

**BALANCE ENERGÉTICO
DEL MUNICIPIO DE MADRID
Año 2016**

Subdirección General de Energía y Cambio Climático



medio ambiente y
movilidad

MADRID

**BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE
MADRID
Año 2016**

Subdirección General de Energía y Cambio Climático

Abril 2018

Trabajo realizado por:

Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial

Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad
Politécnica de Madrid

ÍNDICE

1	OBJETIVO.....	2
2	BALANCE ENERGÉTICO DEL AÑO 2016	3
	2.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones.....	3
	2.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía	4
	2.2.1 Fuentes energéticas propias. Producción primaria.....	4
	2.2.2 Generación de energía eléctrica	4
	2.2.3 Generación de energía térmica.....	6
	2.3 Consumo de energía final	6
	2.3.1 Indicadores energéticos de consumo	8
3	SERIE HISTÓRICA 2006-2016	9
	3.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones.....	9
	3.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía	11
	3.2.1 Fuentes energéticas propias frente a importaciones.....	14
	3.2.2 Generación de energía eléctrica mediante fuentes propias frente a importaciones de electricidad	14
	3.3 Consumo de energía final	15
	3.3.1 Indicadores energéticos de consumo	19
4	COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN NACIONAL.....	20
	4.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones.....	20
	4.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía	21
	4.3 Consumo de energía final	22
	4.3.1 Indicadores de consumo energético.....	23
5	CONCLUSIONES.....	26

1 OBJETIVO

El objetivo de este estudio es aplicar, al año 2016, la metodología desarrollada por el equipo de trabajo de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial-Universidad Politécnica de Madrid (F2I2-UPM) para la elaboración del Balance Energético del Municipio de Madrid. La metodología se detalla en el Anexo I de este informe y se representa esquemáticamente en el cuadro metodológico del Anexo II.

En el balance energético se establecen tres grandes bloques:

- fuentes energéticas externas (importaciones de energía), donde se incluyen las importaciones de energía que pueden consumirse directamente como energía final (electricidad y derivados del petróleo) o en procesos de transformación y generación de energía eléctrica
- fuentes energéticas propias del municipio y generación de energía, tanto a partir de fuentes propias como a partir de fuentes importadas
- consumo de energía final, incluyendo los consumos de las distintas formas de energía en los sectores finales.

Se ha realizado, así mismo, un análisis de la situación energética del municipio y su evolución en el periodo 2006-2016, valorando la dependencia de las fuentes energéticas externas, la capacidad de producción de energía a partir de los recursos propios y el consumo energético por sectores (residencial, comercial e institucional –RCI–, industrial, transporte rodado, otros modos de transporte, tratamiento de residuos urbanos y tratamiento de aguas residuales).

El documento presenta los resultados obtenidos y las principales conclusiones extraídas de su interpretación. También se adjuntan cuatro anexos que pretenden facilitar la comprensión de la información incluida en el documento principal:

- Anexo I: metodología
- Anexo II: cuadro metodológico
- Anexo III: unidades y factores de conversión
- Anexo IV: fuentes de información y referencias

2 BALANCE ENERGÉTICO DEL AÑO 2016

En este apartado se recogen los resultados obtenidos en el balance energético municipal del año 2016, de acuerdo a la metodología recogida en el Anexo I. Se analizan los siguientes apartados:

- fuentes energéticas externas o importaciones
- fuentes energéticas propias y generación de energía en el municipio
- consumo de energía final

2.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones

En el concepto de importaciones se recoge la totalidad del queroseno suministrado a los aeropuertos ubicados en el municipio de Madrid (Adolfo Suárez-Madrid Barajas y Cuatro Vientos).

Las fuentes energéticas externas al municipio son todas aquellas formas de energía que no se producen en el municipio de Madrid, por lo que tienen que ser importadas para satisfacer su demanda. Estas fuentes energéticas se pueden consumir directamente como energía final en cualquiera de los sectores (consumo de gas natural en los hogares para calefacción y agua caliente sanitaria, por ejemplo), o, por el contrario, emplearse en procesos de transformación para la generación de energía eléctrica (cogeneración a partir de gas natural, por ejemplo).

En términos de importaciones (Tabla 1) destaca la gran dependencia de los productos petrolíferos que representan el 63,3%. También es importante resaltar el alto porcentaje que supone la energía eléctrica (19,3%) y el gas natural (16,3%). Como se puede apreciar, el papel de las fuentes fósiles sigue siendo predominante.

Tabla 1. Importaciones energéticas en el municipio de Madrid. Año 2016

Fuente energética	ktep	%	% sin queroseno
Gas natural	877,81	16,30%	28,37%
Productos petrolíferos	3.409,73	63,32%	36,14%
<i>Gases Licuados del Petróleo (GLP)</i>	41,54	0,77%	1,34%
<i>Gasolinas</i>	225,94	4,20%	7,30%
<i>Gasóleos A+B</i>	683,98	12,70%	22,11%
<i>Gasóleo C</i>	148,75	2,76%	4,81%
<i>Fuelóleo</i>	0,41	0,01%	0,01%
<i>Queroseno</i>	2.291,63	42,55%	
<i>ETBE</i>	14,05	0,26%	0,45%
<i>MTBE</i>	3,44	0,06%	0,11%
Biocarburantes	34,19	0,63%	1,11%
<i>Biodiésel</i>	34,18	0,63%	1,11%
<i>Bioetanol</i>	0,01	0,00%	0,00%
Electricidad	1.037,94	19,27%	33,55%
Carbón	19,03	0,35%	0,61%
Biomasa	6,55	0,12%	0,21%
Hidrógeno	0,00	0,00%	0,00%
TOTAL	5.385,25	100,00%	100,00%

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Madrileña Red de Gas, Gas Natural Distribución SDG, MINETUR, CLH, CALORDOM, REPSOL, CEPSA, AOGLP y EMT.

La última columna de la Tabla 1 presenta la contribución de cada fuente al total sin considerar las importaciones de queroseno, eliminando así el efecto del suministro de grandes cantidades de este combustible a los aeropuertos de Madrid, principalmente al aeropuerto Adolfo Suárez-Madrid Barajas (el denominado “efecto Barajas”).

2.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía

2.2.1 Fuentes energéticas propias. Producción primaria

La Tabla 2 recoge las fuentes de energía primaria disponibles en el municipio de Madrid.

Tabla 2. Fuentes primarias propias aprovechables energéticamente en el municipio de Madrid. Año 2016

Producción primaria	Valor	Unidad	Fuente primaria en ktep	% sobre TOTAL
Residuos urbanos (RU)				
INCINERACIÓN				
Toneladas de RU a incinerar ¹	270.035	t	88,88	57,61%
VERTEDERO				
Toneladas RU a vertedero / biomasa ²	690.823	t	-	
Biogás recuperado de vertedero	28.576.513	Nm ³	13,46	8,73%
BIOMETANIZACIÓN				
Toneladas de RU biometanizado ³	186.192	t	-	
Biogás procedente de biometanización ⁴	33.946.788	Nm ³	15,99	10,37%
Lodos de Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR)				
Toneladas de lodo de EDAR ⁵	220.104	t	-	
Biogás procedente de EDAR	36.798.047	Nm ³	20,88	13,54%
Solar fotovoltaica	1,83	ktep	1,83	1,18%
Solar térmica	12,90	ktep	12,90	8,36%
Geotérmica	0,33	ktep	0,33	0,21%
TOTAL			154,26	100,00%

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, MINETUR, CNMC y CYII.

En términos de energía primaria, el aprovechamiento de RU para incineración supone la mayor contribución, seguido del aprovechamiento del biogás procedente de la digestión anaerobia de los lodos de EDAR y del biogás procedente de biometanización. La aportación de la energía solar, tanto térmica como fotovoltaica, y la geotérmica sigue siendo muy inferior a la del aprovechamiento de los distintos tipos de residuos, si bien comienzan a tener contribuciones apreciables.

2.2.2 Generación de energía eléctrica

En este apartado se recoge la generación de energía eléctrica a partir de las fuentes energéticas propias del municipio (Tabla 3) y la producida por cogeneración (Tabla 4), que requiere la combustión de fuentes fósiles. La energía eléctrica vertida a la red corresponde a las ventas al Régimen Especial. Esta cantidad es igual a la diferencia entre la producción bruta de energía eléctrica y los autoconsumos de las propias instalaciones generadoras.

En la generación de energía eléctrica bruta a partir de fuentes propias destaca la producción de electricidad mediante la incineración de RU en la planta de Las Lomas, que supone el 55,4%. A continuación, se encuentra la producción eléctrica por aprovechamiento del biogás procedente de

¹ Entradas totales a valorización energética (Memoria de Actividades de la Dirección General del Parque Tecnológico de Valdemingómez, Año 2016 –Página 56, Memoria DGPTV 2016-)

² Entrada total a vertederos (Tabla 5.3, Memoria DGPTV 2016)

³ Fracción orgánica a digestión (Tabla 8.2, Memoria DGPTV 2016)

⁴ En 2016, el biogás bruto obtenido en las plantas de biometanización del municipio de Madrid (La Paloma y Las Dehesas) ascendió a 33.946.788 Nm³

⁵ Lodos totales en torta con un porcentaje de humedad entre el 76-80% dependiendo de cada instalación.

los lodos de EDAR (22,2%) y por el aprovechamiento del biogás en las instalaciones de La Galiana (16,2%). La aportación de la energía solar fotovoltaica en 2016 ascendió al 6,2%. Conviene destacar que la generación de energía eléctrica por aprovechamiento del biogás de la digestión anaerobia de los lodos de EDAR se destina al propio autoconsumo de las plantas. Las instalaciones que venden electricidad al Régimen Especial son la planta de incineración de Las Lomas y la planta de valorización del biogás de La Galiana, además de aquellas que generan electricidad vía solar fotovoltaica.

Tabla 3. Energía eléctrica producida a partir de fuentes propias en el municipio de Madrid. Año 2016

Fuentes energéticas propias	GWh			ktep		
	Bruta	Venta	Autoconsumo	Bruta	Venta	Autoconsumo
Residuos urbanos (RU)						
<i>Incineración (Las Lomas)</i>	189,73	135,52	54,20	16,31	11,65	4,66
<i>Biogás de vertedero + biogás de biometanización (La Galiana)</i>	55,59	48,31	7,28	4,78	4,15	0,63
Lodos de EDAR						
<i>Biogás de biometanización</i>	75,86	0,00	75,86	6,52	0,00	6,52
Solar fotovoltaica	21,24	21,24	0,00	1,83	1,83	0,00
TOTAL	342,42	205,07	137,35	29,44	17,63	11,81

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, MINETUR, CNMC y CYII.

Tabla 4. Energía eléctrica producida mediante cogeneración en el municipio de Madrid. Año 2016

Cogeneración en:	GWh			ktep		
	Bruta	Venta	Autoconsumo	Bruta	Venta	Autoconsumo
<i>Industrial + Residencial, Comercial e Institucional (RCI)</i>	329,65	296,68	32,96	28,34	25,51	2,83
<i>Secado térmico de lodos</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	329,65	296,68	32,96	28,34	25,51	2,83

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, CNMC y CYII.

En cuanto a los procesos de cogeneración (Tabla 4) cabe destacar que la energía eléctrica bruta producida por el aprovechamiento de fuentes propias es mayor que la producida por cogeneración, hecho que cambia significativamente respecto a los años 2006-2013, periodo en el que generalmente la cogeneración tenía una mayor aportación. Esto se debe a que la cogeneración de los sectores industrial y RCI es la única presente en el municipio desde 2015. Las plantas de cogeneración en el secado térmico de lodos interrumpieron su funcionamiento en 2014 (la planta de cogeneración de la EDAR Butarque no tuvo actividad durante todo el año, y la de la EDAR Sur, paró su actividad el 1 de abril de 2014), permaneciendo sin actividad durante 2015 y 2016. La Tabla 5 recoge la energía eléctrica producida por las instalaciones generadoras del municipio y vertida a la red de distribución (ventas al Régimen Especial).

Tabla 5. Energía eléctrica vendida al Régimen Especial en el municipio de Madrid. Año 2016

Fuentes energéticas	GWh	ktep	%	Autoconsumos, ktep
Residuos urbanos (RU)	183,83	15,81	36,64%	5,29
<i>Incineración (Las Lomas)</i>	135,52	11,65	27,01%	4,66
<i>Biogás de vertedero y de biometanización (La Galiana)</i>	48,31	4,15	9,63%	0,63
Lodos de EDAR	0,00	0,00	0,00%	6,52
<i>Biogás de biometanización</i>	0,00	0,00	0,00%	6,52
Solar fotovoltaica	21,24	1,83	4,23%	0,00
Cogeneración	296,68	25,51	59,13%	2,83
<i>Cogeneración industria + RCI</i>	296,68	25,51	59,13%	2,83
<i>Cogeneración secado de lodos</i>	0,00	0,00	0,00%	0,00
TOTAL	501,75	43,14	100,00%	14,64

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, MINETUR, CNMC y CYII.

La cogeneración en los sectores Industrial + RCI (llevada a cabo con fuentes energéticas importadas) supone el 59,1% de las ventas de electricidad al Régimen Especial, mientras que el aprovechamiento energético de los residuos urbanos (fuente propia) se sitúa en el 36,6%.

2.2.3 Generación de energía térmica

En este apartado se recoge la generación de energía térmica en el municipio de Madrid a partir de las energías solar y geotérmica. Estas fuentes no generan energía eléctrica, sino que la energía térmica generada se consume directamente en los sectores finales, permitiendo satisfacer parte de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción.

Los valores recogidos en este apartado corresponden a las únicas generaciones térmicas propias consideradas en el balance. La generación de energía se produce mediante una fuente renovable propia que podría sustituir a la generación de energía térmica a partir de combustibles fósiles en los sectores RCI e industrial de donde se deriva el interés de recogerlas en el balance.

En la Tabla 6 se muestra la generación térmica por vía solar y geotérmica en 2016.

Tabla 6. *Energía térmica generada en el municipio de Madrid a partir de fuentes renovables propias. Año 2016*

	ktep
Solar térmica	12,90
Geotérmica	0,33

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid

2.3 Consumo de energía final

En este apartado se recoge el consumo de energía final en el municipio de Madrid. Así, en las siguientes tablas se muestran las cifras totales de consumo y su desagregación por fuente energética y sector de consumo para el año 2016, tanto en términos absolutos (ktep), como en términos de contribución porcentual al total de consumo.

El queroseno recogido en este apartado incluye el consumido por las aeronaves en las operaciones de aterrizaje y despegue en los aeropuertos del municipio (Adolfo Suárez-Madrid Barajas y Cuatro Vientos). En el apartado de importaciones se recoge la cantidad total de queroseno suministrado a estos aeropuertos.

Tabla 7. Consumo de energía final en el municipio de Madrid (ktep). Año 2016

	RCI	Industria	Transporte rodado	Otros modos de transporte	Tratamiento de residuos urbanos	Tratamiento de aguas residuales	TOTAL
Biomasa	6,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,55
Gas natural⁶	671,01	128,62	35,50	0,00	0,00	0,00	835,12
PP	173,41	8,00	895,06	244,64	0,11	0,00	1.321,23
GLP	31,73	1,52	8,17	0,00	0,11	0,00	41,54
Gasolinas	0,00	0,00	225,94	0,00	0,00	0,00	225,94
Gasóleo A	0,00	0,00	643,47	0,00	0,00	0,00	643,47
Gasóleo B	0,00	0,00	0,00	40,51	0,00	0,00	40,51
Gasóleo C	141,68	6,07	0,00	0,00	0,00	0,00	147,75
Fuelóleo	0,00	0,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,41
Queroseno	0,00	0,00	0,00	204,13	0,00	0,00	204,13
ETBE	0,00	0,00	14,05	0,00	0,00	0,00	14,05
MTBE	0,00	0,00	3,44	0,00	0,00	0,00	3,44
Biocarburantes	0,00	0,00	34,19	0,00	0,00	0,00	34,19
Biodiesel	0,00	0,00	34,18	0,00	0,00	0,00	34,18
Bioetanol	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01
Electricidad	928,66	61,22	0,03	90,89	5,29	9,65	1.095,73
Electricidad (red)	927,69	59,36	0,03	90,89	0,00	3,12	1.081,09
Autoconsumos en generadores	0,97	1,87	0,00	0,00	5,29	6,52	14,64
Carbón	19,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	19,03
Solar térmica	12,90	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	12,90
Geotérmica	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
Hidrógeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	1.811,87	197,84	964,78	335,53	5,40	9,65	3.325,07

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Madrileña Red de Gas, Gas Natural Distribución SDG, CLH, MINETUR, CNMC, CALORDOM, REPSOL, CEPSA, AOGLP y EMT.

Tabla 8. Contribución de cada fuente energética al consumo de energía de cada sector (%). Año 2016

	RCI	Industria	Transporte rodado	Otros modos de transporte	Tratamiento de residuos urbanos	Tratamiento de aguas residuales	TOTAL
Biomasa	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20
Gas natural⁷	37,03	65,01	3,68	0,00	0,00	0,00	25,12
PP	9,57	4,04	92,77	72,91	2,12	0,00	39,74
GLP	1,75	0,77	0,85	0,00	2,12	0,00	1,25
Gasolinas	0,00	0,00	23,42	0,00	0,00	0,00	6,79
Gasóleo A	0,00	0,00	66,70	0,00	0,00	0,00	19,35
Gasóleo B	0,00	0,00	0,00	12,07	0,00	0,00	1,22
Gasóleo C	7,82	3,07	0,00	0,00	0,00	0,00	4,44
Fuelóleo	0,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Queroseno	0,00	0,00	0,00	60,84	0,00	0,00	6,14
ETBE	0,00	0,00	1,46	0,00	0,00	0,00	0,42
MTBE	0,00	0,00	0,36	0,00	0,00	0,00	0,10
Biocarburantes	0,00	0,00	3,54	0,00	0,00	0,00	1,03
Biodiesel	0,00	0,00	3,54	0,00	0,00	0,00	1,03
Bioetanol	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Electricidad	51,25	30,95	0,00	27,09	97,88	100,00	32,95
Electricidad (red)	51,20	30,00	0,00	27,09	0,00	32,38	32,51
Autoconsumos en generadores	0,05	0,94	0,00	0,00	97,88	67,62	0,44
Carbón	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,57
Solar térmica	0,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,39
Geotérmica	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01
Hidrógeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

⁶ Incluye el biometano procedente del biogás obtenido en la biometanización de RU e inyectado en la red gasista (6,4 ktep en 2016).

⁷ Incluye el biometano procedente del biogás obtenido en la biometanización de RU e inyectado en la red gasista.

Tabla 9. Distribución porcentual del consumo de cada fuente energética por sector (%). Año 2016

	RCI	Industria	Transporte rodado	Otros modos de transporte	Tratamiento de residuos urbanos	Tratamiento de aguas residuales	TOTAL
Biomasa	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Gas natural⁸	80,35	15,40	4,25	0,00	0,00	0,00	100,00
PP	13,12	0,61	67,74	18,52	0,01	0,00	100,00
GLP	76,39	3,67	19,67	0,00	0,27	0,00	100,00
Gasolinas	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Gasóleo A	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Gasóleo B	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
Gasóleo C	95,89	4,11	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Fuelóleo	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Queroseno	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	100,00
ETBE	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
MTBE	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Biocarburantes	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Biodiesel	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Bioetanol	0,00	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Electricidad	84,75	5,59	0,00	8,29	0,48	0,88	100,00
Electricidad (red)	85,81	5,49	0,00	8,41	0,00	0,29	100,00
Autoconsumos en generadores	6,62	12,74	0,00	0,00	36,10	44,54	100,00
Carbón	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Solar Térmica	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Geotérmica	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Hidrógeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000
TOTAL	54,49	5,95	29,02	10,09	0,16	0,29	100,00

2.3.1 Indicadores energéticos de consumo

En la Tabla 10 se recoge el consumo *per cápita* y la intensidad energética final para el municipio de Madrid en el año 2016.

Tabla 10. Consumo per cápita e intensidad energética en términos de energía final. Año 2016

Consumo de energía final (ktep)	Población (hab)	PIB (M€ ₂₀₀₀)	Intensidad energética (tep E final/M€)	Consumo per cápita (tep/hab)
3.325,07	3.165.541	98.425	33,8	1,05

⁸ Incluye el biometano procedente del biogás obtenido en la biometanización de RU e inyectado en la red gasista.

3 SERIE HISTÓRICA 2006-2016

La elaboración de este balance conlleva la actualización de la serie histórica desde el año 2006, periodo para el que se ha empleado la misma metodología elaborada por el equipo de trabajo. Así pues, en este apartado se recoge la evolución de las distintas magnitudes energéticas evaluadas a lo largo de todo el periodo 2006-2016.

3.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones

La Tabla 11 muestra la evolución de las importaciones energéticas en el municipio de Madrid en el periodo 2006-2016, incluyendo el denominado “efecto Barajas”, es decir, considerando las importaciones de queroseno totales que se suministran a los aeropuertos madrileños.

Las importaciones totales se incrementaron un 4,5% en 2016 respecto a los valores de 2015, aunque sigue existiendo un descenso acumulado del 8% en el periodo 2006-2016. Su distribución por fuente energética no ha variado significativamente, si bien el gas natural y la electricidad han disminuido su peso específico sobre el total de las importaciones. Así, en 2016 el gas natural supuso el 16,3% frente al 16,8% del año 2006 y la electricidad disminuyó su contribución un 0,3% (del 19,6% en 2006, al 19,3% en 2016). En las importaciones globales de productos petrolíferos hay un descenso acumulado del 7,4% en el periodo analizado, aunque en 2016 se produce un incremento del 4,8% respecto a 2015. En 2016 estas importaciones fueron el 63,3% del total.

La Tabla 12 muestra las importaciones de queroseno en el municipio de Madrid y su contribución respecto al total de productos petrolíferos y respecto al total de las importaciones. Se muestra, también, la contribución porcentual de cada tipo de fuente con respecto al total de importaciones sin queroseno, tratando con ello de eliminar el denominado “efecto Barajas”. Estas importaciones de queroseno tienen una elevada presencia en el total de los productos petrolíferos (por encima del 60% en todo el periodo 2006-2016).

La Figura 1 representa la contribución porcentual de cada fuente energética con respecto al total de las importaciones, desagregando los productos petrolíferos (PP) en queroseno y productos petrolíferos sin queroseno.

Tabla 11. Importaciones energéticas en el municipio de Madrid en el periodo 2006-2016

Año	Gas natural		Productos petrolíferos (PP)		Biocarburantes		Electricidad		Carbón		Biomasa		Hidrógeno		TOTAL	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	982,46	16,79	3.682,91	62,94	1,39	0,02	1.145,29	19,57	38,68	0,66	0,29	0,00	0,04	0,00	5.851,05	100,00
2007	1.035,27	17,22	3.744,68	62,29	24,77	0,41	1.170,63	19,47	35,94	0,60	0,82	0,01	0,00	0,00	6.012,12	100,00
2008	1.058,86	17,44	3.745,28	61,69	33,67	0,55	1.200,44	19,77	32,06	0,53	0,96	0,02	0,00	0,00	6.071,27	100,00
2009	977,18	16,76	3.566,35	61,17	70,10	1,20	1.185,96	20,34	28,62	0,49	1,84	0,03	0,00	0,00	5.830,05	100,00
2010	931,11	16,13	3.567,13	61,79	79,55	1,38	1.167,54	20,23	23,44	0,41	3,99	0,07	0,00	0,00	5.772,76	100,00
2011	880,90	15,53	3.554,17	62,67	80,54	1,42	1.128,91	19,91	21,81	0,38	4,91	0,09	0,00	0,00	5.671,23	100,00
2012	927,67	17,01	3.317,87	60,83	74,55	1,37	1.107,18	20,30	21,44	0,39	5,49	0,10	0,00	0,00	5.454,19	100,00
2013	942,58	18,39	3.068,97	59,89	28,37	0,55	1.057,22	20,63	21,08	0,41	6,00	0,12	0,00	0,00	5.124,23	100,00
2014	813,09	16,21	3.106,69	61,92	30,32	0,60	1.040,13	20,73	20,73	0,41	6,51	0,13	0,00	0,00	5.017,48	100,00
2015	794,83	15,43	3.255,03	63,19	29,95	0,58	1.045,36	20,29	19,88	0,39	6,51	0,13	0,00	0,00	5.151,56	100,00
2016	877,81	16,30	3.409,73	63,32	34,19	0,63	1.037,94	19,27	19,03	0,35	6,55	0,12	0,00	0,00	5.385,25	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Madrileña Red de Gas, Gas Natural Distribución SDG, MINETUR (MITyC), CLH, AOGLP, REPSOL, CEPSA, CALORDOM, CNMC y EMT.

Tabla 12. Importaciones de queroseno en el municipio de Madrid y contribuciones porcentuales con respecto a las importaciones totales sin queroseno. Periodo 2006-2016

Año	Queroseno			TOTAL sin queroseno	% respecto al TOTAL sin queroseno						
	ktep	% respecto a PP	% respecto al TOTAL	ktep	Gas natural	PP sin queroseno	Biocarburantes	Electricidad	Carbón	Biomasa	Hidrógeno
2006	2.246,26	60,99	38,39	3.604,79	27,25	39,85	0,04	31,77	1,07	0,01	0,00
2007	2.357,76	62,96	39,22	3.654,36	28,33	37,95	0,68	32,03	0,98	0,02	0,00
2008	2.400,71	64,10	39,54	3.670,56	28,85	36,63	0,92	32,70	0,87	0,03	0,00
2009	2.279,13	63,91	39,09	3.550,92	27,52	36,25	1,97	33,40	0,81	0,05	0,00
2010	2.328,20	65,27	40,33	3.444,55	27,03	35,97	2,31	33,90	0,68	0,12	0,00
2011	2.361,08	66,43	41,63	3.310,14	26,61	36,04	2,43	34,10	0,66	0,15	0,00
2012	2.146,09	64,68	39,35	3.308,11	28,04	35,42	2,25	33,47	0,65	0,17	0,00
2013	1.936,34	63,09	37,79	3.187,89	29,57	35,53	0,89	33,16	0,66	0,19	0,00
2014	1.990,90	64,08	39,68	3.026,59	26,86	36,87	1,00	34,37	0,69	0,22	0,00
2015	2.144,66	65,89	41,63	3.006,90	26,43	36,93	1,00	34,77	0,66	0,22	0,00
2016	2.291,63	67,21	42,55	3.093,62	28,37	36,14	1,11	33,55	0,61	0,21	0,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Madrileña Red de Gas, Gas Natural Distribución SDG, MINETUR (MITyC), CLH, AOGLP, REPSOL, CEPSA, CALORDOM, CNMC y EMT.

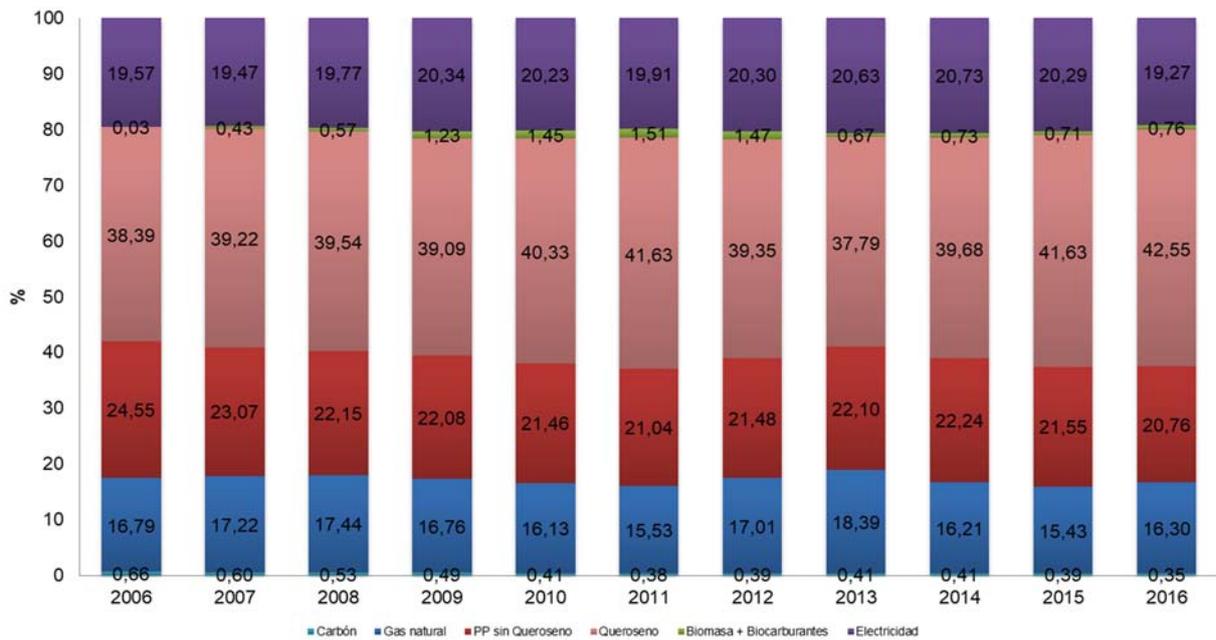


Figura 1. Evolución de la distribución porcentual, por fuente energética, del total de importaciones en el municipio de Madrid⁹

3.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía

En lo que respecta a la generación de energía en el municipio (eléctrica y térmica a partir de fuentes renovables propias), la cantidad total en 2016 es un 4,8% mayor respecto a 2015 (Tabla 13). Desde 2012 (año en el que se presenta un máximo de 99,7 ktep) se ha producido un descenso acumulado del 28,7%, debido principalmente al descenso de la cogeneración en los sectores residencia/comercial e industrial y al cese de actividad de las plantas de cogeneración del secado térmico de lodos¹⁰. Aun así, la cogeneración supone un 39,9% del total de energía generada en 2016, habiéndose producido en 2016 un incremento del 9,1% respecto a 2015.

La generación de energía eléctrica por incineración de residuos ha aumentado un 6,8% respecto a 2015, aunque en el periodo 2006-2016 el descenso acumulado es del 12,2%. Esto está relacionado, según datos del Ayuntamiento de Madrid, con la variación de la cantidad de residuos urbanos llevado a incineración.

La generación por aprovechamiento del biogás incluye el biogás procedente de vertedero, el procedente de la digestión de lodos de EDAR y la fracción de biogás producido en las plantas de biometanización de RU y enviado a valorización junto con el biogás de vertedero. Su contribución al total de generación desciende un 20,9% en el periodo 2006-2016, como consecuencia de la menor producción de biogás en el vertedero clausurado de Valdemingómez (se encuentra en su fase decreciente de producción de biogás) y el aún incipiente aprovechamiento del vertedero de Las Dehasas.

⁹ No se ha representado el hidrógeno por presentar contribuciones residuales.

¹⁰ Las plantas de cogeneración de las EDAR Butarque y Sur pararon su actividad el 1 de enero y el 1 de abril de 2014, respectivamente

La energía solar (térmica y fotovoltaica) sigue aumentando su contribución y alcanzó en 2016, un 20,7% sobre el total de generación, frente al 3,3% que representaba en 2006. La energía geotérmica supuso el 0,3% en 2016¹¹.

La Figura 2 representa las contribuciones porcentuales de cada fuente con respecto a la generación de energía total en el municipio para todo el periodo analizado.

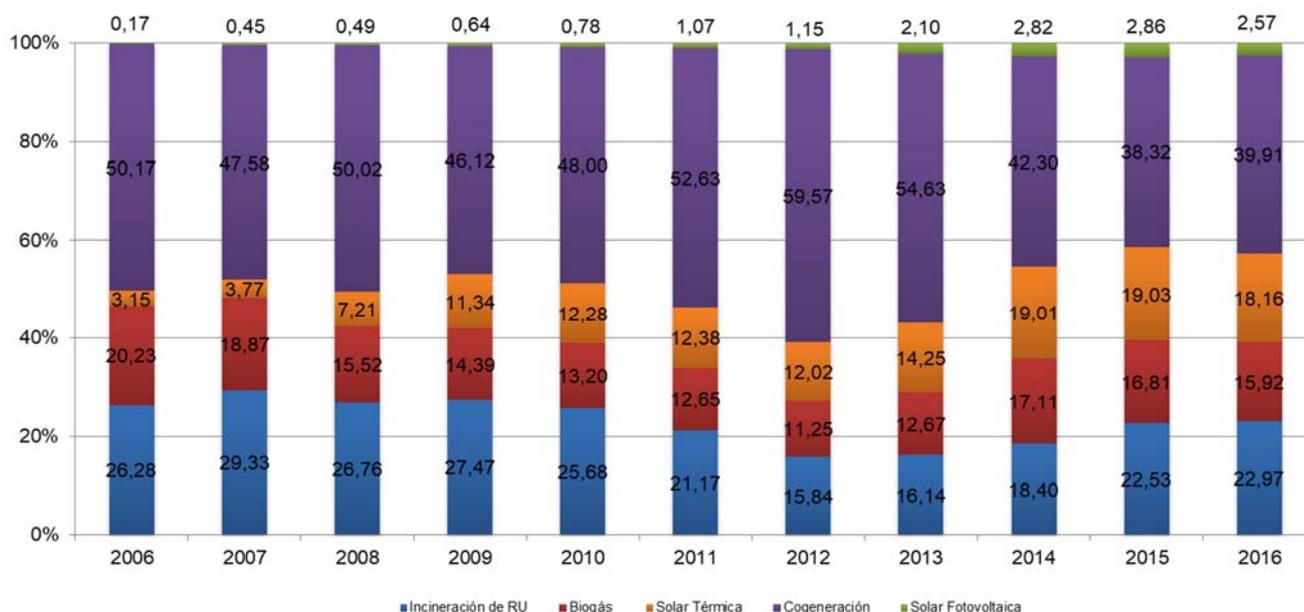


Figura 2. Evolución de la distribución porcentual por fuente energética respecto al total de la generación

¹¹ La energía solar térmica y la energía geotérmica aquí detalladas son generaciones de energía térmica. En el resto de los casos se genera energía eléctrica. Se detallan dentro de esta apartado por su relevancia a nivel municipal dado su carácter renovable.

Tabla 13. Generación de energía en el municipio de Madrid. Periodo 2006-2016

Año	Residuos industriales		Incineración de RU		Biogás ¹²		Solar fotovoltaica		Cogeneración ¹³		Solar térmica ¹⁴		Geotérmica ¹⁵		TOTAL	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	0,00	0,00	18,57	26,28	14,29	20,23	0,12	0,17	35,45	50,17	2,22	3,15	0,00	0,00	70,66	100,00
2007	0,00	0,00	19,46	29,33	12,52	18,87	0,30	0,45	31,57	47,58	2,50	3,77	0,00	0,00	66,36	100,00
2008	0,00	0,00	19,32	26,76	11,20	15,52	0,35	0,49	36,11	50,02	5,20	7,21	0,00	0,00	72,18	100,00
2009	0,00	0,00	20,19	27,47	10,57	14,39	0,47	0,64	33,90	46,12	8,33	11,34	0,03	0,04	73,50	100,00
2010	0,00	0,00	20,31	25,68	10,43	13,20	0,61	0,78	37,95	48,00	9,71	12,28	0,05	0,06	79,06	100,00
2011	0,00	0,00	18,27	21,17	10,92	12,65	0,93	1,07	45,43	52,63	10,68	12,38	0,09	0,11	86,32	100,00
2012	0,00	0,00	15,79	15,84	11,21	11,25	1,14	1,15	59,37	59,57	11,98	12,02	0,16	0,17	99,66	100,00
2013	0,00	0,00	14,36	16,14	11,27	12,67	1,87	2,10	48,59	54,63	12,68	14,25	0,19	0,21	88,96	100,00
2014	0,00	0,00	12,48	18,40	11,61	17,11	1,91	2,82	28,69	42,30	12,90	19,01	0,24	0,36	67,83	100,00
2015	0,00	0,00	15,27	22,53	11,39	16,81	1,94	2,86	25,98	38,32	12,90	19,03	0,31	0,46	67,78	100,00
2016	0,00	0,00	16,31	22,97	11,30	15,92	1,83	2,57	28,34	39,91	12,90	18,16	0,33	0,46	71,01	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, MINETUR, CNMC, CYII y ENERES.

¹² El aprovechamiento del biogás incluye el procedente de vertedero, el procedente de la digestión de lodos EDAR y la fracción de biogás procedente de la biometanización de RU que se envía a valorizar junto con el biogás de vertedero.

¹³ Cogeneración en el sector RCI, en la industria y en el secado de lodos de EDAR.

¹⁴ Producción de energía térmica.

¹⁵ Producción de energía térmica.

3.2.1 Fuentes energéticas propias frente a importaciones

La Tabla 14 compara las importaciones de energía realizadas por el municipio de Madrid (fuentes energéticas externas) con las fuentes primarias propias¹⁶ aprovechadas en el municipio.

Tabla 14. Importaciones energéticas frente a fuentes energéticas propias en el municipio de Madrid. Periodo 2006-2016

Año	Importaciones (fuentes energéticas externas)		Fuentes primarias propias		Suma	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	5.851,05	97,58	145,24	2,42	5.996,29	100,00
2007	6.012,12	97,63	146,21	2,37	6.158,33	100,00
2008	6.071,27	97,55	152,26	2,45	6.223,53	100,00
2009	5.830,05	97,23	165,80	2,77	5.995,85	100,00
2010	5.772,76	97,35	157,02	2,65	5.929,78	100,00
2011	5.671,23	97,33	155,85	2,67	5.827,08	100,00
2012	5.454,19	97,43	143,95	2,57	5.598,15	100,00
2013	5.124,23	97,34	139,89	2,66	5.264,12	100,00
2014	5.017,48	97,23	143,13	2,77	5.160,62	100,00
2015	5.151,56	97,15	150,97	2,85	5.302,52	100,00
2016	5.385,25	97,22	154,26	2,78	5.539,51	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, EMT, CLH, MINETUR, CNMC, CYII, CALORDOM, REPSOL, CEPSA, ENERES, Madrileña Red de Gas, Gas Natural Distribución SDG, S.A.

Se observa que las importaciones energéticas suponen, en el periodo analizado, un porcentaje que varía entre el 97-98% mientras que, las fuentes primarias propias aprovechadas oscilan entre 140 y 166 ktep/año, suponiendo un porcentaje variable de 2,4-2,9% respecto del total.

La magnitud de las fuentes primarias propias expresadas en términos energéticos se encuentra muy condicionada por el contenido energético de los residuos urbanos (RU) llevados a incineración (cuyo valor no es constante y depende de su composición) y por la generación y contenido energético del biogás de las distintas procedencias (vertedero, biometanización de RU y lodos de EDAR).

3.2.2 Generación de energía eléctrica mediante fuentes propias¹⁷ frente a importaciones de electricidad

La electricidad consumida en el municipio de Madrid proviene, fundamentalmente, del exterior. La Tabla 15 muestra que el porcentaje de energía eléctrica generada en el municipio respecto al total del consumo supuso el 5,3% en 2016. El total de electricidad generada en el municipio fue de 57,8 ktep, un 5,9% mayor que en 2015, si bien hay una disminución del 15,6% respecto a 2006. Por su parte, el consumo total disminuyó un 0,4% en el último año, provocando que las importaciones de electricidad también descendieran un 0,7%.

¹⁶ Este dato recoge, en unidades energéticas, la producción de residuos urbanos (RU) destinados a incineración, la producción de biogás procedente de vertedero, de biometanización de RU y de digestión anaerobia de lodos de EDAR, la producción de energía solar fotovoltaica, la producción de energía solar térmica, la producción de residuos industriales empleados en cogeneración y la producción de energía geotérmica (si se presentasen en el año objeto de estudio).

¹⁷ Se incluye la generación de energía eléctrica mediante cogeneración, para lo cual se emplea una fuente energética importada (no propia) como es el gas natural o algún producto petrolífero.

Tabla 15. Distribución de la energía eléctrica consumida en el municipio de Madrid. Generación propia e importación. Periodo 2006-2016

Año	Importada		Generada		Consumo total	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	1.145,29	94,36	68,43	5,64	1.213,72	100,00
2007	1.170,63	94,83	63,86	5,17	1.234,49	100,00
2008	1.200,44	94,72	66,98	5,28	1.267,42	100,00
2009	1.185,96	94,79	65,14	5,21	1.251,09	100,00
2010	1.167,54	94,40	69,30	5,60	1.236,84	100,00
2011	1.128,91	93,73	75,55	6,27	1.204,45	100,00
2012	1.107,18	92,67	87,52	7,33	1.194,69	100,00
2013	1.057,22	93,29	76,09	6,71	1.133,32	100,00
2014	1.040,13	95,00	54,69	5,00	1.094,82	100,00
2015	1.045,36	95,04	54,57	4,96	1.099,93	100,00
2016	1.037,94	94,73	57,79	5,27	1.095,73	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, MINETUR, CNMC, CYII y AEVERSU

3.3 Consumo de energía final

En lo que se refiere al consumo de energía final, la Tabla 16 pone de manifiesto un descenso del 13,7% en el período 2006-2016, situándose la cifra total de consumo en 3.325 ktep. En el último año, el consumo fue un 3% superior a 2015.

Los productos petrolíferos constituyen la principal fuente de energía (Figura 3), con una contribución del 39,7% en 2016, habiendo sufrido una reducción desde el año 2006, en el que suponían el 43,3% del consumo total de energía final. Por su parte, la electricidad y el gas natural coparon el 32,9% y el 25,1% del consumo en el año 2016, respectivamente.

El abandono progresivo del carbón como fuente energética de calefacción en el sector residencial ha provocado que esta fuente energética haya visto reducido su consumo en un 50,8% desde 2006. Así, su contribución al consumo total de energía final en el municipio fue, únicamente, del 0,6% en 2016.

Los biocarburantes experimentaron un notable descenso entre los años 2012 y 2013 como consecuencia del abandono del uso de biodiesel por parte de la flota de vehículos de la EMT. En 2016 supusieron el 1% del consumo de energía final, un 14,2% más que en 2015.

En la Tabla 17 y en la Figura 4 se recoge el desglose del consumo de energía final por sectores. El sector RCI es el responsable del 54,5% del consumo de energía final en el municipio en 2016, seguido del "Transporte rodado" con un 29%. No obstante, en ambos casos, se ha producido un descenso del consumo en el periodo evaluado; 8% para el "RCI" y 15,2% para el "Transporte rodado". El sector industrial apenas supone el 5,9% del consumo de energía final y presenta un decrecimiento acumulado del 37,4% en el periodo 2006-2016.

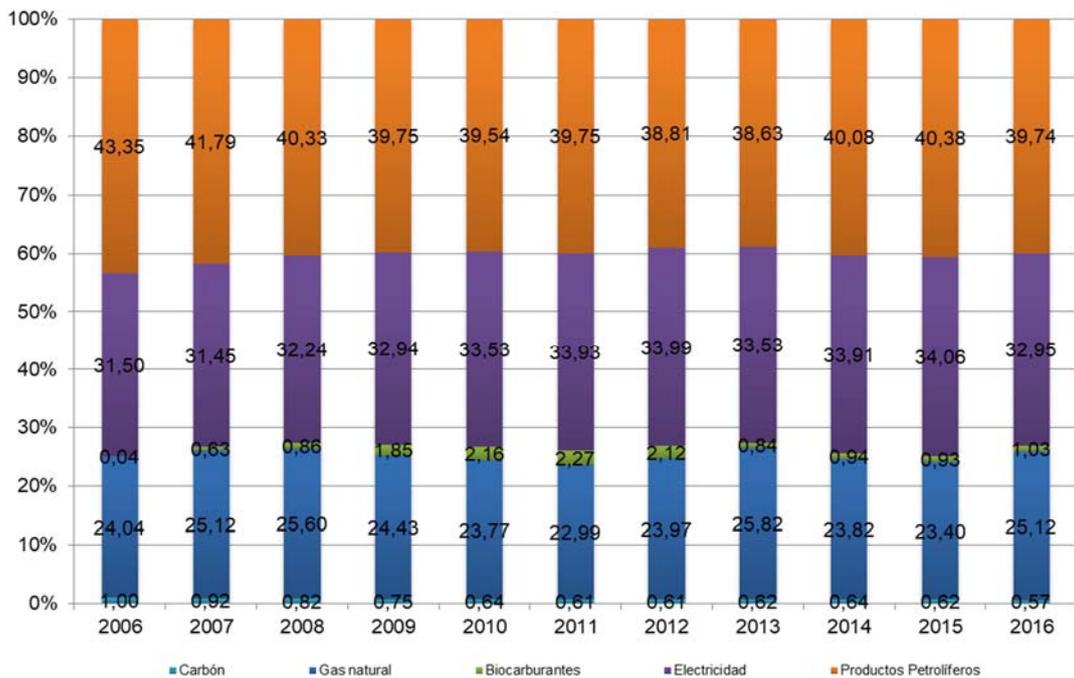


Figura 3. Evolución de la distribución porcentual del consumo de energía final por fuente energética en el municipio de Madrid. Periodo 2006-2016

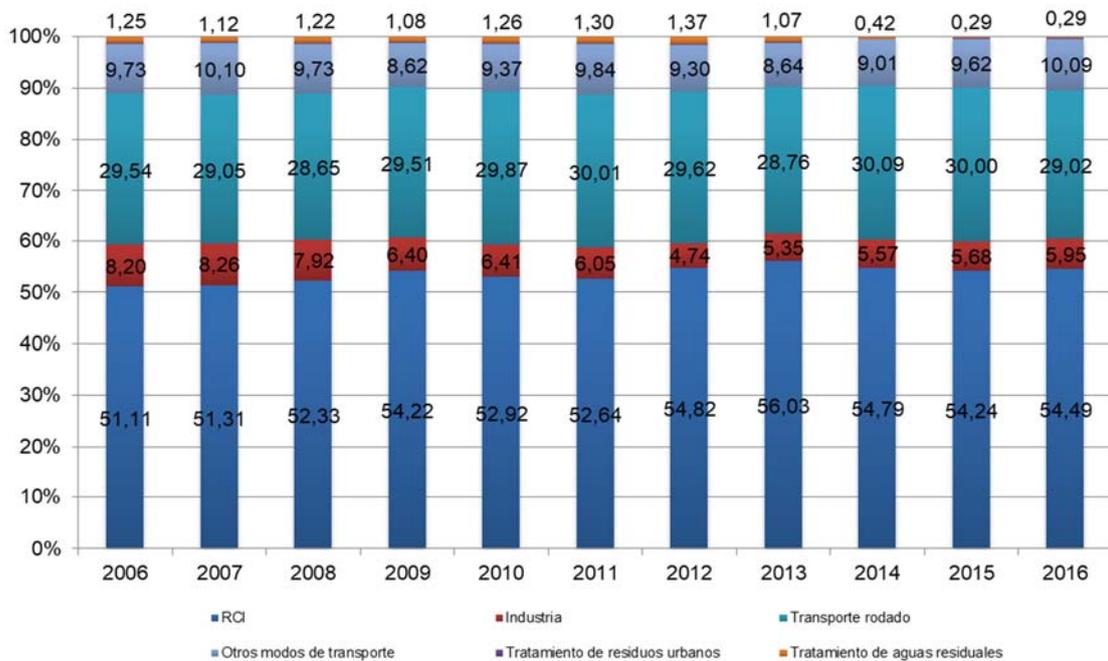


Figura 4. Evolución de la distribución porcentual de consumo de energía final por sectores en el municipio de Madrid. Periodo 2006-2016

Tabla 16. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por fuente energética. Periodo 2006-2016

Año	Biomasa	Gas natural	Productos petrolíferos	Biocarburantes	Electricidad	Carbón	Solar térmica	Geotérmica	Hidrógeno	TOTAL
ktep										
2006	0,29	926,27	1.670,11	1,39	1.213,72	38,68	2,22	0,00	0,04	3.852,72
2007	0,82	986,08	1.640,43	24,77	1.234,49	35,94	2,50	0,00	0,00	3.925,04
2008	0,96	1.006,37	1.585,32	33,67	1.267,42	32,06	5,20	0,00	0,00	3.931,00
2009	1,84	928,00	1.509,82	70,10	1.251,09	28,62	8,33	0,03	0,00	3.797,84
2010	3,99	876,90	1.458,59	79,55	1.236,84	23,44	9,71	0,05	0,00	3.689,07
2011	4,91	815,88	1.411,06	80,54	1.204,45	21,81	10,68	0,09	0,00	3.549,42
2012	5,49	842,53	1.364,35	74,55	1.194,69	21,44	11,98	0,16	0,00	3.515,20
2013	6,00	872,56	1.305,49	28,37	1.133,32	21,08	12,68	0,19	0,00	3.379,69
2014	6,51	768,98	1.294,02	30,32	1.094,82	20,73	12,90	0,24	0,00	3.228,53
2015	6,51	755,67	1.303,85	29,95	1.099,93	19,88	12,90	0,31	0,00	3.229,00
2016	6,55	835,12	1.321,23	34,19	1.095,73	19,03	12,90	0,33	0,00	3.325,07
%										
2006	0,01	24,04	43,35	0,04	31,50	1,00	0,06	0,00	0,00	100,00
2007	0,02	25,12	41,79	0,63	31,45	0,92	0,06	0,00	0,00	100,00
2008	0,02	25,60	40,33	0,86	32,24	0,82	0,13	0,00	0,00	100,00
2009	0,05	24,43	39,75	1,85	32,94	0,75	0,22	0,00	0,00	100,00
2010	0,11	23,77	39,54	2,16	33,53	0,64	0,26	0,00	0,00	100,00
2011	0,14	22,99	39,75	2,27	33,93	0,61	0,30	0,00	0,00	100,00
2012	0,16	23,97	38,81	2,12	33,99	0,61	0,34	0,00	0,00	100,00
2013	0,18	25,82	38,63	0,84	33,53	0,62	0,38	0,01	0,00	100,00
2014	0,20	23,82	40,08	0,94	33,91	0,64	0,40	0,01	0,00	100,00
2015	0,20	23,40	40,38	0,93	34,06	0,62	0,40	0,01	0,00	100,00
2016	0,20	25,12	39,74	1,03	32,95	0,57	0,39	0,01	0,00	100,00

Tabla 17. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por sectores. Periodo 2006-2016

Año	RCI		Industria		Transporte rodado		Otros modos de transporte		Tratamiento de residuos urbanos		Tratamiento de aguas residuales		TOTAL	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%	ktep	%
2006	1.968,99	51,11	316,02	8,20	1.138,27	29,54	375,05	9,73	6,06	0,16	48,32	1,25	3.852,72	100,00
2007	2.013,86	51,31	324,17	8,26	1.140,30	29,05	396,26	10,10	6,36	0,16	44,10	1,12	3.925,04	100,00
2008	2.057,02	52,33	311,40	7,92	1.126,05	28,65	382,45	9,73	6,07	0,15	48,01	1,22	3.931,00	100,00
2009	2.059,34	54,22	243,18	6,40	1.120,86	29,51	327,24	8,62	6,29	0,17	40,93	1,08	3.797,84	100,00
2010	1.952,35	52,92	236,48	6,41	1.101,91	29,87	345,65	9,37	6,20	0,17	46,48	1,26	3.689,07	100,00
2011	1.868,47	52,64	214,69	6,05	1.065,11	30,01	349,27	9,84	5,76	0,16	46,13	1,30	3.549,42	100,00
2012	1.926,93	54,82	166,71	4,74	1.041,22	29,62	327,02	9,30	5,22	0,15	48,10	1,37	3.515,20	100,00
2013	1.893,66	56,03	180,96	5,35	971,97	28,76	291,95	8,64	4,90	0,14	36,25	1,07	3.379,69	100,00
2014	1.768,82	54,79	179,75	5,57	971,43	30,09	290,82	9,01	4,26	0,13	13,45	0,42	3.228,53	100,00
2015	1.751,55	54,24	183,45	5,68	968,77	30,00	310,67	9,62	5,05	0,16	9,51	0,29	3.229,00	100,00
2016	1.811,87	54,49	197,84	5,95	964,78	29,02	335,53	10,09	5,40	0,16	9,65	0,29	3.325,07	100,00

Fuentes Tabla 16 y Tabla 17: elaboración propia a partir de datos del Ayuntamiento de Madrid, Comunidad de Madrid, Madrileña Red de Gas, Gas Natural Distribución SDG, CLH, MINETUR, REPSOL, CEPSA, AOGLP, AENA, OACI, CALORDOM y EMT.

3.3.1 Indicadores energéticos de consumo

La Tabla 18 recoge la evolución del consumo *per cápita* y de la intensidad energética final para el municipio de Madrid en el periodo 2006-2016.

Tabla 18. Consumo per cápita e intensidad energética en términos de energía final. Periodo 2006-2016

Año	Consumo de energía final (ktep)	Población (hab)	PIB (M€ ₂₀₀₀)	Intensidad energética (tep E final/M€)	Consumo E final per cápita (tep/hab)
2006	3.852,72	3.128.600	92.254	41,76	1,23
2007	3.925,04	3.132.463	95.975	40,90	1,25
2008	3.931,00	3.213.271	98.076	40,08	1,22
2009	3.797,84	3.255.944	95.265	39,87	1,17
2010	3.689,07	3.273.049	94.765	38,93	1,13
2011	3.549,42	3.265.038	95.459	37,18	1,09
2012	3.515,20	3.233.527	93.554	37,57	1,09
2013	3.379,69	3.207.247	90.995	37,14	1,05
2014	3.228,53	3.165.235	92.228	35,01	1,02
2015	3.229,00	3.141.991	95.424	33,84	1,03
2016	3.325,07	3.165.541	98.425	33,78	1,05

En la Figura 5 se muestra de forma gráfica la evolución relativa de cada una de las magnitudes recogidas en la Tabla 18, asignando el valor 100 al primer año para el que se dispone de datos (2006).

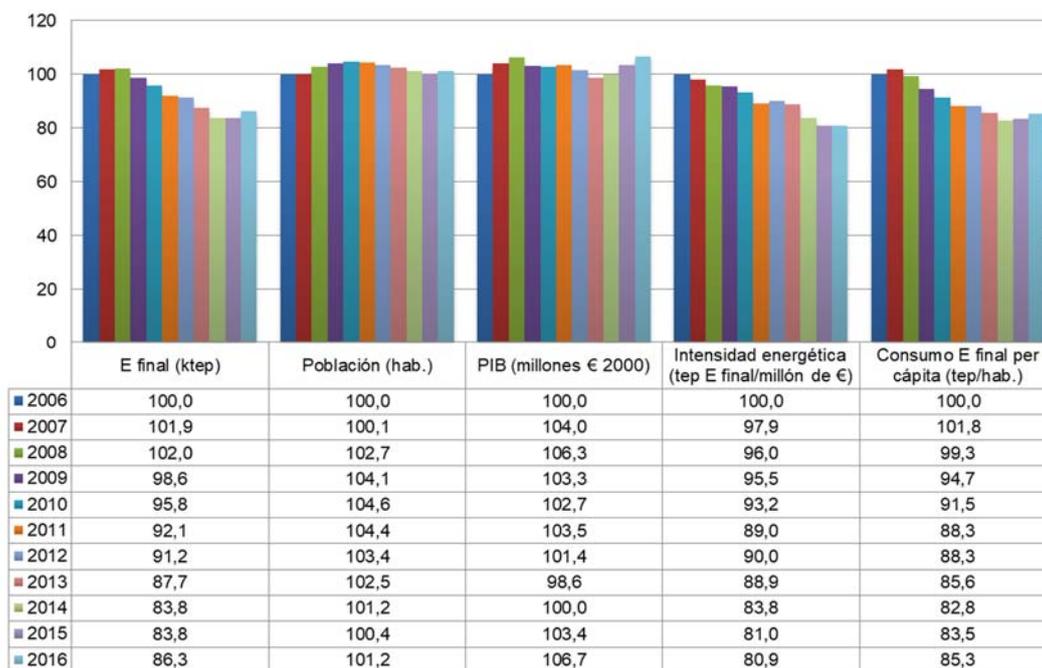


Figura 5. Evolución del consumo per cápita y de la intensidad energética final en el municipio de Madrid. Periodo 2006-2016 (Año 2006=100)

El consumo *per cápita* ha disminuido un 14,7% en todo el periodo evaluado a pesar de que la población se ha incrementado un 1,2%, debido al descenso en el consumo de energía final (13,7%). Esa misma contracción del consumo ha provocado un descenso en la intensidad energética final del 19,1%, habiendo ascendido el producto interior bruto un 6,7 % en el mismo periodo.

4 COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN NACIONAL

4.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones

Las importaciones de energía del municipio de Madrid supusieron el 97,2% del total de la energía demandada en 2016. En España, estas importaciones fueron, en el mismo año, el 72,3% (considerando la energía nuclear como producción propia) del total demandado. Así, el grado de autoabastecimiento en España es superior que en el municipio (27,7% frente al 2,8%), según muestra la Figura 6.

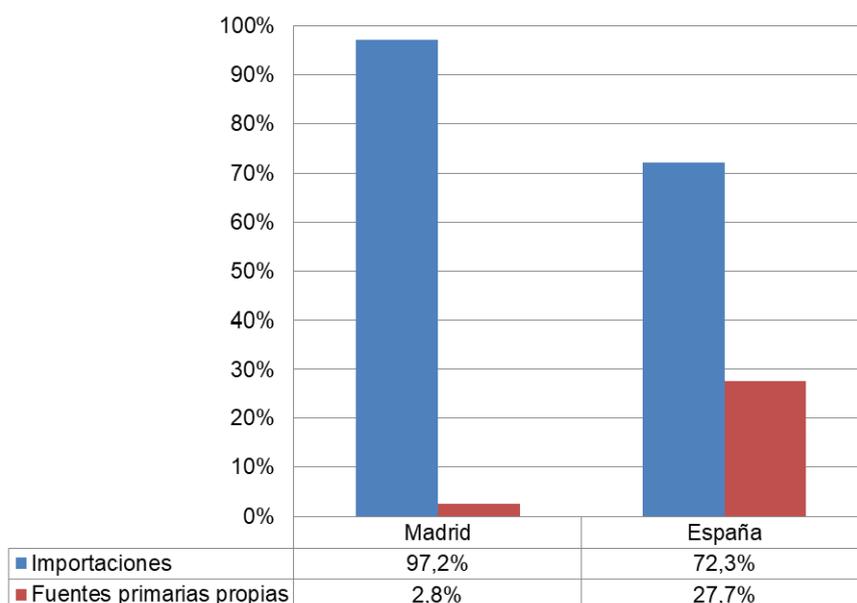


Figura 6. Producción interior de energía y grado de autoabastecimiento en Madrid y en España. Año 2016

La principal fuente energética importada tanto en el municipio de Madrid como en el conjunto nacional son los productos petrolíferos, ascendiendo al 63,2% del total de importaciones energéticas del municipio y al 60,6% para el total de España, de acuerdo a los datos del Ministerio de Industria, Energía y Turismo en 2016 (Tabla 19).

Tabla 19. Importaciones energéticas en el municipio de Madrid y en España. Año 2016

Fuente energética	Madrid		Madrid (sin queroseno)		España	
	ktep	%	ktep	%	ktep	%
Gas natural	877,81	16,30	877,81	28,37	24.987	27,7
Productos petrolíferos ¹⁸	3.409,73	63,32	1.118,10	36,14	54.489	60,60
Electricidad	1.037,94	19,27	1.037,94	33,55	0	0,00
Carbón	19,03	0,35	19,03	0,61	9.756	10,85
Biomasa/Biocarburantes	40,74	0,76	40,74	1,32	690	0,77
TOTAL	5.385,25	100,00	3.093,62	100,00%	89.922	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la presente edición del Balance Energético del municipio de Madrid y del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (La Energía en España 2016, MINETUR 2018)

Una de las fuentes energéticas importadas más importantes en el municipio es el queroseno de aviación, destinado a los aeropuertos Adolfo Suárez-Madrid Barajas y Cuatro Vientos, y consumido, fundamentalmente, durante el vuelo de las aeronaves y, por tanto, fuera del término municipal. De

¹⁸ Se excluyen los biocarburantes

este modo, es interesante desglosarlo del resto de fuentes. Así, el total de importaciones sin queroseno disminuye a 3.094 ktep. Sobre ese total, la contribución de los productos petrolíferos desciende hasta un 36,1% mientras que la de la electricidad aumenta a un 33,5% y el gas natural a un 28,4%.

4.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía

Entre las fuentes energéticas propias, son relevantes aquellas destinadas a la generación de energía eléctrica en el municipio (5,3% de la consumida). La Tabla 20 y la Figura 7 muestran la comparación entre las fuentes energéticas empleadas en Madrid y en España para generar esa energía eléctrica.

Tabla 20. Producción de energía eléctrica bruta por fuente de energía en Madrid y en España. Año 2016

Fuente energética	Madrid		España	
	GWh	%	GWh	%
Hidráulica	0,00	0,00	39.855	14,51
Nuclear	0,00	0,00	58.619	21,34
Carbón	0,00	0,00	37.382	13,61
Gas natural	329,65	49,05	52.831	19,24
Productos petrolíferos	0,00	0,00	16.763	6,10
Eólica	0,00	0,00	48.914	17,81
Solar (fotovoltaica + termoeléctrica)	21,24	3,16	13.642	4,97
Biomasa y residuos	321,18	47,79	6.625	2,41
TOTAL	672,06	100,00	274.631	100,00

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la presente edición del Balance Energético del municipio de Madrid y del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (La Energía en España 2016, MINETUR 2018)

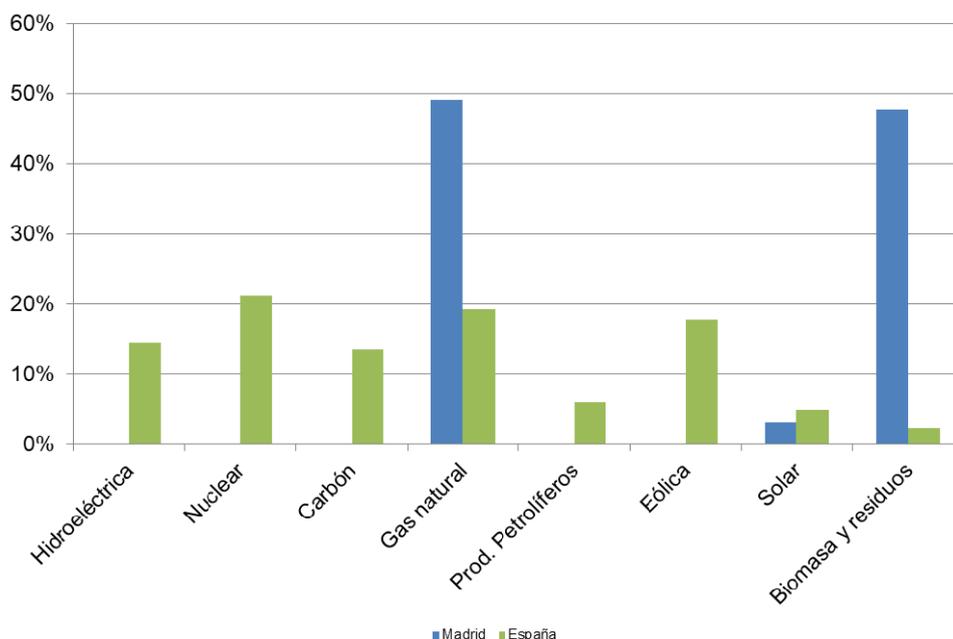


Figura 7. Producción de energía eléctrica por fuentes de energía en Madrid y en España. Año 2016

En la ciudad de Madrid, la energía eléctrica se genera a partir de gas natural (49%), aprovechamiento de residuos (47,8%) y radiación solar incidente (3,2%).

4.3 Consumo de energía final

Las tablas y figuras recogidas a continuación muestran la distribución del consumo de energía final por fuente energética y por sector, tanto a nivel municipal como nacional.

Tabla 21. Consumo de energía final. Distribución por fuente energética. Comparación entre Madrid y España. Año 2016

Fuente energética	Madrid (ktep)	Madrid (%)	España (ktep)	España (%)	% Madrid respecto a España
Carbón	19,03	0,57	1.340	1,56	1,42
Productos petrolíferos	1.321,23	39,74	45.145	52,57	2,93
Gas natural	835,12	25,12	13.891	16,18	6,01
Electricidad	1.095,73	32,95	20.115	23,42	5,45
Energías renovables	53,96	1,62	5.384	6,27	1,00
TOTAL	3.325,07	100,00	85.875	100,00	3,87

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la presente edición del Balance Energético del municipio de Madrid y del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (La Energía en España 2016, MINETUR 2018)

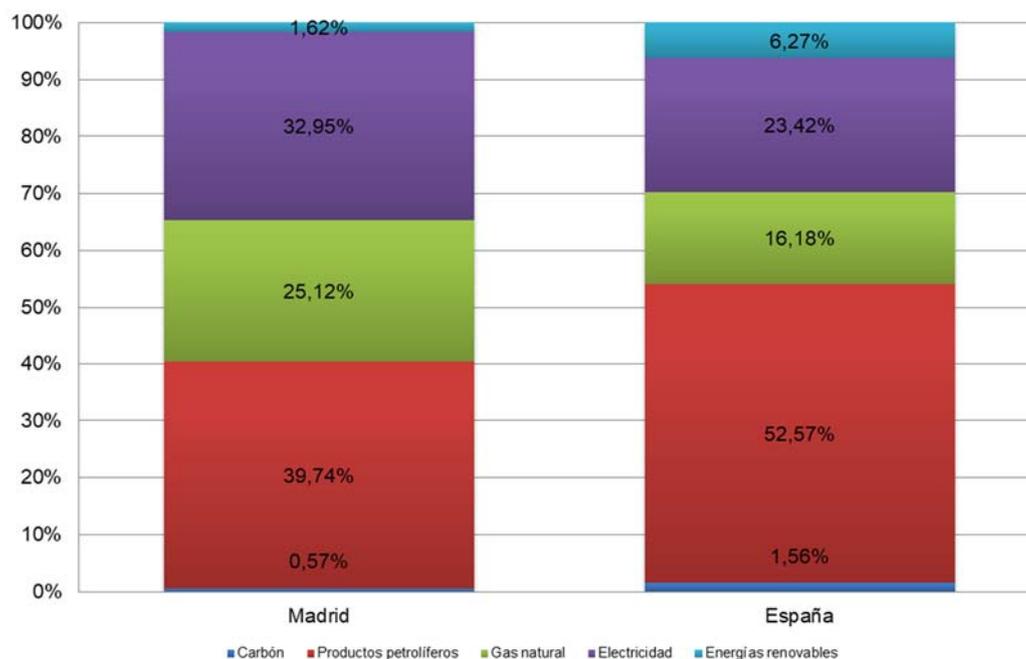


Figura 8. Consumo de energía final por fuente energética en Madrid y en España. Año 2016

La principal fuente energética consumida en el municipio son los productos petrolíferos que copan un 39,7% del consumo, frente al 52,6% que suponen en el conjunto del territorio nacional. A continuación, y a nivel municipal, se sitúa la electricidad con un 32,9% y el gas natural (25,1%). Para el conjunto de España suponen el 23,4% y el 16,2%, respectivamente.

A nivel sectorial, es el sector RCI el que presenta un mayor consumo en el municipio, suponiendo un 54,5% mientras que, en el total nacional supone el 34,8%. El sector del transporte supone un 41,6% del consumo nacional de energía final, mientras que en Madrid alcanza una cuota del 39,1%. La mayor diferencia radica en el sector industria, donde su contribución a nivel municipal (6,4%) es muy inferior que a nivel nacional (23,5%). La estructura de consumo de la ciudad está determinada por la propia estructura productiva de Madrid, fundamentada en el sector servicios (terciario), menos intensivo energéticamente que la industria.

Tabla 22. Consumo de energía final. Distribución por sector. Comparación entre Madrid y España. Año 2016

Fuente energética	Madrid (ktep)	Madrid (%)	España (ktep)	España (%)	% Madrid respecto a España
RCI	1.811,87	54,49	29.900	34,82	6,06
Transporte ¹⁹	1.300,31	39,11	35.766	41,65	3,64
Industria ²⁰	212,89	6,40	20.208	23,53	1,05
TOTAL	3.325,07	100,00	85.875	100,00	3,87

Fuente: elaboración propia a partir de datos de la presente edición del Balance Energético del municipio de Madrid y del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (La Energía en España 2016, MINETUR 2018)

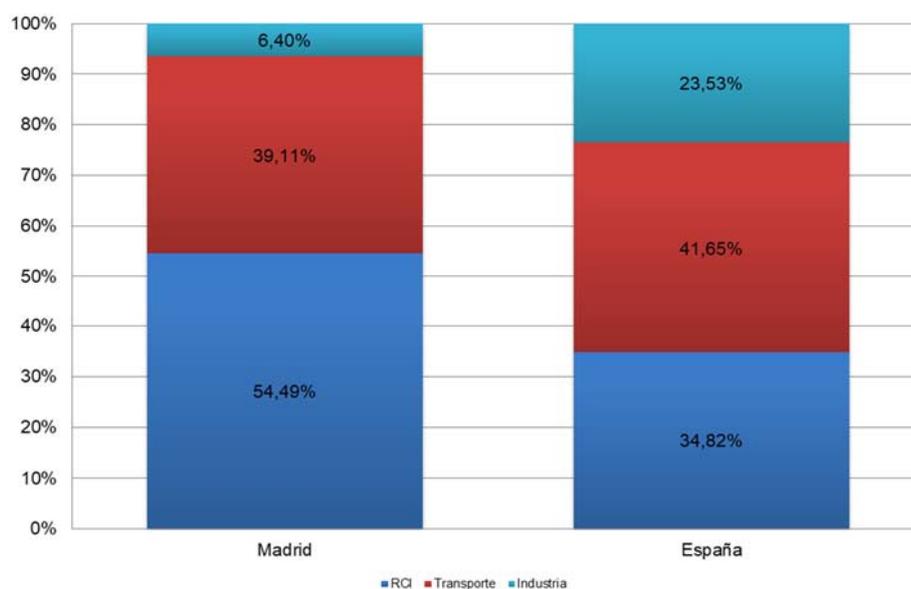


Figura 9. Consumo de energía final por sectores en Madrid y en España. Año 2016

4.3.1 Indicadores de consumo energético

En la Tabla 23 y Figura 10 se presenta la comparación entre Madrid y el conjunto de España en lo referente a intensidad energética y consumo de energía final *per cápita*. Adicionalmente, se presentan los datos de población, superficie y consumo de energía final.

Tabla 23. Consumo per cápita e intensidad energética en términos de energía final. Comparación entre Madrid y España. Año 2016

	Consumo de energía final (ktep)	Población (hab.)	Superficie (km ²)	PIB (M€ ₂₀₀₀)	Intensidad energética (tep E final/M€)	Consumo E final per cápita (tep/hab)
España	85.875	46.557.008	505.990	803.711	106,8	1,84
Madrid	3.325	3.165.541	606	98.425	33,8	1,05
% de Madrid / España	3,87%	6,80%	0,12%	12,25%	-	-

Fuente: elaboración propia a partir de los datos recopilados del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, Instituto Nacional de Estadística (INE), MINETUR y Ayuntamiento de Madrid.

De los valores mostrados pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- el municipio de Madrid supone el 0,1% de la superficie nacional mientras que acoge el 6,8% de la población

¹⁹ Incluye tráfico rodado y otros modos de transporte.

²⁰ Incluye industria, tratamiento de residuos urbanos y tratamiento de aguas residuales.

- el consumo de energía *per cápita* en el municipio es un 43,1% inferior al del resto de España. Una de las razones de esta diferencia es la ausencia de industria pesada en el municipio
- la ciudad de Madrid contribuye al PIB nacional en un 12,2%, mientras que la contribución al consumo total de energía final es del 3,9%. Por tanto, la intensidad energética es inferior a la del conjunto de España (33,8 frente a 106,8 tep/M€₂₀₀₀).

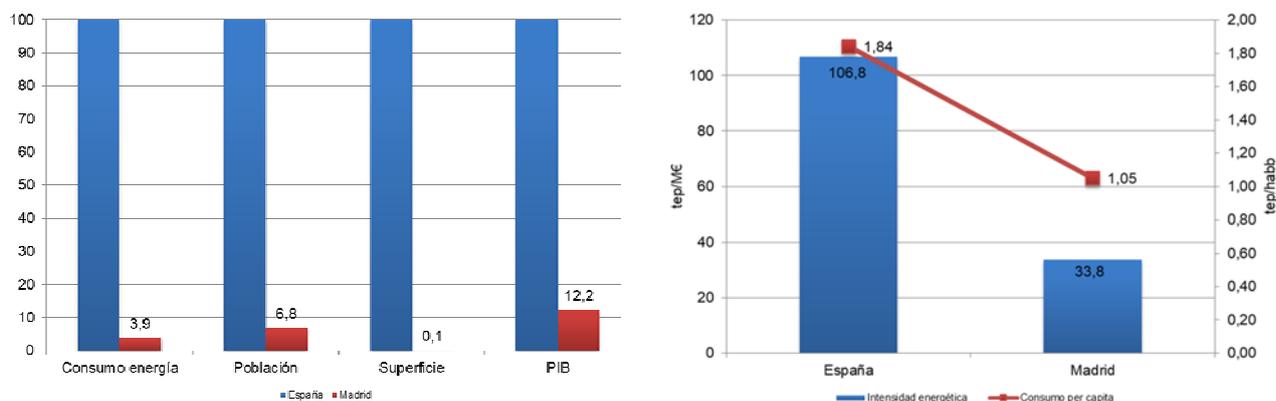


Figura 10. Comparación de parámetros socioeconómicos e indicadores energéticos básicos de Madrid y España. Año 2016

En la Tabla 24 y en la Figura 11 se recoge la evolución de los dos indicadores de consumo analizados en el periodo 2006-2016, tanto para el municipio de Madrid como para el conjunto de España.

Tabla 24. Evolución del consumo per cápita e intensidad energética (IE) en términos de energía final. Comparación entre Madrid y España. Periodo 2006-2016

Año	Madrid					España				
	Efinal (ktep)	Pob. (hab.)	PIB (M€ 2000)	IE (tep /M€)	Cons. per cápita (tep/hab)	Efinal (ktep)	Pob. (hab.)	PIB (M€ 2000)	IE (tep /M€)	Cons. per cápita (tep/hab)
2006	3.852,72	3.128.600	92.254	41,76	1,23	103.119	44.708.964	767.826	134,30	2,31
2007	3.925,04	3.132.463	95.975	40,90	1,25	105.737	45.200.737	794.418	133,10	2,34
2008	3.931,00	3.213.271	98.076	40,08	1,22	101.974	46.157.822	801.682	127,20	2,21
2009	3.797,84	3.255.944	95.265	39,87	1,17	94.583	46.745.807	772.106	122,50	2,02
2010	3.689,07	3.273.049	94.765	38,93	1,13	95.906	47.021.031	769.711	124,60	2,04
2011	3.549,42	3.265.038	95.459	37,18	1,09	93.288	47.190.493	774.174	120,50	1,98
2012	3.515,20	3.233.527	93.554	37,57	1,09	88.971	47.265.321	760.793	116,95	1,88
2013	3.379,69	3.207.247	90.995	37,14	1,05	85.855	47.129.783	752.285	114,13	1,82
2014	3.228,53	3.165.235	92.228	35,01	1,02	87.138	46.771.341	795.127	109,59	1,86
2015	3.229,00	3.141.991	95.424	33,84	1,03	84.628	46.624.382	779.049	108,63	1,82
2016	3.325,07	3.165.541	98.425	33,78	1,05	85.875	46.557.008	803.711	106,85	1,84

Fuente: elaboración propia a partir de los datos recopilados del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, Instituto Nacional de Estadística (INE), MINETUR y Ayuntamiento de Madrid.

En el municipio de Madrid, el consumo *per cápita* desciende un 14,7% como consecuencia de un descenso del 13,7% en el consumo de energía final y un incremento de la población del 1,2% en el periodo analizado (en el caso español, este indicador se reduce un 20%). La intensidad energética del municipio desciende un 19,1% entre 2006 y 2016, como consecuencia de la evolución del consumo de energía final y de que el PIB aumenta un 6,7%. Para el total del Estado, la intensidad energética desciende un 20,4% (descensos acumulados en todo el periodo), como consecuencia de la disminución del consumo de energía final (decrece un 16,7%), si bien el PIB experimenta un incremento acumulado del 4,7%.

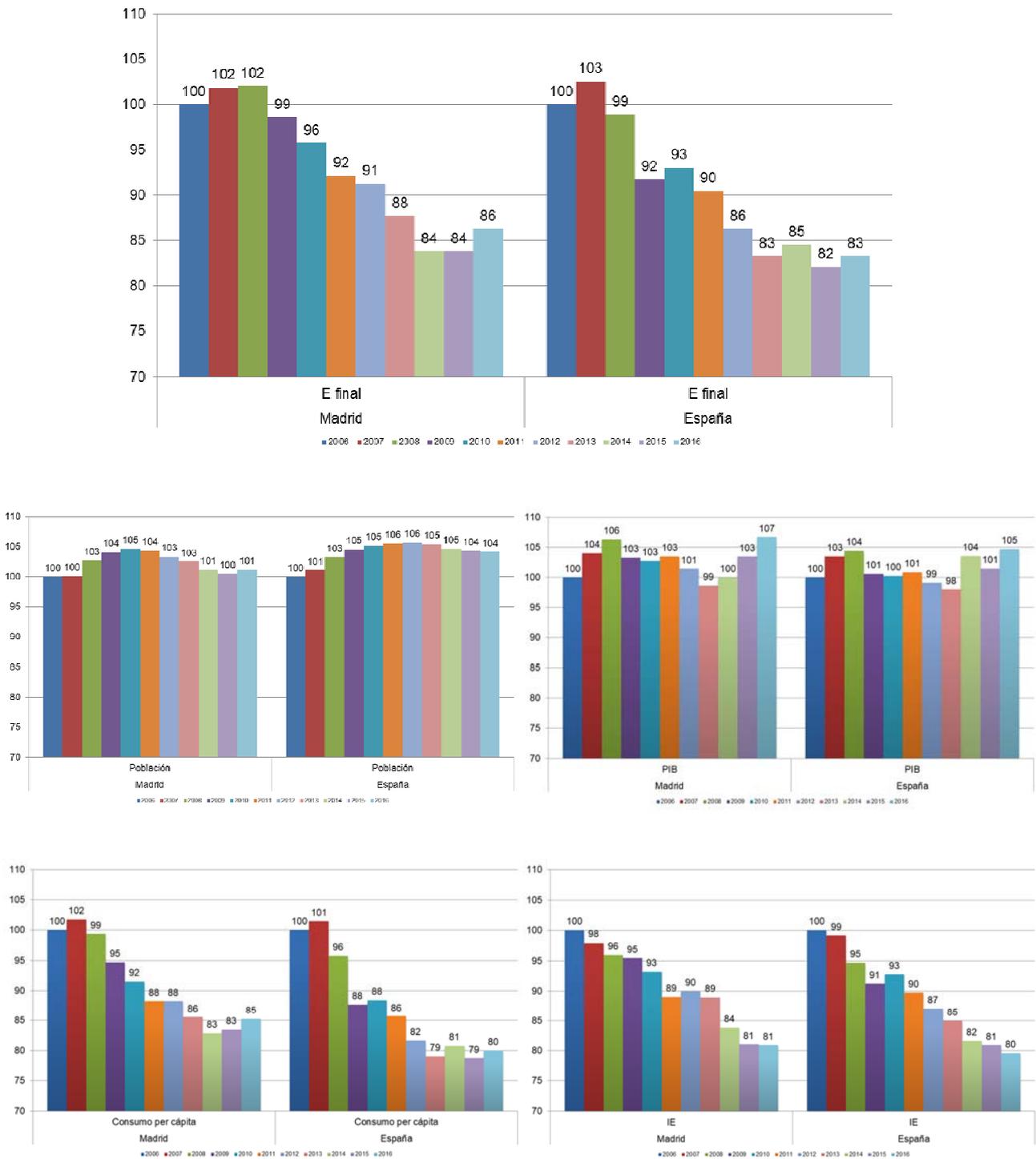


Figura 11. Evolución del consumo de energía final, población, PIB, intensidad energética (IE) y consumo per cápita en el municipio de Madrid y en España. Periodo 2006-2016 (Año 2006=100)

5 CONCLUSIONES

En 2016, el 63,3% de las importaciones correspondieron a productos petrolíferos, el 16,3% a gas natural y el resto, fundamentalmente, a electricidad (19,3%). Por tanto, el uso de fuentes fósiles se acerca al 80%. Esta situación ha sido prácticamente constante en todo el periodo evaluado, donde la electricidad ha copado porcentajes del 19,3 al 20,7%.

El queroseno destinado a los aeropuertos del municipio totalizó, en 2016, 2.291,6 ktep, lo que supuso un 67,2% de las importaciones de productos petrolíferos y un 42,5% del total de importaciones. Si no se considera este queroseno, las importaciones totales disminuyen a 3.093,6 ktep y, en ese caso, la contribución de los productos petrolíferos desciende hasta un 36,1% y la de la electricidad aumenta a un 33,5% (la del gas natural se incrementó al 28,4%)

Las fuentes primarias propias suponen un porcentaje muy reducido del total de energía consumida en el municipio (un 2,8% en 2016), valor prácticamente constante el todo el periodo 2006-2016, donde se sitúa siempre entre 2,4-2,8%. Esta situación pone de manifiesto la elevada dependencia energética exterior.

Las energías renovables se han incrementado de forma notable en el período 2006-2016 destacando la energía solar térmica. Ésta, aun suponiendo un 0,4% del consumo total de 2016, ha registrado un incremento del 480,3% en relación a 2006. La solar fotovoltaica ha crecido un 1.466,1% respecto a 2006, aunque ha disminuido un 5,7% respecto a 2015.

La incineración de residuos urbanos y el aprovechamiento del biogás procedente de vertedero destacan como las principales vías de generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables y propias. El biogás procedente de la biometanización de residuos urbanos se envía en parte a valorizar energéticamente junto con el biogás de vertedero, y otra parte se inyecta en la red gasista de distribución. El biogás procedente de la digestión anaerobia de los lodos de EDAR se emplea para generar energía eléctrica que se consume en las propias instalaciones (autoconsumo).

La producción propia de energía eléctrica en 2016 supuso el 5,3% de la consumida en el municipio y un 5,9% más que en 2015, siendo el descenso del 15,6% para todo el periodo 2006-2016. Un análisis pormenorizado muestra que la generación eléctrica por incineración de residuos urbanos ascendió un 6,8% en 2016 respecto a 2015, mientras que el aprovechamiento del biogás (procedente de vertedero, biometanización y digestión anaerobia de lodos de EDAR) descendió un 0,8%. En el periodo 2006-2016, la generación de energía eléctrica mediante incineración de RU osciló entre 12,48 (año 2014) y 20,3 ktep, (año 2010) dependiendo estos valores de las fluctuaciones acontecidas en la masa de RU a incinerar y en el contenido energético de los mismos (variaciones de poder calorífico).

La generación eléctrica por cogeneración ascendió un 9,1% en 2016 respecto a 2015. En el periodo 2006-2016 el descenso ha sido del 20%, debido a la parada de las plantas de cogeneración en el secado térmico de lodos en el año 2014.

La energía eléctrica vendida al Régimen Especial en 2016 procedió en un 59,1% de instalaciones de cogeneraciones industriales y del sector RCI. El 36,6% se generó por valorización energética de los residuos urbanos (27% incineración y 9,6% del aprovechamiento del biogás de vertedero y biometanización). El 4,2% restante procedió del aprovechamiento de la energía solar mediante paneles fotovoltaicos.

El consumo de energía final en 2016 fue un 3% superior que en 2015. Respecto a 2006, la reducción total acumulada fue del 13,7% respecto a 2006. Se produjo un máximo de consumo en el año 2008 y a partir de ahí un descenso, muy ligado a la situación económica del país y a las medidas del fomento del ahorro y la eficiencia energética.

El consumo de energía final en 2016 ha disminuido con respecto a 2006 en todos los sectores. Los sectores que más energía demandan son el RCI y el transporte por carretera. El consumo en el sector RCI ha aumentado un 3,4% en el último año; para todo el periodo evaluado, se aprecia un descenso del 8%. El transporte rodado redujo su consumo un 0,4% en el último año, acumulando una caída del 15,2% desde 2006. El sector que sufrió una mayor caída en su consumo durante el periodo 2006-2016 fue el tratamiento de aguas residuales (80%). Esto se debe a la paralización de las dos plantas de cogeneración en el secado térmico de lodos, las cuales necesitan gas natural como combustible.

El municipio de Madrid supone el 0,1% de la superficie nacional y en 2016 acogía el 6,8% de la población española, consumiendo el 3,9% de la energía final del país. Sin embargo, contribuye al PIB nacional con un 12,2%. Su intensidad energética (33,8 tep/millón de €₂₀₀₀) es notablemente inferior a la del conjunto de España (106,8 tep/millón de €₂₀₀₀). Esta diferencia se explica por la ausencia de industria pesada, ya que la riqueza del municipio tiene como pilar fundamental el sector servicios o terciario, menos intensivo en cuanto a consumo energético. Este indicador de consumo ha ido descendiendo en los últimos años, acumulando una reducción del 19,1% en el periodo 2006-2016. Esta tendencia se debe al descenso del consumo de energía final (un 13,7%) y al aumento del PIB (6,7%).

El consumo de energía *per cápita* de Madrid en 2016 fue inferior al de la media española (1,05 frente a 1,84 tep/hab). Esta diferencia se debe, fundamentalmente, a la mencionada ausencia de industria pesada en el municipio. Así, mientras en España la industria consumió el 23,5% de la energía final, en la ciudad de Madrid, este consumo supuso únicamente el 6,4%²¹. Este indicador municipal ha experimentado un descenso del 14,7% en el periodo 2006-2016, debido al descenso del consumo y al incremento de población (un 1,2%). Para el conjunto de España, el descenso fue del 20% con un descenso del consumo de energía final del 16,7% y un incremento de la población del 4,1% en el citado periodo.

²¹ Incluye a los sectores "tratamiento de residuos urbanos" y "tratamiento de aguas residuales"