL

Se ha analizado el conjunto del parque inmobiliario municipal y sus consumos energéticos asociados. De esta evaluación se ha obtenido una caracterización energética de la situación actual que ha permitido detectar las principales ineficiencias existentes y caracterizar algunos de los comportamientos energéticos. El análisis de la situación actual ha sido la base para identificar actuaciones de mejora y ahorro en el comportamiento energético y establecer el objetivo.

Se han recopilado los datos de consumos de los tres suministros energéticos principales a lo largo de 2019 (electricidad, gas natural y gasóleo C), se ha recopilado y analizado la información disponible relativa a las superficies de edificios, auditorías energéticas realizadas y reparto de cargas existentes, estimando el comportamiento energético de aquellos edificios de los que no existía información suficiente disponible. A nivel global, los consumos energéticos, coste de los mismos y emisiones relacionadas en el año 2016 se reflejan en la **Tabla 1**:

Tabla 1. Consumos de energía total y por suministro, coste y emisiones. Año 2016.

	Año 2016		
	Consumos (kWh)	Coste (€)	Emisiones (kg CO <sub>2</sub> )
Electricidad	149.697.194	23.339.189	49.549.771
Gas Natural	177.096.899	9.324.535	44.628.419
Gasóleo C	19.530.877	1.027.414	2.148.396
Total	346.324.970	33.691.138	96.326.586

En primer lugar, y con el objeto de delimitar el alcance, se ha analizado la composición del parque inmobiliario municipal, su distribución por tipologías, y ubicación territorial en distritos, identificando 1.122 edificios entre los casi 1.600 edificios e instalaciones de los que dispone el Ayuntamiento.

Con objetivo de centrar el trabajo de análisis energético y posterior análisis del potencial fotovoltaico, se han seleccionado los 900 edificios con mayor consumo total de los 1.122, coincidiendo en parte con los edificios de los que se dispone de más información, tanto de consumos, suministros, como características; destacándose las instalaciones con consumos por debajo de los 5.000 kWh anuales, cuya aportación en valores absolutos es muy reducida.

En la **Tabla 2** se pone de manifiesto la representatividad de los 900 edificios identificados y seleccionados con respecto al consumo total contabilizado por el Ayuntamiento de Madrid durante 2016, al suponer el 95% de la demanda de energía

Tabla 2. Consumos de energía final totales y analizados de 2016. (kWh-año)

	Consumo total (kWh)	Consumo analizado (kWh)	%
Electricidad	149.697.194	140.506.825	94%
Gas Natural	177.096.899	170.431.150	96%
Gasóleo C	19.530.877	19.530.877	100%
Consumo total de energía final	346.324.970	330.468.852	95%

En la **Tabla 3** y **Tabla 4** se muestra, de forma resumida, el comportamiento y las características energéticas de las diferentes tipologías de edificios existentes. Estos resultados sirven para identificar las tipologías con mayor representación en cada una de las variables y parámetros analizados.

Tabla 3. Caracterización energética por tipología y suministros.

	Superficies (m <sup>2</sup> )	N.º Edificios	Electricidad (kWh)	Gas Natural (kWh)	Gasóleo C (kWh)	TOTAL (kWh)
Administrativo	14%	7%	25%	8%	0%	15%
Cultural	11%	12%	16%	9%	0%	11%
Deportivo	17%	16%	17%	25%	90%	25%
Educativo	39%	35%	13%	38%	6%	26%
Otros	4%	9%	7%	6%	<1%	6%
Seguridad	5%	6%	8%	4%	1%	5%
Servicios Sociales	10%	15%	13%	10%	2%	11%

Tabla 4. Caracterización energética por tipología y distribución de cargas.

	Iluminación (%)	Climatización (5)	ACS (%)	Equipos (%)
Administrativo	26%	48%	3%	22%
Cultural	19%	71%	4%	7%
Deportivo	11%	76%	10%	3%
Educativo	15%	78%	1%	5%
Otros	7%	81%	3%	8%
Seguridad	-	-	-	-
Servicios Sociales	15%	74%	3%	7%

El análisis de los datos permite identificar, por un lado, la importancia de las tipologías de Educativo y Deportivo en la contribución al consumo total municipal, ya que suponen el 51% de la demanda total y, por otra, el peso de la climatización en el consumo de cada edificio, siendo el consumo más importante en todas las tipologías, superando el 70%, excepto en Administrativo, que coincide con la tipología en la que más electrificada está la demanda de climatización.

Estos dos puntos definirán cual debe ser el objetivo de actuación prioritario en las políticas de sostenibilidad energética del Ayuntamiento, por lo que se deberán priorizar las medidas en climatización, al tener una mayor repercusión en el ahorro total y, en especial, en las tipologías menos electrificadas como Deportivo, Educativo y Servicios Sociales; y en especial sobre las cargas de climatización.

#### ESCENARIO EFICIENCIA 2030. EE-2030.

La consecución de los objetivos de la Hoja de Ruta 2030, exige la aplicación del Escenario de Eficiencia 2030 EE-2030, dirigido a la limitación de la demanda y a la reducción de los consumos energéticos. A partir del análisis de los consumos, estado y tipología del parque inmobiliario municipal se han ido identificando las principales medidas que mayor repercusión tienen sobre los consumos energéticos municipales. Para llevar a cabo con éxito el conjunto de actuaciones dirigidas a la reducción de los consumos energéticos es preciso una planificación energética global, en la que estén bien definidas las políticas y responsabilidades dentro de la compleja estructura municipal. Las herramientas básicas más idóneas para la planificación y ejecución de una planificación energética global municipal serán:

a) La implementación de un Sistema de Gestión Energética municipal (SGE) junto con, b) el desarrollo de las herramientas de gestión y análisis de los diferentes parámetros energéticos.

Estos sistemas y herramientas serán las piezas claves para llevar a cabo la planificación detallada, seguimiento y verificación del resto de actuaciones, además, de permitir una identificación en profundidad de los consumos, ineficiencias y mejoras a realizar.

Una vez se haya planificado la implantación de estas dos medidas principales, sistemas de gestión energética y herramientas de monitorización y análisis, se plantean las siguientes actuaciones sobre las diferentes cargas para definir el Escenario de Eficiencia Madrid 2030 EE2030:

- **Iluminación:** Automatización y sistemas de gestión de iluminación; Cambio a Led.
- **Climatización:** Implementación de políticas eficientes de climatización y configuración de espacios, despliegue de puestos y definición de áreas de trabajo; Mejora de la envolvente y cerramientos. (Rehabilitación energética); Electrificación de la demanda de climatización mediante la introducción de la tecnología de las Bombas de Calor reversibles; Mejoras de eficiencia en equipos obsoletos (bombas de calor y calefactores eléctricos).
- **ACS:** Electrificación de la demanda de ACS; Mejoras de eficiencia en equipos obsoletos (calentadores eléctricos); ACS Solar.
- **Otros y equipos:** Eliminación de consumos fantasma o “stand-by”; Mejora de la eficiencia de equipos.

Del análisis de las actuaciones propuestas y de la combinación de los ahorros se ha propuesto un Escenario Eficiencia 2030, que incluye como objetivo reducir la demanda de energía en un 50% en el parque de edificios actualmente disponible. En este sentido, bajo la hipótesis del EE2030 la demanda de los edificios del Ayuntamiento de Madrid pasaría de los 346 GWh, contabilizados en 2016 (electricidad, gas natural y gasóleo C), a un consumo de electricidad de 173 GWh en 2030.

El objetivo del Escenario de Eficiencia 2030 de un consumo anual estimado de 173 GWh se ha establecido en función de la situación actual, sin tener en cuenta las variaciones que puedan existir en el parque inmobiliario municipal. No obstante, el establecimiento por parte del Ayuntamiento del criterio de que los edificios de nueva construcción han de ser edificios de energía positiva no debería afectar al objetivo aquí establecido, ya que, en el peor de los casos, los edificios serían de consumo casi nulo y, por tanto, su aportación al conjunto debería ser mínima.

En la **Tabla 5** se presenta el escenario de ahorro sobre el consumo de energía final estimado. El resultado se ha obtenido analizando los potenciales de ahorro existentes en las diferentes cargas evaluadas, tanto por la electrificación de la demanda como por la utilización de las mejores tecnologías y buenas prácticas. Se muestra, asimismo, la distribución de las diferentes cargas en el escenario final, donde de nuevo la climatización vuelve a ser la carga más importante.

Tabla 5. Escenario de Eficiencia a 2030.

EE-2030	Iluminación	Climatización	ACS	Otros	Total
Reducción de consumo (%)	-45%	-55%	-60%	-10%	-50%
Participación de cada carga (%)	17%	64%	4%	15%	

En la **Tabla 6** se refleja la aplicación de las posibilidades de mejora en la eficiencia para las diferentes tipologías de edificios. Para aquellas de las que no se ha dispuesto de datos se ha establecido el escenario de ahorro global que se fijaba en el 50% lo que supondría reducir la demanda de energía de 331 GWh analizados a 166 GWh. Quedan pendientes de analizar los 16 GWh de edificios de pequeño tamaño o con falta de información para los que se han considerado las mismas prácticas de mejora que para el 95% analizado, obteniéndose el resultado final de reducción del 50% de los 346 GWh totales.

Tabla 6. Escenarios de Eficiencia por tipología a 2030.

	Consumo total actual (GWh)	Escenario ahorro 2030	Consumo total EE-2030 (GWh)
Administrativo	49	-43%	28
Cultural	38	-50%	19
Deportivo	84	-53%	39
Educativo	85	-51%	42
Otros	21	-51%	11
Seguridad	18	-50%	9
Servicios Sociales	36	-51%	18
Total Analizado	331	-50%	166
No Analizado	15	-50%	7
Total	346	-50%	173

Para la consecución del Escenario de Eficiencia Madrid 2030 es necesario, por tanto, limitar la demanda a la razonablemente necesaria. Para ello, por una parte, es imprescindible que existan unos hábitos de eficiencia energética y adecuar la instalación para que estas demanden lo mínimo necesario, eliminando ineficiencias y pérdidas. Por otra parte, la demanda de energía se ha de cubrir con equipos altamente eficientes lo cual se puede alcanzar a través de la electrificación de la demanda de climatización.

ESCENARIO DE AUTOSUFICIENCIA 2030. EA-2030.

Esta Hoja de Ruta propone, adicionalmente a las medidas de eficiencia energética, una apuesta clara por el aprovechamiento del potencial de la producción de energía eléctrica con energía solar fotovoltaica en las azoteas de los edificios municipales.

El desarrollo del Escenario de Autosuficiencia 2030 (EA-2030) se ha llevado a cabo una vez evaluado el esfuerzo del EE-2030 y obtenido el resultado de las necesidades de consumo en 2030 (173 GWh). La situación privilegiada de Madrid, en cuanto a niveles de irradiación solar (1.746 kWh/m<sup>2</sup>) (ver Anexo IV: Recurso solar en Madrid), favorece el aprovechamiento de su potencial fotovoltaico que se encuentra entre los más altos de las capitales europeas. Además, el desarrollo tecnológico de la fotovoltaica y la progresiva reducción de sus costes, la convierten en la tecnología óptima para su integración en edificios e instalaciones municipales.

Tabla 7. Valores de radiación global anual en Madrid. (Estimación a partir de datos de las estaciones terrestres).

Año tipo	P10	P90
1.746 kWh/m <sup>2</sup>	1.659 kWh/m <sup>2</sup>	1.800 kWh/m <sup>2</sup>

En el marco del proyecto se han evaluado los espacios disponibles en los edificios, principalmente azoteas y cubiertas. En total se ha conseguido identificar y contabilizar más de 1,2 millones de metros cuadrados de azoteas de los que, obviamente, no son todos aprovechables tanto por la configuración y acceso como por la existencia de sombras que limitan considerablemente la superficie disponible real.

En la **Tabla 8** se muestra todo el espacio aprovechable identificado en los 900 edificios municipales evaluados. Por una parte, se ha evaluado el espacio aprovechable en azoteas y cubiertas considerando no tener que realizar actuaciones complejas. A la superficie aprovechable de 600.000 m<sup>2</sup> se han añadido otros 100.000 m<sup>2</sup> por actuaciones en la rehabilitación de edificios y en el entorno de los 35.000 m<sup>2</sup> por la consideración de parte de las fachadas de los edificios analizados.

Tabla 8. Superficie aprovechable para sistemas de autoconsumo fotovoltaico en edificios municipales.

Espacios	Superficie aprovechable m <sup>2</sup>
Cubiertas y Azoteas	600.000
Rehabilitación	100.000
Fachadas	35.000
Total	735.000

Según las diferentes tipologías y diseños de las azoteas, cubiertas y fachadas se han evaluado distintos valores en cuanto a la potencia instalada por m<sup>2</sup> disponible según su orientación e inclinación.

Para la determinación del objetivo dentro del **EA-2030**, se han seleccionado diferentes valores para estimar el espacio necesario para la instalación de los sistemas fotovoltaicos. Además del espacio aprovechable estimado anteriormente, se ha evaluado el potencial fotovoltaico instalable en el conjunto de los edificios, tal como se muestra en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Estimación de potencia fotovoltaica instalable en edificios (autoconsumo).

	Cubiertas			Rehabilitación			Fachadas	Potencia total edificios (MWp)		
Superficie (m <sup>2</sup> )	600.000			100.000			35.000	730.000		
m <sup>2</sup> /kWp	15	10	6	15	10	6	6	15	10	6
Potencia FV (MWp)	40	60	100	7	10	17	5	52	75	122

En el planteamiento de este proyecto, con vistas a determinar la planificación de la instalación de sistemas fotovoltaicos, se ha optado por utilizar el valor de 10 m<sup>2</sup> /kWp atendiendo a la existencia de cubiertas inclinadas con necesidades de ocupación más bajas, la mejora de los sistemas y que los diseños han de optimizar el espacio para alcanzar la potencia necesaria para cubrir el máximo de los consumos asociados al edificio. En la **Tabla 10** se muestran las productividades tipo estimadas bajo unos criterios básicos de diseño.

Tabla 10. Productividades tipo según emplazamientos.

Emplazamientos	Productividades anuales (kWh/kWp)
Cubierta inclinada y azoteas óptimas	1.500-1.600
Azoteas planas	1.400
Fachadas	900-1.000

En la **Tabla 11** se recoge la evaluación de la producción fotovoltaica en función de la estimación de la potencia fotovoltaica instalable.

Tabla 11. Estimación de la producción fotovoltaica en edificios municipales.

Ocupación		Producción fotovoltaica en edificios municipales (MWh)		
		15 (m <sup>2</sup> /kWp)	10 (m <sup>2</sup> /kWp)	6 (m <sup>2</sup> /kWp)
	Potencia FV (MWp)	52	75	122
Productividad (kWh/kWp)	1.300	67.600	97.500	158.600
	1.400	72.800	105.000	170.800
	1.500	78.000	112.500	183.000

De este modo, ha sido posible determinar que la productividad media no se aleja de los 1.400 kWh/kWp si se mantienen unos criterios de elección del emplazamiento y de diseño adecuados, con un máximo de un 15% de pérdidas por orientación e inclinación, un límite de un 5% de pérdidas por sombreado y utilizando los mejores equipos que existen en el mercado (módulos fotovoltaicos con eficiencias por encima de 0,18 e inversores por encima de 0,98).

Bajo los diferentes criterios, anteriormente mencionados, se ha considerado como primer objetivo de potencia fotovoltaica a 2030 la instalación de 75 MWp en edificios municipales, lo que supondría generar 105.000 MWh/año y una cobertura del 61% de la demanda de electricidad prevista en 2030.

Alcanzar el objetivo de 100% de autosuficiencia en el EA-2030 sobre los 173 GWh de consumo previsto en el Escenario Eficiencia-2030, exige una potencia fotovoltaica instalada total de 124 MWp, lo que supone la necesidad de instalar además aproximadamente 49 MWp adicionales a los propuestos en los edificios analizados. Es necesario, por tanto, buscar emplazamientos adicionales para el cumplimiento del objetivo de 100% autosuficiencia.

Se han identificado otros espacios abiertos con potencial para la instalación de sistemas fotovoltaicos, que se encuentran, en algunos casos, dentro de la misma instalación o edificio, como patios, canchas, etc. y, en otras ocasiones, sobre instalaciones con consumos muy poco significativos o incluso inexistente, lo que supondría que habría que encuadrarlos en la categoría de generación conectada a las líneas de distribución.

- **Pérgolas y estructuras en espacios públicos**

Tipologías como Educativo y Deportivo, con grandes espacios abiertos debido a las pistas deportivas, son excelentes candidatas para el aprovechamiento de sus espacios abiertos mediante estructuras de sombra, pérgolas, etc. A modo de referencia, si se instalasen pérgolas de entre 10-20 m<sup>2</sup> en cada uno de los edificios de Educativo y Deportivo se conseguirían entre 4.500 y 9.000 m<sup>2</sup> adicionales, lo que solo significaría un 1% de superficie adicional a la hasta ahora estimada.

- **Aparcamientos disuasorios**

Dentro de los planes de movilidad sostenible que está llevando a cabo la ciudad de Madrid, se han planificado la construcción de 12 aparcamientos disuasorios en el extrarradio de la ciudad. En total suponen más de 100.000 m<sup>2</sup> de suelo, sobre los cuales podrían construirse cubiertas fotovoltaicas que, sin contabilizar los viales, supondrían 70.000 m<sup>2</sup>. Estos aparcamientos deberían llevar consigo la creación de infraestructuras de recarga de vehículos eléctricos como un servicio más del propio Ayuntamiento que debería adoptar un posicionamiento como gestor de carga.

- **Instalaciones sobre suelo municipal**

Hay otros espacios municipales sin consumos o consumos no significativos asociados, aprovechables para la instalación de sistemas fotovoltaicos que, mediante la inyección a la red de distribución o a redes propias, puedan cubrir algunos consumos energéticos municipales y permitir adoptar un papel activo en materia energética al Ayuntamiento de Madrid. El Ayuntamiento cuenta con terrenos municipales dónde poder realizar grandes instalaciones fotovoltaicas sobre suelo. Gracias a esta medida se pueden cubrir otras necesidades energéticas como el alumbrado público exterior, la creciente implantación de los vehículos eléctricos o la demanda que no se pueda satisfacer mediante las instalaciones de autoconsumo. Las plantas de generación distribuida, además de garantizar la autosuficiencia del propio Ayuntamiento, pueden servir para avanzar en la consideración de la energía como un servicio público de acceso universal y al Ayuntamiento en un agente activo que ayude a mitigar la pobreza energética de los ciudadanos de Madrid.

En la **Tabla 12** se ha realizado un primer análisis del potencial y de las necesidades de superficie y potencia de otros espacios diferentes al de los propios edificios e instalaciones municipales, que podría servir para alcanzar el objetivo deseado del 100% de autosuficiencia.

Tabla 12. Potencial fotovoltaico en otros espacios.

	Superficie identificada (m <sup>2</sup> )	Potencia fotovoltaica (MWp)	Producción fotovoltaica (GWh)
Aparcamientos disuasorios	70.000	11	17
	Potencia fotovoltaica (MWp)	Producción fotovoltaica (GWh)	Superficie necesaria (m <sup>2</sup> )
Suelo municipal	45	68	540.000
Zonas Verdes	45	68	270.000
Otros espacios públicos	49	68	294.000

El objetivo del 100% de autosuficiencia por tanto que cubra los 173 GWh del escenario EE-2030, solo será posible si se consigue la instalación de aproximadamente 124 MWp, de los que 75 MWp se incorporarían en azoteas de edificios del Consistorio y para los 49 MWp restantes deberá encontrarse una combinación adecuada del aprovechamiento de los diferentes espacios municipales que se han identificado, al margen de los propios edificios municipales, mediante el aprovechamiento de todo o parte del espacio identificado en los aparcamientos disuasorios planeados y el de otros espacios municipales como pueden ser plantas de generación en terrenos del Ayuntamiento, instalaciones pérgolas y estructuras de doble uso en zonas verdes y otros espacios públicos.

La potencia total instalable en edificios cubriría las necesidades en diferente medida dependiendo de su uso. En la **Tabla 13** se muestra la potencia por tipología de edificio y la cobertura dentro del **EE-2030**.

Tabla 13. Escenario de Autosuficiencia por tipologías y total del EA-2030 y cobertura dentro del EE-2030.

	Potencia Fotovoltaica (MW)	Producción Fotovoltaica (MWh)	Cobertura EE 2030
Administrativo	5,4	7.570	26%
Cultural	6,6	9.269	46%
Deportivo	16,2	22.779	57%
Educativo	33,2	46.636	108%
Otros	3,0	4.042	34%
Seguridad	3,4	4.689	47%
Servicios Sociales	7,2	10.015	53%
Total Autoconsumo	75	105.000	61%
Necesidades de Generación fotovoltaica distribuida	49	68.000	39%
Total Autosuficiencia	124	173.000	100%

El Escenario de Autosuficiencia EA-2030 aúna el esfuerzo sobre los propios edificios hasta alcanzar una cobertura del 61%, junto con el apoyo de plantas de generación distribuidas en otros espacios municipales (suelo, zonas verdes, aparcamientos, etc.) que aportarían el 39% restante.

Tabla 14. Cobertura fotovoltaica escenarios 2016-2030.

	Escenario 2016	Escenario 2030
Consumo Total (GWh)	346	173
Cobertura fotovoltaica autoconsumo	30%	61%
Cobertura generación distribuida	70%	39%

## CONCLUSIONES: EL FUTURO ENERGÉTICO DE MADRID

A lo largo del proyecto y dentro del Escenario Global de Sostenibilidad Energética para Madrid 2030 se han definido dos escenarios de actuación en esta Hoja de Ruta:

- ✓ Escenario Eficiencia EE-2030.
- ✓ Escenario Autosuficiencia EA-2030.

Llevar a cabo la implantación del escenario global de Sostenibilidad Energética exige superar las barreras identificadas actualmente, entre las que cabe destacar:

- a) Aunque ya existe un sistema centralizado de información que permita conocer los consumos de los edificios municipales y algunas variables y parámetros energéticos. Aun no es posible determinar los indicadores energéticos necesarios para evaluar el comportamiento de los diferentes edificios e instalaciones, ni las medidas de mejora en eficiencia. En este sentido el compromiso del Plan A sobre la creación de una plataforma abierta de consumos en edificios municipales y la inclusión del 80% de los consumos para 2020 es un paso en esta dirección.
- b) Inexistencia de un plan coordinado de actuación sobre la autosuficiencia energética del Ayuntamiento. Se necesitan objetivos concretos a corto, medio y largo plazo, asumidos por todos. Esta Hoja de Ruta es un buen primer paso en este sentido.
- c) Difusa identificación de las responsabilidades existentes cuando ha de gestionarse la variable energética. Se necesita por tanto identificar las responsabilidades, unificarlas para mejorar coordinación funcional y más recursos humanos y técnicos, que podrían, por ejemplo, proporcionarse desde la aprobada Comisión Municipal de Eficiencia Energética y Energías Renovables del Plan A (Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático) o desde una entidad específica.

De acuerdo con lo anterior, sería preciso adoptar medidas en dos ámbitos básicos:

- a) El modelo organizativo municipal. Al margen del desarrollo de las iniciativas puntuales y globales, es preciso que dicho modelo sea más flexible y ejecutivo. Actualmente el Ayuntamiento de Madrid tiene una estructura de toma de decisiones y de responsabilidades muy atomizada, tanto por la necesaria participación de las distintas Áreas de Gobierno, como por la intervención de los Distritos que, en ocasiones, pueden dificultar la operativa de forma que una iniciativa puede ser desarrollada por diferentes vías. Con independencia del origen de las iniciativas, el Ayuntamiento de Madrid debe centralizar el control y coordinación del desarrollo del EE-2030 y del EA-2030, tanto de su puesta en marcha como de la gestión de producciones y su seguimiento (O&M).
- b) Las herramientas de gestión de la información. En este sentido, se considera imprescindible:
  - 1) La implantación de un sistema de gestión energética a nivel municipal (SGE): Mediante un SGE es posible conocer e identificar las necesidades, actuar sobre ellas y medir los resultados. Es el primer paso fundamental para eliminar demandas innecesarias y proponer mejoras en la eficiencia.

2) La puesta a disposición de herramientas TIC para gestionar consumos y generación: Estas herramientas son recursos imprescindibles para la correcta puesta en marcha y el éxito de gran parte de las actuaciones propuestas: a) Sistema de gestión documental e información. b) Monitorización y análisis de consumos. c) Monitorización, análisis y precisión de la producción de los sistemas de generación.

La puesta en marcha del EA-2030 supone un cambio cualitativo y cuantitativo en lo que respecta al papel del Ayuntamiento desde una posición, como la actual, de consumidor a una de productor/consumidor y, al mismo tiempo, una reflexión sobre cuál debe ser la evolución lógica que el Ayuntamiento debe adoptar no solo como usuario sino como soporte administrativo de las necesidades energéticas de la ciudadanía.

Aunque el Plan A y los compromisos adquiridos a través de la iniciativa ciudadana Madrid 100% Sostenible, han avanzado en las propuestas encaminadas a revertir estas deficiencias, el Ayuntamiento debe dar un paso adelante en la definición de la organización que le permita cumplir su nuevo rol de consumidor y productor de energía y gestionar en el futuro la energía como agente único. Este rol incluiría el papel como autoconsumidor de la energía generada en el mismo punto de consumo, como productor de energías renovables de plantas conectadas a red y de los excedentes de autoconsumo, y como consumidor de energía a través de las redes de distribución. En esta situación, el Ayuntamiento puede optar por estrategias simplificadas, comprando y vendiendo a empresas comercializadoras o estableciendo su propia estructura para actuar en el mercado como un agente más, e incluso, utilizar esa estructura para garantizar la energía como un servicio básico y para que los habitantes de la ciudad puedan actuar sin trabas como consumidores y productores. Se plantean de este modo interrogantes como el de crear una comercializadora propia y si esta debe trabajar solo para los consumos del Ayuntamiento o también para prestar servicios a los habitantes de Madrid.

Otros temas que deberán ser definidos son la consideración o no de la electricidad como servicio público que cubra las necesidades de colectivos vulnerables, la actuación sobre la digitalización de las redes y el refuerzo de las mismas para que estas puedan acoger las relaciones de intercambio entre iguales P2P o la remunicipalización de activos y cometidos que ahora están en manos del sector privado. Madrid tiene un compromiso con la ciudadanía para hacer de la ciudad un ejemplo de comportamiento sostenible y responsable con el medio ambiente. En esta Hoja de Ruta se pone de manifiesto que es posible alcanzar un escenario de autosuficiencia energética y con emisiones cero, si bien, para alcanzarlo es preciso el máximo compromiso de la Dirección y la participación y coordinación de todos los agentes.

## REFERENCIAS

Estudio completo: <https://fundacionrenovables.org/wp-content/uploads/2018/09/20171219-HOJA-DE-RUTA-AYTO.-MADRID-Documento-Final.pdf>