

**BALANCE ENERGÉTICO
DEL MUNICIPIO DE MADRID**

Año 2006



Trabajo elaborado por:

- M^a Encarnación Rodríguez
- Julio Lumbreras
- Rafael Borge
- Javier Pérez
- Alberto Guijarro
- Becarios colaboradores

Madrid, Julio 2008



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS INDUSTRIALES



POLITÉCNICA

INDICE

MAGNITUDES BÁSICAS DEL BALANCE 2006.....	I
1 OBJETIVO.....	1
2 METODOLOGÍA.....	2
2.1 INTRODUCCIÓN	2
2.2 IMPORTACIONES. FUENTES ENERGÉTICAS EXTERNAS.....	4
2.2.1 Carbón	4
2.2.2 Electricidad	5
2.2.3 Gas Natural.....	6
2.2.4 Biomasa	6
2.2.5 Productos Petrolíferos	7
2.2.6 Hidrógeno. Materias Primas. Producción.....	12
2.3 PRODUCCIÓN PRIMARIA. GENERACIÓN DE ENERGÍA.....	13
2.3.1 Solar Térmica.....	14
2.3.2 Solar Fotovoltaica	14
2.3.3 Residuos energéticamente valorizables.....	15
2.3.4 Biomasa	18
2.3.5 Geotérmica.....	18
2.3.6 Minieólica	19
2.3.7 Cogeneración	19
2.4 CONSUMO DE ENERGÍA FINAL.....	21
2.4.1 Sector R&C&I	21
2.4.2 Industria.....	23
2.4.3 Transporte por carretera	24
2.4.4 Otros modos de transporte	26
2.4.5 Tratamiento de residuos	27
3 BALANCE ENERGÉTICO DEL AÑO 2006	28
3.1 RESULTADOS GENERALES	28
3.1.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones	29
3.1.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía.....	31
3.1.3 Generación de energía eléctrica mediante fuentes propias frente a importaciones de electricidad	32
3.1.4 Consumo de energía final	33
3.1.5 Comparación con la situación a nivel nacional	37
3.2 RESULTADOS DESAGREGADOS.....	39
3.2.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones	39
3.2.2 Producción primaria. Generación de energía	40
3.2.3 Consumo de energía final	43
3.2.4 Cálculo del consumo de energía final en el sector transporte por carretera.....	47
3.2.5 Transporte aéreo: importaciones frente a consumo.....	48
4 CONCLUSIONES.....	50
5 REFERENCIAS	52
ANEXO: CUADRO METODOLÓGICO	56

MAGNITUDES BÁSICAS DEL BALANCE 2006

La metodología desarrollada para la realización del balance energético del municipio de Madrid consta de cuatro bloques:

- 1) importaciones de energía,
- 2) producción primaria,
- 3) generación propia de energía eléctrica,
- 4) consumo de energía final.

En 2006, las importaciones de energía del municipio supusieron el 97,44% del total de la energía primaria consumida mientras que, en España estas importaciones fueron del 80,2% (considerando la energía nuclear como producción interior). Así, el grado de autoabastecimiento es muy inferior al español (2,56% frente al 19,8%), según muestra la Figura 1.

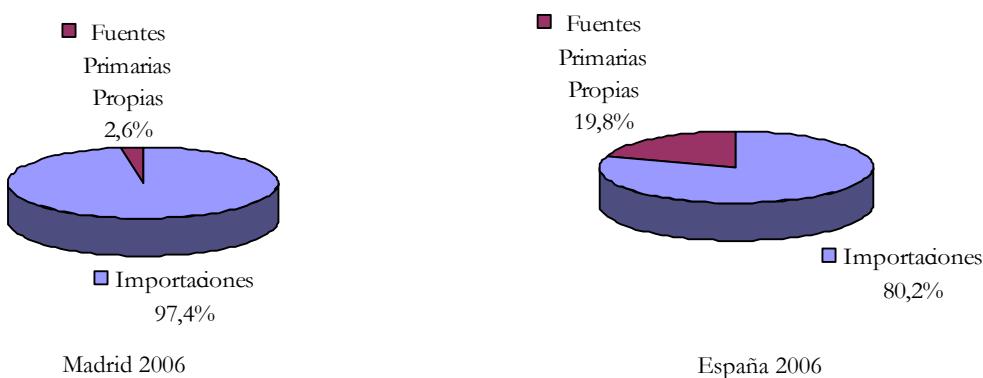


Figura 1. Producción interior de energía primaria y grado de autoabastecimiento en Madrid y en España durante 2006

Entre las fuentes energéticas importadas destacan los productos petrolíferos que suponen el 62,4% del total, situación muy parecida a la de España, según se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Importaciones energéticas en el municipio de Madrid y en España en 2006

Fuente energética	Madrid-2006		España-2006	
	ktep	%	ktep	%
Gas natural	995,45	17,28%	30.000	23,73%
Productos Petrolíferos	3.590,25	62,35%	78.100	61,79%
Electricidad	1.144,44	19,87%	0 ⁺	0,00%
Carbón	28,44	0,49%	18.300	14,48%
Biomasa	0,30	0,01%	0 ⁺⁺	0,00%
TOTAL	5.759,11	100,00%	126.400	100,00%

Notas: ⁺ En España hubo un saldo exportador de 282 ktep de energía eléctrica

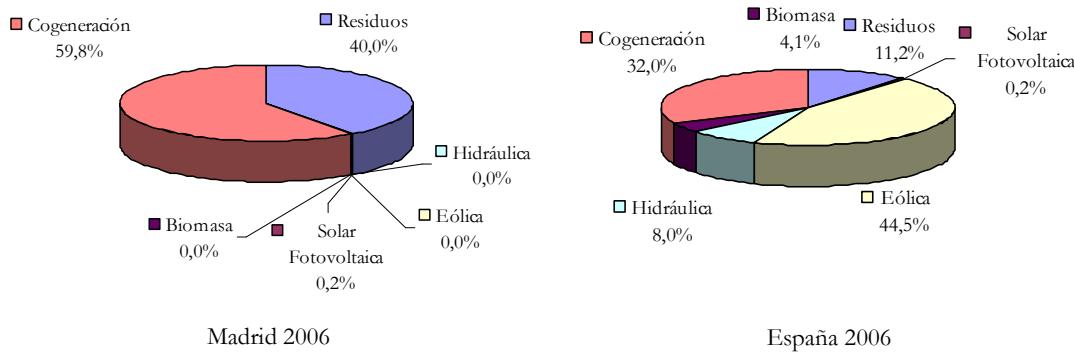
⁺⁺ Se asume una importación nula de biomasa

La generación de energía eléctrica propia del municipio es el 5,7% de la consumida. De esta energía generada, parte se exporta a la red como ventas al Régimen Especial. El origen principal de la generación de esta electricidad es la cogeneración (el 59,8% del total) mientras que en España, la fuente principal es la eólica con un 44,5% (Tabla 2 y Figura 2)

Tabla 2. Energía eléctrica vendida el Régimen Especial en Madrid y en España en 2006

Fuente energética	Madrid-2006		España-2006	
	GWh	%	GWh	%
Residuos ⁺	255,48	39,98%	5.834	11,22%
Solar Fotovoltaica	1,38	0,22%	106	0,20%
Eólica	0,00	0,00%	23.143	44,50%
Hidráulica	0,00	0,00%	4.136	7,95%
Biomasa	0,00	0,00%	2.126	4,09%
Cogeneración	382,08	59,80%	16.664	32,04%
TOTAL	638,93	100,00%	52.009	100,00%

Nota: + Incluida la electricidad generada por los tratamientos de residuos y por la gestión de lodos de depuradoras


Figura 2. Ventas de energía eléctrica al régimen especial en Madrid y en España durante 2006

En cuanto a la generación bruta de electricidad, la Tabla 3 y la Figura 3 muestran la comparación de fuentes energéticas en los casos de Madrid y España.

Tabla 3. Producción de energía eléctrica por fuentes de energía primaria en Madrid y en España en 2006

Fuente energética	Madrid-2006		España-2006	
	GWh	%	GWh	%
Hidroeléctrica	0,00	0,00%	29.524	9,75%
Nuclear	0,00	0,00%	60.126	19,85%
Carbón	0,00	0,00%	66.707	22,03%
Gas siderúrgico	0,00	0,00%	1.056	0,35%
Gas natural	424,80	52,58%	90.196	29,78%
Productos Petrolíferos	0,00	0,00%	23.558	7,78%
Eólica	0,00	0,00%	23.255	7,68%
Fotovoltaica	1,38	0,17%	169	0,06%
Biomasa y residuos	381,81	47,25%	8.276	2,73%
TOTAL	807,98	100,00%	302.867	100,00%

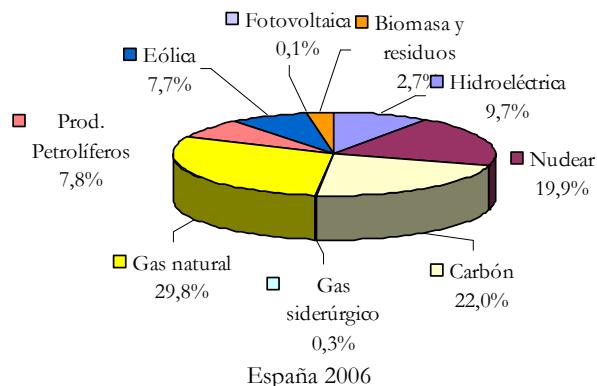
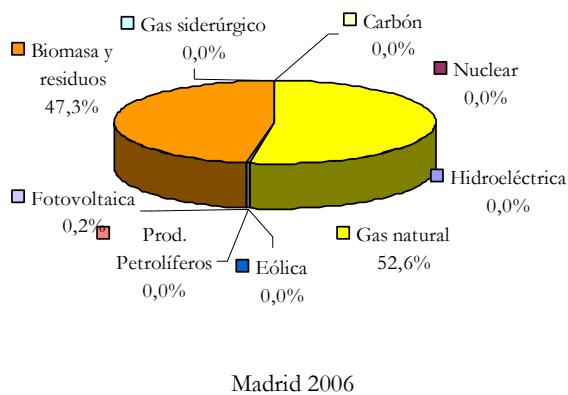


Figura 3. Producción de energía eléctrica por fuentes de energía primaria en Madrid y en España durante 2006

Las tablas 4 y 5 y las figuras 4 y 5 recogen la distribución del consumo de energía final por fuentes energéticas y por sectores, respectivamente.

Tabla 4. Consumo de energía final. Distribución por fuente de energía final. Comparación entre Madrid y en España. Año 2006

Fuente de energía final	Madrid (ktep)	Madrid (%)	España (ktep)	España (%)	% Madrid respecto a España
Carbón	28	0,77%	2.267	2,23%	0,00%
Productos petrolíferos	1.555	42,17%	60.973	60,01%	2,55%
Gas Natural	891	24,15%	16.888	16,62%	5,27%
Electricidad	1.214	32,91%	21.477	21,14%	5,65%
TOTAL	3.688	100,00%	101.605	100,00%	3,60%

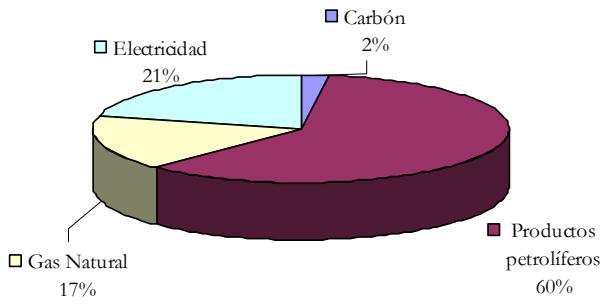
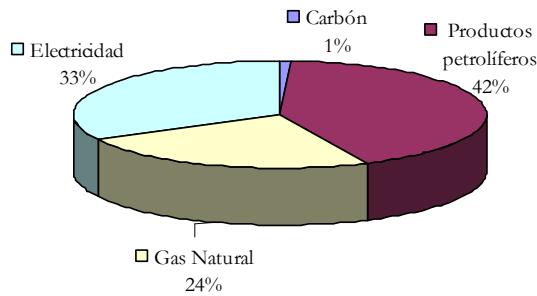
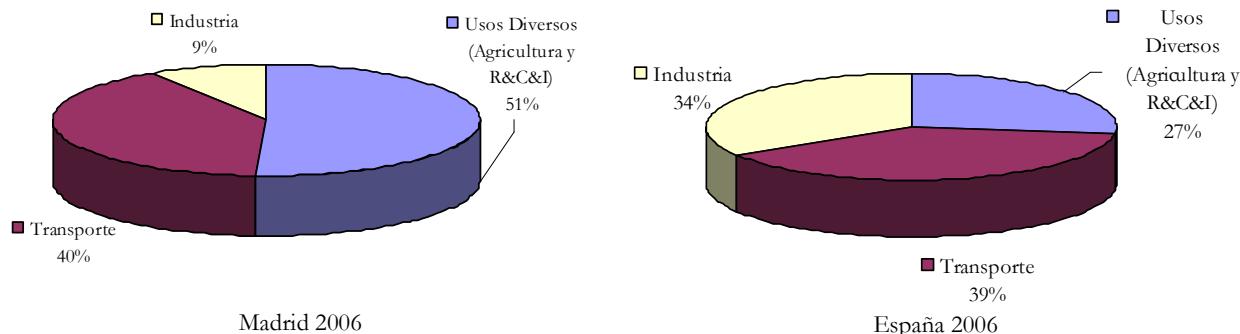


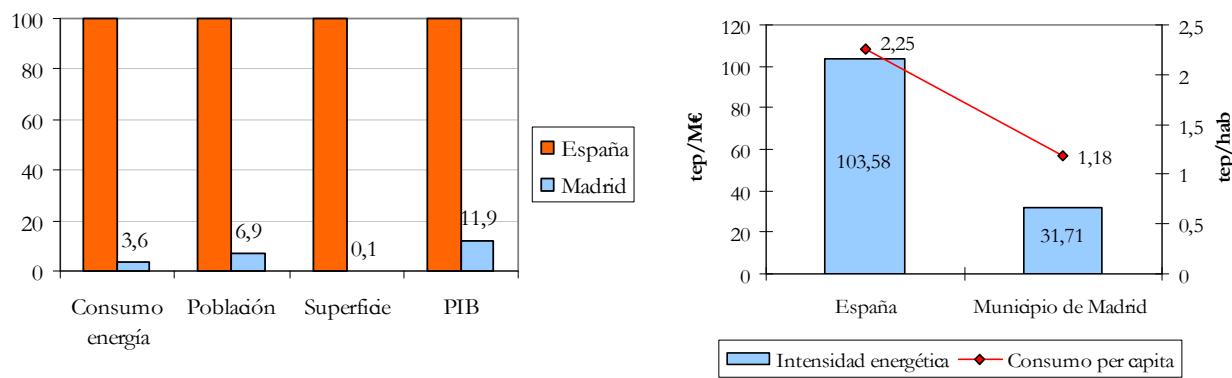
Figura 4. Consumo de energía final por fuentes en Madrid y en España durante 2006

Tabla 5. Consumo de Energía Final. Distribución por sector. Comparación entre Madrid y en España. Año 2006

Sector consumidor de energía final	Madrid (ktep)	Madrid (%)	España (ktep)	España (%)	% Madrid respecto a España
Usos Diversos (Agricultura y R&C&I)	1.877	50,88%	27.430	27,00%	6,75%
Transporte	1.481	40,15%	39.811	39,18%	3,72%
Industria	331	8,97%	34.364	33,82%	0,96%
TOTAL	3.688	100,00%	101.605	100,00%	3,60%


Tabla 6. Consumo per cápita e intensidad energética en términos de energía final. Comparación entre Madrid y España. Año 2006

	Consumo energía final (ktep)	Población (hab)	Superficie (km²)	PIB (M€ ctes. 2000)	Intensidad energética (tep E final/M€)	Consumo E final per cápita (tep/hab)
España	101.605	45.200.737	505.990	980.954	103,58	2,25
Municipio de Madrid	3.691	3.132.463	606	116.400	31,71	1,18
% de Madrid / España	3,63%	6,93%	0,12%	11,87%	-	-


Figura 6. Comparación de parámetros socioeconómicos e indicadores energéticos básicos de Madrid y España durante 2006

1 OBJETIVO

El objetivo de este estudio es desarrollar una metodología para realizar anualmente el balance energético del municipio de Madrid que, además, pueda ser útil en futuras estimaciones de las emisiones atmosféricas (gases de efecto invernadero, material particulado, acidificadores y precursores de ozono).

Adicionalmente, a partir de la información recopilada, se ha aplicado la metodología desarrollada al año 2006.

Asimismo, se ha realizado un análisis de la situación energética del municipio de Madrid, valorando la dependencia de fuentes energéticas externas, la capacidad de producción energética a partir de los recursos propios y el consumo energético por sectores (doméstico y comercial, industria, transporte por carretera, otros modos de transporte y tratamiento de residuos).

2 METODOLOGÍA

2.1 INTRODUCCIÓN

La metodología desarrollada se ha estructurado en tres grandes grupos, que definen cada una de las etapas de la cadena energética, desde las fuentes primarias hasta el consumo final. Los grupos son:

- 1.- Fuentes energéticas externas. Importaciones
- 2.- Producción Primaria. Generación de energía
- 3.- Consumo de energía final

El primer grupo está constituido por las fuentes energéticas externas al municipio o importaciones. Estas fuentes energéticas pueden ser consumidas directamente como energía final en cualquiera de los sectores (por ejemplo consumo de gas natural en los hogares), o por el contrario, emplearse en procesos de transformación para la generación de energía eléctrica (como, por ejemplo, cogeneración a partir de gas natural).

El segundo de los grupos corresponde a la generación de energía, que engloba aquellos procesos empleados dentro del municipio para la producción de energía a partir del aprovechamiento de fuentes energéticas propias y cogeneración.

Por último, el tercer grupo está constituido por la distribución y consumo de la energía, ya sea importada o producida, en los diferentes sectores.

La metodología desarrollada sigue un modelo energético de generación/consumo general, particularizado para el municipio de Madrid, al tener éste unas características singulares. Entre ellas destacan:

- Escasez de fuentes primarias energéticas: sus reservas de carbón, petróleo o gas natural son nulas y únicamente dispone de recursos renovables como el sol, el calor del suelo, el viento y el aprovechamiento energético de sus residuos
- Ausencia de grandes centros de transformación de energía para la generación de energía eléctrica (centrales térmicas convencionales, nucleares, hidráulicas, parques eólicos, etc.) o para la obtención de combustibles (refinerías, centros de producción de biocarburantes, etc.)
- Generación eléctrica reducida, exclusivamente, al aprovechamiento de los residuos, la cogeneración y el aprovechamiento de fuentes renovables
- Elevado consumo de energía en los sectores finales

En la Figura 7 (incluida también en el Anexo) se presenta la estructura metodológica del balance energético.

La unidad energética utilizada es la kilotonelada equivalente de petróleo (ktep), por lo que se hace necesario convertir todos los datos recogidos o estimados.

CUADRO METODOLÓGICO: BALANCE ENERGÉTICO DEL MUNICIPIO DE MADRID

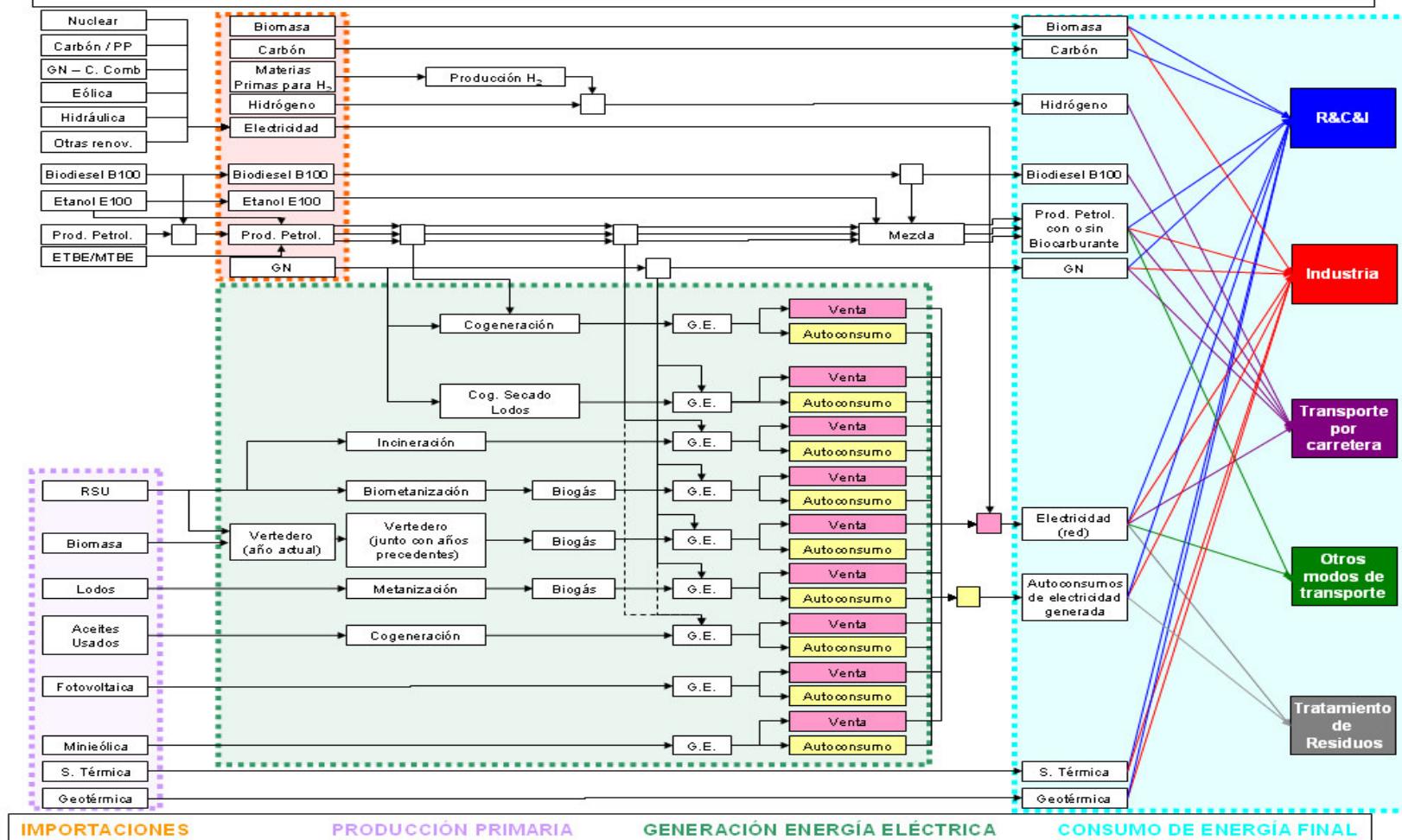


Figura 7. Esquema metodológico

2.2 IMPORTACIONES. FUENTES ENERGÉTICAS EXTERNAS

Al no disponer de una elevada producción propia de energía eléctrica ni de combustibles, las importaciones suponen un apartado fundamental en este balance, ya que representan gran parte de la energía consumida en el municipio.

En la Figura 8 se recogen las fuentes energéticas importadas por el municipio.

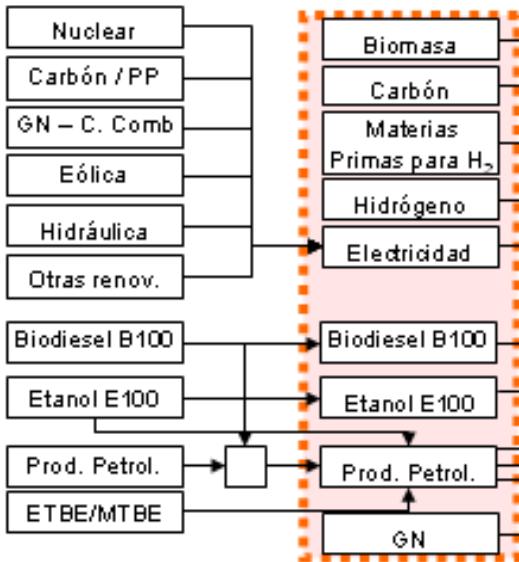


Figura 8. Fuentes energéticas importadas por el municipio de Madrid

En el caso de la electricidad importada se han incluido en el esquema, las vías de generación eléctrica de los operadores eléctricos (en 2006, Unión Fenosa e Iberdrola) a partir de las distintas fuentes primarias.

A continuación se relacionan cada una de las fuentes energéticas importadas.

2.2.1 Carbón

Madrid no dispone de centros de extracción y acondicionamiento del carbón, por tanto, éste se debe importar en su totalidad para satisfacer el consumo. Este carbón se consume directamente como energía final, principalmente en el sector doméstico/comercial, aunque podría consumirse también en el sector industrial.

En los últimos años, el carbón ha visto reducida su demanda en el municipio de manera progresiva, debido, fundamentalmente, a las medidas impulsadas por parte del Ayuntamiento de Madrid y de la Administración General del Estado. Entre ellas destaca la sustitución progresiva de las calderas del sector doméstico por otras alimentadas por combustibles con una menor generación de emisiones gaseosas. Estas subvenciones tienen como objetivo eliminar a lo largo de 2008 todas las instalaciones de carbón que aún quedan en la Comunidad de Madrid, sustituyéndolas por otras que funcionen con gas natural (Plan de Sustitución de Calderas Comunitarias de Carbón en Madrid).

Estas medidas para la concesión de subvenciones para la sustitución de calderas de carbón, tanto individuales como colectivas, por calderas de gas natural, energía solar,

electricidad, gasóleo o biomasa se adelantan al nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), que marca 2011 como fecha límite para haber renovado totalmente todo el parque de calderas de baja eficiencia energética, entra las que se encuentra las calderas de carbón.

El carbón, por tanto, presenta en el municipio de Madrid un consumo reducido y decreciente, aunque no despreciable, ya que en el pasado ha sido el combustible de referencia para las calderas domésticas empleándose, asimismo, en el sector industrial.

El procedimiento de cálculo de las importaciones de carbón se realiza conforme a los siguientes pasos:

1. Determinación del número de calderas de carbón. Dato facilitado por la Dirección General de Calidad, Control y Evaluación Ambiental del Ayuntamiento de Madrid
2. Aplicación de un factor de consumo de carbón por caldera obtenido del Inventario de Emisiones de la Ciudad de Madrid. Para el año 1999 (último dato disponible) el valor es de 0,02583 ktep/caldera. Las importaciones de carbón son iguales al consumo de ese conjunto de calderas

2.2.2 Electricidad

El municipio de Madrid, a pesar de su elevada población y su alto consumo energético, no dispone de grandes centros de generación de energía eléctrica. El transporte y la distribución eléctrica están gestionados por dos compañías: Iberdrola y Unión Fenosa a través de una red de alta/media tensión y de un conjunto de subestaciones de transformación repartidas por toda la ciudad.

Al no disponer de centrales eléctricas, la mayor parte de la electricidad del municipio es importada. Se genera localmente una pequeña fracción de la electricidad en plantas de cogeneración y a partir del aprovechamiento energético de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) y los lodos procedentes de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR). La energía eléctrica importada corresponde a la electricidad facturada por las compañías eléctricas, excluyendo las ventas realizadas al Régimen Especial por parte de los generadores de electricidad del municipio. Hay que destacar que las ventas de energía eléctrica al Régimen Especial corresponden a la diferencia entre la energía bruta generada y los autoconsumos de los propios generadores.

El cálculo de la energía eléctrica importada en el municipio se realiza conforme a los siguientes pasos:

1. La **energía eléctrica facturada** al municipio de Madrid se recoge del Anuario Estadístico del Ayuntamiento diferenciándose por compañía suministradora (actualmente Iberdrola y Unión FENOSA). Estos datos se recogen en kWh. Para convertirlos a ktep se multiplican por $8,6 \cdot 10^{-8}$
2. La **energía eléctrica importada** se calcula restando a esta energía eléctrica facturada, la energía eléctrica generada en el municipio (cogeneraciones, incineración, aprovechamiento de biogás, etc.) y vertida el Régimen Especial, lo que se conoce como ventas al Régimen Especial

3. Las **ventas al Régimen Especial** (energía eléctrica neta) se calculan como la diferencia entre la energía eléctrica total generada (producción bruta de cada uno de los productores) menos los autoconsumos de las propias instalaciones de generación. La estimación de los valores de la energía generada y autoconsumos se recogen en el apartado de Generación de Energía.

2.2.3 Gas Natural

La totalidad del gas natural consumido en el municipio de Madrid es importado y se destina al consumo directo en los sectores finales o como combustible para cogeneración, fundamentalmente en el sector industrial y en el secado de lodos. En ocasiones, también, se utiliza como combustible auxiliar para el aprovechamiento de otra fuente energética, como puede ser el caso de la co-combustión con biogás en vertederos o en EDAR.

El dato de gas natural importado (y por tanto facturado al municipio) se extrae del Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid. Este gas natural incluye tanto su consumo como energía final directa como su consumo en cogeneración o procesos de co-combustión. La fuente desagrega los datos en tres categorías: doméstico y comercial, industria y acceso a terceros¹.

Este consumo se recoge en millones de kWh. Para su conversión a ktep se debe multiplicar por 0,086.

2.2.4 Biomasa

Por biomasa se entiende la materia orgánica presente en la biosfera. La principal valorización energética se realiza a partir de biomasa vegetal, especialmente de la madera y residuos agrícolas y ganaderos. La biomasa es una fuente energética en auge en los países desarrollados debido a su aportación neutra a la emisión de gases de efecto invernadero (a lo largo del ciclo de vida del combustible se emite el CO₂ que se ha fijado anteriormente en el crecimiento de la biomasa). En el caso del balance energético del municipio de Madrid, la biomasa se clasifica en:

Biomasa cultivada y agrícola

- Orujo
- Paja
- Cardo
- Árboles
- Maíz

Biomasa a partir de residuos

- Alpechín, residuo del proceso de elaboración de aceite de oliva
- Cáscaras de frutos secos
- Restos de carpintería
- Restos de podas, siegas y limpieza de montes
- Serrín
- Otros residuos de industria alimentaria

¹ Gas natural distribuido por operadores distintos a Gas Natural; Iberdrola, Endesa Gas, Unión Fenosa Gas

Residuos ganaderos

- Purines
- Excrementos del ganado

Su inclusión en el balance energético se ha llevado a cabo en dos apartados. En primer lugar, se ha considerado la importación de biomasa al municipio, fundamentalmente, residuos agrícolas, destinada en su totalidad al consumo doméstico en calderas de combustión, si bien estas calderas podrían emplearse también en el sector comercial e industrial. Por otro lado, se ha considerado la producción de biomasa en el municipio, fundamentalmente, restos de podas, que se lleva directamente a vertedero, generándose así biogás, que se contabiliza dentro del aprovechamiento de biogás de vertedero procedente de RSU (apartado 2.3.3.1.3).

Los datos de la biomasa importada para consumo como energía final en el municipio se obtienen de los distribuidores comerciales. En 2006, el único sector consumidor de biomasa, concretamente, de huesos de aceituna, fue el sector residencial, comercial e institucional (R&C&I) y los datos de consumo (y por tanto, de importación) han sido facilitados por CALORDOM.

La empresa CALORDOM ha facilitado los datos de biomasa en toneladas y su poder calorífico inferior, por lo que se ha podido realizar la conversión a ktep directamente con lo facilitado.

2.2.5 Productos Petrolíferos

La ciudad de Madrid importa la totalidad de los productos petrolíferos para satisfacer sus necesidades de consumo. En esta metodología se han estructurado los productos petrolíferos de acuerdo a las siguientes categorías:

- Gases Licuados del Petróleo (GLPs), donde se considera tanto el propano como el butano
- Gasolinas: subdivididas en Gasolina 95, Gasolina 97 y Gasolina 98. Cada numeración hace referencia al índice de octano del combustible, indicativo de su poder antidetonante. También se incluyen las mezclas de gasolina con etanol denominadas E10 y E85 con un contenido de etanol en volumen del 10 y el 85%, respectivamente
- Gasóleos: se subdividen en Gasóleo A (para uso como carburante en automoción), Gasóleo A 10 (Gasóleo A con un contenido en azufre de 10 ppm), Gasóleo A B5-1 (Gasóleo A con un 5 % en volumen de biodiésel), Gasóleo A B10-1 (Gasóleo A con un 10 % de biodiésel), Gasóleo A B30-1 (Gasóleo A con un 30 % de biodiésel), Gasóleo B 2000 (para uso fundamentalmente agrícola pero también en otra maquinaria o cuando la distribución de gasóleo C no es completa) y Gasóleo C (para uso en calefacción e industria)
- Fuelóleo
- Queroseno

Las gasolinas incorporan o pueden incorporar MTBE (metil terc-butil éter), ETBE (etil terc-butil éter) y bioetanol. Los éteres ETBE y MTBE son aditivos utilizados para aumentar su octanaje, mientras que el bioetanol, explicado con más detalle en el siguiente apartado, se puede emplear como sustituto de la gasolina al presentar características muy similares. El MTBE y el

ETBE se mezclan con la gasolina directamente en refinería, y su contenido varía en función del tipo de gasolina, de la disponibilidad de las materias primas para obtener ambos aditivos y de la elección del aditivo a emplear. Por tanto, entran al municipio de Madrid junto con la gasolina importada. Sin embargo, el bioetanol no se mezcla en refinería y se suele añadir directamente en los depósitos logísticos de distribución o en las propias estaciones de servicio.

El bioetanol puro recibe la denominación de E100, aunque existen otras mezclas comerciales EX donde la letra E indica que se trata de una mezcla con bioetanol y la cifra X adyacente refleja el porcentaje en volumen de bioetanol presente en dicha mezcla con gasolina. Las mezclas más usadas son E10 y E85, correspondiente a un 10% y un 85 % en volumen de bioetanol en la mezcla. Actualmente se encuentran en fase de experimentación tanto las mezclas E95 como E100.

El municipio de Madrid no dispone de producción de bioetanol, por lo que lo importa en su totalidad, bien mezclado ya con la gasolina, procedente de terminales logísticas de distribución, o bien como E100, para su posterior mezclado en las estaciones de servicio.

Su consumo se realiza en el transporte por carretera, siendo la flota municipal de la EMT y algunos vehículos del Ayuntamiento de Madrid sus consumidores.²

Los gasóleos, por su parte, se pueden consumir directamente o mezclados con biodiésel. El biodiésel se adiciona en distintas proporciones, y esa acción se puede llevar a cabo tanto en terminal como en las propias estaciones de servicio. Así, se emplean notaciones abreviadas según el porcentaje en volumen de biodiésel en la mezcla: B100 en caso de utilizar biodiésel puro, u otra notación BX (generalmente B10, B15 ó B30) en la que el número X indica que la mezcla lleva un X % en volumen (10%, 15% ó 30 % respectivamente) de biodiésel. Cabe destacar que no es preciso el etiquetado anterior en caso de que el porcentaje de biodiésel no supere el 5% de la mezcla.

En el municipio de Madrid no existen instalaciones para la producción de biodiésel, por lo que ha de ser importado. La mayoría del consumo de biodiésel se realiza conjuntamente con el gasóleo A³. No obstante, la Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT) consume B100 directamente en una reducida flota de autobuses (209 vehículos en 2006, según *Informe Anual 2006*, EMT).

La aplicación de esta metodología a años posteriores al 2006 ha de considerar que, si bien en 2006 el Gasóleo A no incorporaba biodiésel, a partir de octubre de 2007 empieza a suministrarse con un 4,5 % en volumen.

El procedimiento de estimación se detalla a continuación para cada uno de los productos.

2.2.5.1 Gases licuados del petróleo (GLPs)

Los datos relativos a las importaciones de GLPs en el municipio se pueden obtener a través de datos de las asociaciones sectoriales y los principales distribuidores de este combustible en los distintos sectores o mediante estimación. En el año 2006, al no disponer de

² Únicos consumidores a fecha de realización del este informe. Se consume E85

³ A fecha de realización del presente informe, en el municipio de Madrid existen cuatro gasolineras que suministran mezclas de biodiesel, desde B5 a B30 y el gasóleo A consumido contiene un 4,5 % en volumen de biodiésel

datos de los distintos distribuidores y asociaciones sectoriales, las importaciones de GLPs se han estimado. A continuación se presentan ambas alternativas.

Obtención de datos

Los datos de importación se podrían recopilar a través de la Asociación Española de Operadoras de GLPs (AOGLP) y la Asociación Española de Empresas Distribuidoras de GLPs (AEGLP), o través de los distribuidores finales del combustible: REPSOL-BUTANO y CEPSA, en el sector R&C&I, y REPSOL, GALP y BP en el sector del transporte.

Estimación

Se realiza conforme al siguiente procedimiento:

1. Se conoce el consumo provincial y municipal del año 2003 según el balance energético del Ayuntamiento (año 2003)
2. Se extrae el consumo provincial de Madrid del año 2006 de la publicación *Información Básica de los sectores de la energía, 2007*, editado por la Comisión Nacional de la Energía, CNE
3. Se estima el consumo total (importaciones) del municipio asumiendo la misma ratio municipio/provincia que en 2003
4. Para desglosarlo sectorialmente, en el caso del transporte por carretera, se extrae el consumo provincial de GLPs de la publicación *Información básica sobre los sectores de la energía 2007*, de la CNE. El resto de sectores (R&C&I e industria) se distribuye en base a los porcentajes correspondientes al año 2003 (sector R&C&I el 99 % del total menos el consumo del transporte por carretera e industria el 1 % restante).

2.2.5.2 Gasolinas

Los datos de importación y consumo de todo tipo de gasolinas, Gasolina 95, Gasolina 97 y Gasolina 98, en el municipio, se estiman en base a datos facilitados por CLH, S.A. Según sus cálculos, las ventas de CLH en 2006 significaron el 91,3 % del total municipal. El resto corresponde a ESERGUI y CEPSA, con canales propios de distribución. Por tanto el dato de importación de gasolina, es el dado por CLH dividido entre 0,913.

A la cantidad total de gasolina se le debe sustraer la cantidad de MTBE, ETBE ó bioetanol, que puedan presentarse como aditivos, de acuerdo a los porcentajes dados por CLH. Para el año 2006 estos porcentajes son (% en volumen):

- ETBE en gasolina 95: 4,3%
- ETBE en gasolina 98: 12,3%
- MTBE en gasolina 95: 0,3%
- MTBE en gasolina 98: 0,4%

Los datos facilitados por CLH están expresados en unidades volumétricas y para expresarlos en ktep se han empleado las densidades y los factores de paso tep/t (poder calorífico) recogidos en la Tabla 7 y tomados del *Libro de la Energía 2006* y de los *Boletines trimestrales de coyuntura energética*, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITyC), que son a su vez, los valores recomendados por la Agencia Internacional de la Energía (AIE).

Tabla 7. Densidades y poderes caloríficos (tep/t) de las gasolinas

	Densidad (t/m³)	PCI (tep/t)
Gasolina 97	0,752	1,070
Gasolina 95	0,752	1,070
Gasolina 98	0,752	1,070

2.2.5.3 Gasóleos

Los datos relativos al gasóleo son facilitados por CLH, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- CLH distribuye el 91,3 % del gasóleo, al igual que en el caso de las gasolinas
- El Gasóleo A se emplea como carburante exclusivamente en automoción
- El Gasóleo A 10 es equivalente al gasóleo A, pero con un contenido en azufre igual o inferior a 10 ppm
- El Gasóleo A B5-1 es gasóleo A con un 5 % de biodiésel
- El Gasóleo A B10-1 es gasóleo A con un 10 % de biodiésel
- El Gasóleo A B30-1 es gasóleo A con un 30 % de biodiésel (consumido a partir de 2007)
- El Gasóleo B 2000 se asume que se consume en el sector “otros modos de transporte”
- El Gasóleo C se consume en calefacción (R&C&I) y en la industria
- El gasóleo A consumido por la EMT está incluido en los datos de CLH

Como en el caso de las gasolinas estos datos son suministrados por CLH en unidades volumétricas. Su valor en ktep se ha calculado con la densidad y el contenido energético, obtenidos, también, del MITyC, y recogidos en la Tabla 8.

Tabla 8. Densidades y poderes caloríficos (tep/t) empleados para los gasóleos

	Densidad (t/m³)	PCI (tep/t)
Gasóleo A	0,845	1,035
Gasóleo B	0,845	1,035
Gasóleo C	0,845	1,035

2.2.5.4 Fuelóleo

La distribución del fuelóleo e IFOs (*Intermediate Fuel Oils*) en el municipio de Madrid la lleva a cabo, exclusivamente, CLH, por lo que los datos de las importaciones de este combustible (en unidades volumétricas) son facilitados por dicha empresa. Su consumo se realiza, exclusivamente, en el sector industrial. Las densidades y los poderes caloríficos (tep/t) se recogen en la Tabla 9.

Tabla 9. Densidad y poder calorífico del fuelóleo

	Densidad (t/m³)	PCI (tep/t)
Fuelóleo	1,000	0,960

2.2.5.5 Queroseno

La distribución del queroseno la realiza, únicamente, CLH. Por tanto, esta empresa facilita los datos. Se ha considerado su distribución (importaciones) en los aeropuertos de la ciudad

(Barajas y Cuatro Vientos), aunque posteriormente, sólo se ha tenido en cuenta el consumo en los ciclos de aterrizaje y despegue (denominados CAD⁴ o LTO⁵).

Las densidades y los poderes caloríficos (tep/t) se recogen en la Tabla 10.

Tabla 10. Densidad y poder calorífico del queroseno

	Densidad (t/m ³)	PCI (tep/t)
Queroseno	0,800	1,065

2.2.5.6 ETBE

La cantidad consumida de ETBE en volumen se obtiene multiplicando el consumo total de gasolina 95 en volumen por 0,043, más el consumo de gasolina 97 multiplicado por 0,123. Para obtener las importaciones de ETBE en unidades energéticas (ktep), se emplean los parámetros recogidos en Tabla 11.

Tabla 11. Densidad y poder calorífico del ETBE

	Densidad (t/m ³)	PCI (tep/t)
ETBE	0,747	0,860

2.2.5.7 MTBE

La cantidad consumida de MTBE en volumen se obtiene multiplicando el consumo total de gasolina 95 en volumen por 0,003, más el consumo de gasolina 97 multiplicado por 0,004. Para obtener las importaciones de MTBE en unidades energéticas (ktep), se emplean los parámetros recogidos en Tabla 12.

Tabla 12. Densidad y poder calorífico del MTBE

	Densidad (t/m ³)	PCI (tep/t)
MTBE	0,750	0,842

2.2.5.8 Biodiésel

La mayoría del consumo de biodiésel se realiza conjuntamente con el gasóleo A. No obstante, la Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT) consume biodiésel puro (B100), en una reducida flota de autobuses (209 vehículos en 2006, *Informe Anual 2006*, EMT).

La estimación del biodiésel se realiza conforme al siguiente procedimiento:

1. Se obtiene la distribución de los distintos tipos de gasóleos y su contenido en volumen en biodiésel, a través de consulta a CLH
2. Se calcula la importación total de gasóleos dividiendo la distribución de CLH por 0,913 (datos para 2006, según CLH, dado que existen otros canales de distribución que copan el 8,7 % restante)
3. Se calcula el biodiésel importado a partir del contenido en el mismo que presenta el Gasóleo A B5 (5 % en volumen), el Gasóleo A B10 (10 % en volumen) y el Gasóleo A B30 (30 % en volumen)

⁴ Un ciclo de aterrizaje y despegue comprende las cuatro operaciones siguientes: a) aterrizaje (por debajo de 1000 m. de altura), b) maniobras que realiza el avión hasta llegar al punto de desembarque, c) maniobras que realiza el avión desde el punto de embarque hasta la cabecera de pista, d) despegue (de nuevo hasta alcanzar los 1000 m. de altura).

⁵ Acrónimo en inglés.

4. Se asume que el gasóleo A no incorpora biodiésel en 2006, pero a partir de octubre de 2007 empieza a suministrarse con un 4,5 % en volumen de biodiésel⁶. Por tanto, en 2006 el consumo asociado al gasóleo A sería nulo pero a partir de 2007 se calcularía multiplicando el valor obtenido en el paso 2 por 0,045
5. Se suma el contenido en biodiésel del gasóleo A consumido por los autobuses de la EMT (asumiendo que está fuera del canal de distribución de CLH)
6. A la suma anterior se le añade el consumo de B100 realizado por los autobuses de la EMT
7. Obtenido el total de biodiésel importado, en unidades volumétricas, que acompaña a cada tipo de combustible, se hace un cambio a unidades energéticas empleando los valores de la Tabla 13

Tabla 13. Densidad y poder calorífico del Biodiésel

	Densidad (t/m ³)	PCI (tep/t)
Biodiésel	0,880	0,896

2.2.5.9 Bioetanol

Las importaciones de bioetanol corresponden a la cantidad incluida en las gasolinas (0 % en 2006), que se calcularía multiplicando dicho porcentaje (en tanto por uno) por el consumo de gasolina, junto con el consumo por parte de la flota municipal de la EMT (dato facilitado por la empresa) y los vehículos del Ayuntamiento de Madrid (dato facilitado en litros por la Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21 de Ayuntamiento de Madrid).⁷

Para transformar el valor en litros a unidades energéticas se ha de multiplicar por la densidad y por el poder calorífico recogidos en la Tabla 14.

Tabla 14. Densidad y poder calorífico del Bioetanol

	Densidad (t/m ³)	PCI (tep/t)
Biodiésel	0,788	0,692

Fuentes: CIEMAT y MMA, 2005 y BP, 2008

2.2.6 Hidrógeno. Materias Primas. Producción.

La totalidad del hidrógeno que se consume en el municipio se ha de importar. Actualmente, únicamente se consume en el sector transporte por carretera⁸, si bien se podría llegar a emplear en otros modos de transporte o sectores.

En 2006, dentro del transporte por carretera, según la Empresa Municipal de Transportes, sus autobuses no tuvieron ningún consumo. Por tanto, el consumo total es nulo para ese año.

⁶ A fecha de realización del presente informe, en el municipio de Madrid existen cuatro gasolineras que suministran mezclas de biodiésel, desde B5 a B30, y el gasóleo A consumido contiene un 4,5 % en volumen de biodiésel

⁷ Según el programa BEST Europe, a fecha de elaboración del presente informe, existe una flota de cinco autobuses de la EMT y de vehículos municipales que consumen E85

⁸ A fecha de elaboración de este informe, sólo se tiene constancia de que el hidrógeno se consuma o se haya consumido en autobuses de la EMT, según su *Informe Anual 2006*

2.3 PRODUCCIÓN PRIMARIA. GENERACIÓN DE ENERGÍA

La principal característica del municipio de Madrid en cuanto a producción primaria y generación de energía es la ausencia de centros de transformación de energía, centrales de generación de electricidad o refinerías. La ausencia de centrales de producción de energía eléctrica implica que la generación se reduce, básicamente, al aprovechamiento energético de los residuos y a las fuentes renovables.

Las fuentes energéticas renovables más destacadas son los residuos, la radiación solar (solar térmica y solar fotovoltaica), el viento (energía minieólica) y la energía térmica del suelo (energía geotérmica).

Finalmente, otra fuente de generación eléctrica importante son los procesos de cogeneración, que se dan en la industria, en el sector R&C&I y en el tratamiento de residuos (secado de lodos).

En este apartado se analizan todos los procesos de producción primaria y generación de energía en el municipio, así como su estructuración en el cuadro metodológico. En la Figura 9 se recogen las fuentes energéticas propias.

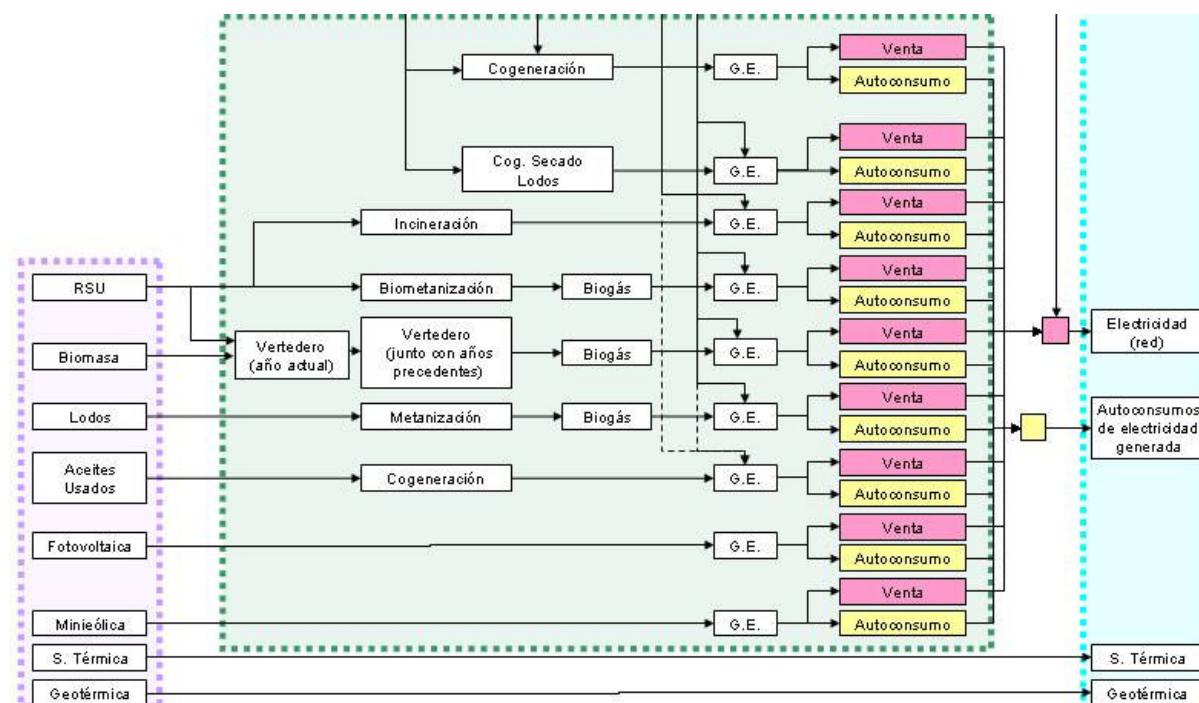


Figura 9. Fuentes energéticas propias y generación de energía eléctrica⁹

⁹ La solar térmica y geotérmica generan energía térmica y no eléctrica, por lo que son formas de energías consumidas directamente en los sectores finales

2.3.1 Solar Térmica

La energía solar térmica se basa en el aprovechamiento de la radiación solar (ya sea directa o difusa) para el calentamiento, a través de paneles solares, de un fluido que puede ser agua, glicerina u otras sustancias adecuadas para la conservación de dicho calor. Este tipo de aprovechamiento no genera gran cantidad de energía y su uso se reduce a los servicios de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y calefacción en el sector R&C&I.

Existen otros métodos de aprovechamiento de energía solar térmica de agua a mayor temperatura, mediante colectores cilindro-parabólicos, sistemas de torre central o discos parabólicos, basados en el uso de espejos para concentrar la radiación solar y conseguir aumentar la temperatura de almacenamiento y con ella, los valores de aprovechamiento térmico. Estos sistemas, sin embargo, se encuentran en fase experimental, siendo su principal aplicación la generación de vapor en centrales termosolares.

El uso de paneles de energía solar térmica está siendo fomentado fuertemente en la nueva construcción de viviendas según el Código Técnico de la Edificación (CTE) y la Ordenanza para la Captación de Energía Solar para Usos Térmicos (Ordenanza Municipal de 27/03/2003). Destaca, especialmente, su empleo en nuevos Planes de Actuación Urbanística, así como en proyectos promovidos por la Empresa Municipal de la Vivienda y el Suelo (EMVS), en el marco de la innovación residencial con fondos propios y de origen europeo, tales como *Regen Link, Manubuild o Sunrise*.

La estimación de la energía solar térmica producida en el municipio de Madrid se lleva a cabo en los siguientes pasos:

1. Se estima el número de metros cuadrados de paneles solares instalados en el municipio en el año objeto de estudio (28.754,7 m² operativos en el año 2006) Para ello se han sumado los m² disponibles en 2005 (28.196,77 m² datos recogidos en el *Plan de Uso Sostenible de la Energía y Prevención del Cambio Climático de la Ciudad de Madrid*, Ayuntamiento de Madrid, 2008) y la estimación de superficie instalada en el período 2005-2006, en base al contraste de los expedientes de obra del citado período y las licencias de primera ocupación y funcionamiento facilitadas por la Dirección General de Ejecución y Control de la Edificación (2.224,79 m², que ponderados por el tiempo de operación equivalen a 557,93 m² útiles en 2006)
2. Se multiplica la superficie por un factor de correspondencia entre metros cuadrados y energía anual térmica producida, recogido en el *Plan de Energías Renovables 2005-2010* del MITyC, igual a 0,0773 tep/m².

2.3.2 Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica tiene el mismo origen que la energía solar térmica, pero se diferencia de ésta en el aprovechamiento energético. En este caso, la energía solar incide sobre materiales semiconductores que, por sus características, generan la electricidad que se vuela a la red. En los últimos años se ha producido un aumento en la instalación de paneles solares fotovoltaicos, aunque en menor medida que con la energía solar térmica.

La energía así generada está considerada en el Régimen Especial, junto con otras como la eólica o la cogeneración, por lo que está sujeta a un marco legislativo y a unos precios de venta determinados.

La producción de electricidad a partir de la energía solar fotovoltaica conlleva el seguimiento del siguiente procedimiento:

1. Identificación de los productores a través del Registro de Instalaciones del Régimen Especial del MITyC. El listado se obtiene de la página Web del Ministerio y la identificación de las instalaciones del municipio se realiza mediante contraste del campo “municipio”, “código postal” y a través de un análisis individualizado de los nombres de los productores
2. Cuantificación de la electricidad generada. Una vez identificadas las instalaciones fotovoltaicas del municipio, se solicita a la CNE la producción eléctrica total de todas ellas.

2.3.3 Residuos energéticamente valorizables

Se considera en este apartado el aprovechamiento energético de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), los residuos industriales, los lodos producidos en la depuración de las aguas residuales (lodos de EDAR) y los residuos sólidos industriales asimilables a urbanos.

Los procesos de valorización energética con producción de energía térmica y/o eléctrica dependen del tipo de residuo que se valorice. En el caso del municipio de Madrid se han estructurado de la siguiente forma:

Residuos Sólidos Urbanos y asimilables

- Incineración con generación de energía eléctrica
- Aprovechamiento del biogás procedente de biometanización
- Aprovechamiento del biogás de vertedero

Lodos de EDAR

- Aprovechamiento del biogás de digestión anaeróbica de los lodos¹⁰

Residuos Industriales (Aceites Usados)

- Cogeneración empleando como combustible aceites usados

En la Figura 10 se recoge el esquema metodológico de la generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento de RSU y lodos de EDAR en el municipio de Madrid.

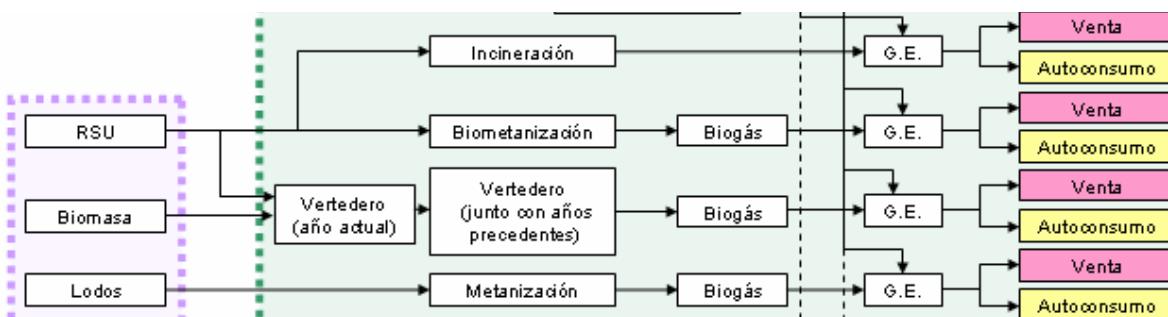


Figura 10. Esquema metodológico de la generación de energía eléctrica (G.E.) en el municipio de Madrid a partir de RSU y lodos de EDAR¹¹

¹⁰ La cogeneración en el secado de lodos se trata en el apartado de cogeneración

2.3.3.1 Residuos sólidos urbanos

2.3.3.1.1 Incineración

En el municipio de Madrid opera una planta de incineración, *Las Lomas-TIRMADRID*, dentro del parque tecnológico de Valdemingómez. Se trata de una instalación de lecho fluidificado burbujeante con una potencia instalada de 29 MW. Tiene una capacidad de tratamiento de 300.000 t/año. De la generación eléctrica bruta, una parte está dedicada a los consumos propios (aproximadamente un 30 %) y el resto se vierte a la red en Régimen Especial.

En el municipio de Madrid existe, además, una planta de incineración con restos de animales en Las Dehesas (dentro del parque tecnológico) con una capacidad de tratamiento de 0,5 t/h. No consta, sin embargo, ningún aprovechamiento energético.

Las toneladas de residuos incinerados, la producción de energía eléctrica bruta y neta, se obtienen a través de la información publicada en la página Web de la Asociación Empresarial de Valorización de Residuos Sólidos Urbanos (AEVERSU).

Los autoconsumos de energía eléctrica en el complejo de *Las Lomas- Tirmadrid* se calculan como la diferencia entre la electricidad producida (bruta) y las ventas al Régimen Especial (neta).

2.3.3.1.2 Biometanización. Aprovechamiento de Biogás

Durante el año 2008, según datos del Ayuntamiento de Madrid, entrarán en funcionamiento dos instalaciones de biometanización de RSU en el municipio: una planta en *Las Dehesas* y otra en *La Paloma*. Por tanto, no estaban operativas en el año 2006. El procedimiento para calcular la generación de energía eléctrica de cada una de las plantas en las que se llevará a cabo dicho proceso (*Las Dehesas* y *La Paloma*), es el siguiente:

1. Obtención de la cantidad de residuo a metanizar
2. Obtención de la cantidad de biogás generado
3. Identificación de la existencia de co-combustión de combustible auxiliar
4. Obtención de la energía eléctrica neta vendida al Régimen Especial a través de la CNE: publicación anual *Información Básica de los sectores de la energía* e información, también disponible, a través de su página Web
5. Obtención de los autoconsumos y de la generación eléctrica bruta (suma de autoconsumos y ventas al Régimen Especial) directamente de las propias instalaciones a través de la Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21 del Ayuntamiento de Madrid.

¹¹ En el aprovechamiento energético del biogás procedente de lodos de EDAR se ha incluido la posibilidad de venta al Régimen Especial de energía eléctrica, aún sabiendo que, a fecha de realización del presente informe, toda la producción se destina a autoconsumo

2.3.3.1.3 Vertedero. Aprovechamiento de Biogás

En el municipio de Madrid se genera energía eléctrica a partir del aprovechamiento del biogás procedente del vertedero de *Valdemingómez 2000* (ya clausurado, pero del que se sigue extrayendo biogás) y del vertedero de *Las Dehesas* (actualmente en uso y del que se comienza a extraer biogás de alguna de sus celdas). Este biogás generado se emplea como combustible en las instalaciones de *La Galiana* (complejo de Valdemingómez) para generar energía eléctrica.

De la energía eléctrica bruta generada, una parte se destina a los consumos propios de *La Galiana*, y el excedente se vende al Régimen Especial.

Los pasos para el cálculo de la generación eléctrica son los siguientes:

1. Obtención de las toneladas de RSU enviadas a vertedero anualmente (Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, Anuario Estadístico de la CAM y datos del parque tecnológico de Valdemingómez)
2. Obtención de la cantidad de biogás generado en cada vertedero (dato facilitado por Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21, y por el complejo de Valdemingómez)
3. Identificación de la existencia de co-combustión de otros combustibles (dato facilitado por la Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21)
4. Obtención de la generación de energía eléctrica bruta (dato facilitado por la Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21, y por el complejo de Valdemingómez)
5. Obtención de las ventas al Régimen Especial (*Información Básica de los sectores de la energía, 2007*, publicación editada por la CNE, del *Registro de Instalaciones en el Régimen Especial*, del MITyC y a través de Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21)
6. Estimación de los autoconsumos de la instalación (diferencia entre la energía eléctrica bruta generada y la vendida al Régimen Especial).

2.3.3.2 Lodos de depuradora

En este apartado se incluye el aprovechamiento del biogás procedente de la digestión anaerobia de los lodos de depuradora, mientras que la generación de energía eléctrica por cogeneración en el secado de lodos se recoge en el apartado 2.3.7.2.

2.3.3.2.1 Digestión anaeróbica de lodos

En el municipio de Madrid existen ocho instalaciones de depuración de aguas residuales que incluyen estabilización anaeróbica de los fangos producidos (Tabla 15). En ellas, el biogás generado se emplea en la generación de energía eléctrica de autoconsumo, suponiendo, aproximadamente y dependiendo del año, entre el 40 y el 50 % de su consumo eléctrico total. Por tanto, no vierten electricidad a la red.

La generación de energía eléctrica a través del aprovechamiento del biogás de la digestión anaerobia de los lodos de depuradora queda definida a través de los siguientes pasos:

1. Obtención de las toneladas de lodos de depuradora llevados a digestión anaerobia (datos a obtener del Canal de Isabel II y a través del Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid)

2. Obtención de la cantidad de biogás producido (datos a obtener del Canal de Isabel II y a través del Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid)
3. Obtención de la generación de energía eléctrica bruta por instalación (datos a obtener del Canal de Isabel II y a través del Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid)
4. Estimación del autoconsumo de cada instalación y del grado de autoabastecimiento. En el año 2006 toda la generación, según el CYII, la CNE y el MITyC, puesto que no aparece en el *Registro de Instalaciones en el Régimen Especial*, se destinada a autoconsumo
5. Cálculo de la energía eléctrica vertida a la red (si el autoabastecimiento no fuera del 100% se multiplicaría la energía generada por $\frac{100 - \% \text{ autoabastecimiento}}{100}$)¹²

Tabla 15 Estaciones depuradoras de aguas residuales del municipio de Madrid

EDAR ¹³	Potencia instalada (MW)
La China	3,9
Viveros	6
Sur	3
Butarque	1,4
Suroriental	0,6
Rejas	1,2
La Gavia	2
Valdebebas	0,7

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid.

2.3.3.3 Aceites Usados

En el municipio de Madrid se ha llevado a cabo, en los últimos años, un aprovechamiento energético de aceites usados. Los datos relativos a la valorización energética de aceites usados se obtienen a partir de la publicación *Información Básica de los sectores de la energía, 2007*, publicación editada por la CNE, y a través de su propia página Web. Según dicho informe, la producción eléctrica a través de este tratamiento es nula a partir del año 2003.

2.3.4 Biomasa

En este apartado se incluye, como fuente energética propia del municipio, la biomasa procedente de los restos de poda realizadas en los parques y jardines. El aprovechamiento energético de esta materia se realiza por depósito en vertedero junto con el resto de RSU y posterior aprovechamiento del biogás captado. Por tanto, su aportación queda computada en el aprovechamiento del biogás.¹⁴

2.3.5 Geotérmica

La energía geotérmica consiste en el aprovechamiento del gradiente térmico existente entre el suelo y la atmósfera. Se puede aprovechar para generar energía térmica en forma de

¹² En 2006 es igual a cero, dado que, como se ha comentado, toda la generación se dedica a autoconsumo

¹³ Se incluye la EDAR Sur a pesar de encontrarse en el municipio de Getafe, puesto que trata aguas residuales del municipio de Madrid

¹⁴ En algunas ocasiones estos restos de poda pueden ser incinerados junto a RSU

calor en invierno o energía térmica en forma de frío para refrigerar en verano. Otra forma de energía geotérmica es el aprovechamiento de agua caliente en acuíferos subterráneos.

En la actualidad no existe en el municipio ninguna instalación de aprovechamiento de energía geotérmica. No obstante, existen proyectos y experiencias piloto encaminadas a proporcionar calefacción, ACS e incluso refrigeración. Dado que el aprovechamiento energético de este método es exclusivamente térmico, se trata de un consumo final de energía.

Los datos de generación térmica se obtienen directamente de los productores.

2.3.6 Minieólica

La energía minieólica se basa en los mismos fundamentos que la eólica convencional, la única diferencia reside en el tamaño de los aerogeneradores y de las instalaciones (número de aerogeneradores) y, por tanto, en la potencia de la planta.

En la Comunidad de Madrid está muy extendido este tipo de energía, mientras que en el municipio se está comenzando a instalar aerogeneradores minieólicos mediante diversos proyectos piloto. Sin embargo, en el año 2006 no existía ninguna instalación de generación.

La electricidad producida a partir de esta vía, se obtiene del *Registro de Instalaciones del Régimen Especial* del MITyC y consultando a la CNE la energía eléctrica vertida a la red.

2.3.7 Cogeneración

2.3.7.1 Cogeneración en los sectores R&C&I e Industrial

En el desarrollo metodológico se ha incluido como cogeneración tanto el proceso de generación simultánea de energía eléctrica y producción de energía térmica, como la llamada “trigeneración”: producción adicional de energía térmica de refrigeración.

Esta tecnología permite una alta eficiencia energética, dado que se genera electricidad y se aprovecha el calor de los gases calientes de escape. Generalmente se emplea como combustible gas natural, fuelóleo o gasóleo, siendo el primero de ellos el más habitual. Por tanto, las horas de funcionamiento de las instalaciones están muy condicionadas por los precios del combustible.

La cuantificación de la energía eléctrica producida en los procesos de cogeneración en los sectores industrial y R&C&I, requiere los siguientes pasos:

1. Identificación de los centros de cogeneración según el *Registro de Instalaciones del Régimen Especial* del MITyC, en el que se recoge el nombre de la instalación, el municipio en el que se encuentra, la potencia instalada y el combustible consumido (en 2006 todas ellas consumían gas natural)
2. Cuantificación de la energía eléctrica vendida al Régimen Especial mediante datos proporcionados por la CNE
3. Cuantificación de los autoconsumos eléctricos de cada instalación (estimados en un 10 %)
4. Cuantificación de la energía total bruta, como suma de la vendida al Régimen Especial (CNE) y los autoconsumos (estimación anterior)

5. Estimación del consumo de gas natural aplicando un rendimiento eléctrico del 35 % en el proceso de cogeneración.

2.3.7.2 Cogeneración en secado de lodos

En este proceso de cogeneración se produce la quema de un combustible, por ejemplo gas natural, en turbinas o en motores. La conexión de turbinas o motores a un alternador permite obtener energía eléctrica y aprovechar posteriormente la energía térmica de los gases para la evaporación de la humedad de los lodos.

Se consideran aquí las plantas de cogeneración situadas en las EDAR de Butarque y Sur. Entre ambas disponen de una potencia instalada de 42 MW.

La estimación de la generación eléctrica precisa los siguientes pasos:

1. Obtener las ventas al Régimen Especial. Dato recogido de la publicación *Información Básica de los sectores de la energía, 2007*, editada por la CNE (también a través de su pagina Web) y por el Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21, del Ayuntamiento de Madrid
2. Producción bruta de energía eléctrica. Dato facilitado por el Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21 del Ayuntamiento de Madrid
3. Cálculo de los autoconsumos de las instalaciones. Según datos facilitados por la Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21 del Ayuntamiento de Madrid, se estima en un 10 % de la producción bruta
4. Estimación de la cantidad de gas natural consumido a partir de datos facilitados por la Dirección General de Sostenibilidad y Agenda 21 del Ayuntamiento de Madrid, o estimables a través de los rendimientos eléctricos de un proceso de cogeneración típico (35% sobre consumo energético de combustible)

2.4 CONSUMO DE ENERGÍA FINAL

Se ha considerado el consumo de energía final en cada uno de los sectores:

- Sector R&C&I (Sector residencial, comercial e institucional)
- Sector industria
- Sector transporte por carretera
- Sector otros modos de transporte (transporte no de carretera)
- Sector tratamiento de residuos

A su vez, las fuentes energéticas son:

- Biomasa
- Carbón
- Hidrógeno
- Biodiésel
- Bioetanol
- Productos petrolíferos (mezclados o no con biocarburantes)
- Electricidad
- Energía solar térmica
- Energía geotérmica

Por otra parte, no se ha considerado ningún tipo de pérdidas en el almacenamiento, transporte y distribución de las distintas formas de energía final. Aunque en operaciones como el repostaje, la distribución y el almacenamiento de combustibles líquidos, sólidos o gaseosos, así como en el transporte de la energía eléctrica, se producen pérdidas, se ha decidido no imputarlas al municipio de Madrid puesto que su cuantificación detallada depende de información no disponible, como las características de cada instalación y la operabilidad en las mismas.

A continuación se realiza una descripción de cada uno de los sectores consumidores de energía, incluyendo la relación con las emisiones de contaminantes atmosféricos que se generan en los mismos, para ligar el consumo energético con el inventariado de emisiones.

2.4.1 Sector R&C&I

En él se recoge el consumo energético del sector doméstico (hogares), sector comercial (pequeños comercios y grandes superficies comerciales) y sector institucional y servicios (edificios de oficinas, administraciones públicas, etc.). Las emisiones de contaminantes atmosféricos que se generan en este sector se engloban dentro del denominado grupo SNAP¹⁵ 02 (plantas de combustión no industrial). Dicho grupo SNAP, no tiene en cuenta las emisiones

¹⁵ Selected Nomenclature for Air Pollution. Nomenclatura empleada para la estimación de las emisiones y que agrupa las distintas actividades emisoras de contaminantes a la atmósfera en once grupos que, a su vez, se dividen en subgrupos y estos engloban un conjunto de actividades. Está estandarizada a nivel europeo y es la empleada en el Inventario Nacional de Emisiones y en el Inventario de Emisiones de la Ciudad de Madrid

derivadas del consumo de energía eléctrica, dado que esas emisiones se producen en los centros de transformación de energía -centrales térmicas- que se enmarcan en el grupo SNAP 01 (combustión en la producción y transformación de energía, concretamente en SNAP 01.01, centrales termoeléctricas).

Las fuentes energéticas consumidas en el sector R&C&I se recogen a continuación, detallando el proceso de cálculo y estimación de cada consumo:

Biomasa

Dato proporcionado por los distribuidores comerciales. En el caso del año 2006, dato proporcionado por CALORDOM

Carbón

Dato estimado a partir del número de calderas de carbón existentes en 2006 facilitado por la Dirección General de Calidad, Control y Evaluación Ambiental y aplicando un factor de consumo por caldera, deducido del Inventario de Emisiones de la ciudad de Madrid, en 1999 (0,02583 ktep/caldera)

Productos petrolíferos

- GLPs. Se estima mediante el porcentaje de consumo por sectores en el año 2003 y extrapolándolo al consumo total de GLPs en cada año. En 2006, un 99 % en el sector R&C&I
- Gasóleo C. Se estima a partir del dato facilitado por CLH aplicando el porcentaje que supone el sector R&C&I, sobre el total de gasóleo C en el año 2003 (un 90 %)

Gas natural

La estimación del consumo de gas natural en el sector R&C&I conlleva los siguientes pasos:

1. A las importaciones de gas natural se le resta su consumo en el sector del transporte por carretera (dato procedente de EMT y CNE)
2. Esta cantidad de gas natural, se distribuye por sectores finales de consumo de acuerdo a los porcentajes de consumo del año 2003 (74 % para el sector R&C&I, excluido el sector del transporte por carretera)
3. El consumo de gas natural como energía final en el sector es la cantidad anterior menos el consumo de gas natural en cogeneraciones dentro del sector R&C&I¹⁶ (que supone el 24 % del total de consumo en cogeneración)

Electricidad procedente de la red

Dato recogido en el Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid.

Electricidad autogeneradores

Corresponde con los autoconsumos de las instalaciones de cogeneración en el sector.

¹⁶ Este consumo de gas natural en cogeneración no computa como energía final, puesto que así lo hará la electricidad producida

Energía Solar Térmica¹⁷

La energía térmica producida es igual a la consumida.

Energía Geotérmica^{18 19}

La energía térmica producida es igual a la consumida.

2.4.2 Industria

Este apartado incluye el consumo energético en la industria. Las emisiones procedentes del consumo de combustibles en este sector se enmarcan dentro del grupo SNAP 03 (plantas de combustión industrial, del que se excluyen las emisiones derivadas de procesos no energéticos). Este grupo SNAP 03 recoge las emisiones derivadas de la quema de combustibles en procesos de cogeneración, pero no incluye las emisiones procedentes del consumo de energía eléctrica en la industria, que al igual que en el caso anterior, se engloban dentro del grupo SNAP 01.

Las principales fuentes energéticas consumidas en el sector industrial, que se recogen en esta metodología de balance energético, son:

Biomasa²⁰

El dato debe ser proporcionado por los distribuidores comerciales de biomasa.

Carbón²¹

Su consumo se podría estimar mediante los datos facilitados por los propios distribuidores comerciales o por las industrias que lo consumiesen.

Productos petrolíferos:

- GLPs. Se aplica el porcentaje de consumo de GLPs en la industria en el año 2003 (un 1 %), al total de GLPs consumido como energía final
- Fuelóleo. Dato facilitado por CLH
- Gasóleo C. Se estima a partir del dato facilitado por CLH. Se aplica el porcentaje que supone el sector industria, sobre el total de gasóleo C en el año 2003 (un 10 %)

Gas natural

Proceso de cálculo análogo al descrito para el sector R&C&I, empleando el porcentaje de consumo de gas natural en la industria en el año 2003 (un 26 %, excluido el sector del

¹⁷ Se computa esta forma de energía térmica por ser de generación propia del municipio y por no obtenerse a partir de fuentes combustibles externas

¹⁸ A fecha de elaboración del presente informe, no consta ninguna instalación de este tipo pero sí existen proyectos piloto en desarrollo

¹⁹ Se computa esta forma de energía térmica por ser de generación propia del municipio y por no obtenerse a partir de fuentes combustibles externas

²⁰ A fecha de elaboración del presente informe, no consta ningún consumo de biomasa en la industria dentro del municipio de Madrid

²¹ A fecha de elaboración del presente informe, no consta ningún consumo de carbón en la industria aunque sí existieron en el pasado

transporte por carretera) y deduciendo el gas natural consumido en las cogeneraciones industriales (76 % del consumo en cogeneración).

Electricidad procedente de la red

Dato procedente del Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid.

Electricidad autogeneradores

Corresponde con los autoconsumos de las instalaciones de cogeneración en el sector, estimado en un 10 % de la producción bruta.

Energía Solar Térmica²²

La energía térmica producida es igual a la consumida.

Energía Geotérmica²³

La energía térmica producida es igual a la consumida.

2.4.3 Transporte por carretera

Agrupa el consumo energético, principalmente de carburantes, de todo tipo de vehículos circulando por carretera (turismos, camiones, autobuses, motocicletas, etc.). Las emisiones procedentes de este consumo de combustible se agrupan en el grupo SNAP 07.

Las fuentes energéticas en este sector y la información disponible se relacionan a continuación:

Hidrógeno

El hidrógeno se consume en la flota de autobuses de la EMT, siendo ésta quien proporciona el dato, en caso de que lo hubiera.

Biodiésel, B100

El consumo de biodiésel procede de la flota municipal de la EMT y del biodiésel que contenga el Gasóleo A expedido en las estaciones de servicio. Coincide con el dato de importación de biodiesel.

Gas natural

Información proporcionada por la EMT. En el año 2006 el consumo de gas natural en el sector se llevó a cabo en autobuses de la EMT. A partir de 2007, se tiene constancia de la existencia de taxis funcionando con gas natural que, ante la ausencia de estaciones de servicio que lo dispensen, recurren a las de la EMT.

Electricidad²⁴

Actualmente no hay consumo de electricidad en este sector.

²² Se computa esta forma de energía térmica por ser de generación propia del municipio y por no obtenerse a partir de fuentes combustibles externas

²³ Se computa esta forma de energía térmica por ser de generación propia del municipio y por no obtenerse a partir de fuentes combustibles externas

²⁴ Posibilidad de consumo de electricidad de vehículos eléctricos en un futuro

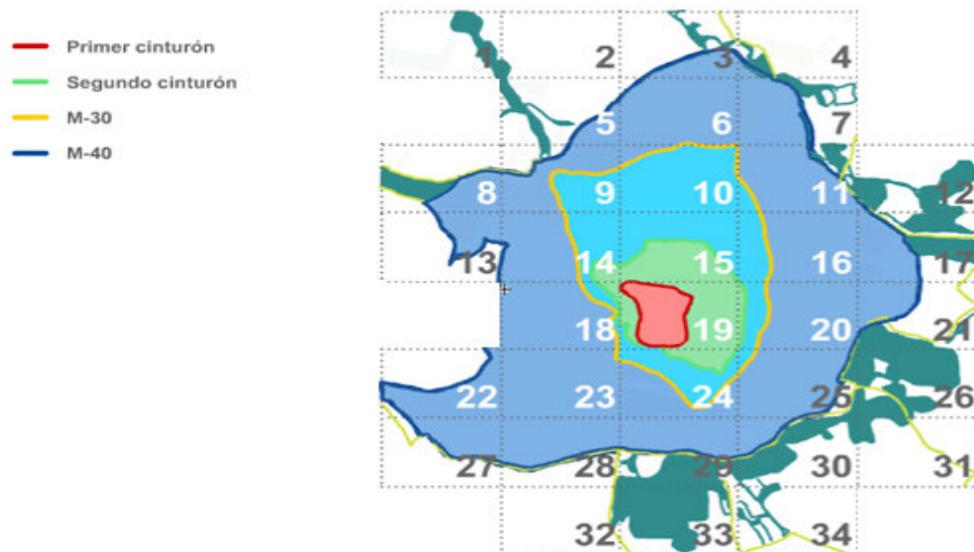
Productos petrolíferos mezclados o no con biocarburantes

El consumo de productos petrolíferos en el sector tiene dos alternativas para su estimación:

- a. A partir de datos facilitados por CLH, para gasóleo y gasolina, y a partir de datos facilitados por la CNE, para GLPs. Los datos facilitados por CLH, permiten calcular el gasóleo A, la gasolina, el MTBE, el ETBE, el biodiésel y el bioetanol, expedidos en las estaciones de servicio del municipio (coinciden con las importaciones al considerarse las pérdidas nulas). No obstante, en cada año, se debe corroborar si los consumos de la EMT están o no dentro de lo que distribuye CLH, por si tienen que ser aditivos o no²⁵
- b. Estimación de valores a partir del software Copert4. La aplicación de esta herramienta informática, respaldada por la Comisión Europea, permite estimar el consumo de gasolinas, gasóleos y GLPs en el sector. Se ha realizado el cálculo dividiendo el municipio en las zonas definidas en la Figura 11, de acuerdo con la zonificación realizada por la Dirección General de Movilidad del Ayuntamiento. Para la aplicación del *software*, es preciso disponer de información relativa a varios parámetros, entre los que destacan:
 1. Velocidades medias en los desplazamientos dentro de cada zona y entre cada una de las zonas definidas dentro del municipio (Figura 11)
 2. Kilometraje recorrido en cada tipo de trayecto (dentro de una zona y entre zonas)
 3. Tipo de vehículo circulante en cada zona (ligeros, pesados, autobuses y taxis)
 4. Parque de vehículos circulante (por tipo de vehículo, carburante, cilindrada y tecnología). Al no disponer de la distribución del parque de vehículos circulante en el municipio de Madrid, se ha considerado el parque de vehículos nacional
 5. Temperaturas medias mensuales máximas y mínimas
 6. Características de los combustibles empleados

El cálculo del consumo de combustible a través de este *software* permite comparar los resultados de consumo por el recorrido de los vehículos, con el suministro de combustible en las estaciones de servicio del municipio, y analizar sus diferencias.

²⁵ En el año 2006 se ha considerado que el gasóleo A consumido por los autobuses de la EMT está dentro de canal de distribución de CLH



Fuente: http://www.madridmovilidad.es/imd/planos_data.asp

Figura 11. Zonificación del municipio de Madrid

2.4.4 Otros modos de transporte

Este sector aglutina el consumo energético de otros modos de transporte distintos al transporte por carretera como son: transporte marítimo, aéreo y por ferrocarril (tren, metro, tranvía), maquinaria móvil (no de carretera) utilizada en obra civil, industria y agricultura. Las emisiones generadas en estas actividades se agrupan en el grupo SNAP 08. Al igual que en los casos anteriores, las emisiones debidas al consumo de energía eléctrica no se computan en el grupo SNAP 08, si no que se contabilizan en la generación de energía eléctrica, en el grupo SNAP 01.

En este sector, que engloba diversos modos de transporte, las principales formas de energía final consumidas, junto con su forma de estimación, son:

Productos petrolíferos (gasóleos, queroseno) mezclados o no con biocarburantes (ETBE, MTBE, biodiésel y bioetanol)

- Gasóleo B. Dato facilitado por CLH (coincide con el valor de las importaciones, al considerarse las pérdidas nulas)
- Queroseno consumido en el transporte aéreo. Dato facilitado por CLH. Estrictamente, no se puede considerar que todo el queroseno importado por el municipio y que se suministra en los aeropuertos de Cuatro Vientos y Barajas, sea consumido dentro del municipio, dado que la mayor parte se empleará fuera de sus límites territoriales. Por tanto, el consumo a considerar en el municipio de Madrid es el debido a las operaciones de aterrizaje y despegue, para lo cual es necesario disponer de la siguiente información:
 1. Ciclos de aterrizaje y despegue en los aeropuertos del municipio por tipo de avión (datos facilitados por Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea, AENA)

2. Consumo de combustible en el ciclo CAD por tipo de avión (tipo de motor). Datos accesibles en el Banco de Datos de la OACI (Organización Internacional de Aviación Civil)

El cálculo consiste en la suma de las multiplicaciones de los ciclos por los consumos para cada ciclo, por tipo de avión

Electricidad procedente de la red²⁶

Dato recogido en el Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid

2.4.5 Tratamiento de residuos

En este apartado se recogen todas aquellas actividades relacionadas con la gestión de residuos, así como el consumo energético que en ellas se realiza. Las emisiones procedentes de estas actividades quedan agrupadas en el grupo SNAP 09, a excepción de las derivadas del consumo eléctrico no autoproducido, que computan en el grupo SNAP 01.

El consumo de fuentes de energía final queda reducido al consumo de electricidad en las EDAR, dado que son las únicas instalaciones de tratamiento de residuos que no logran autoabastecerse con su propia generación de energía eléctrica.

En estas actividades, también se pueden producir consumos de ciertos combustibles como fuente auxiliar en procesos de co-combustión para generación de energía eléctrica. Sin embargo, en este caso los combustibles no serán computados como energía final, al formar parte de un proceso de transformación energética, contabilizándose sólo la electricidad producida.

La energía eléctrica consumida, por tanto y según la metodología de este balance, queda dividida en dos aspectos:

Electricidad procedente de la red

Se produce en las EDAR, dado que son las únicas instalaciones de tratamiento de residuos que no logran autoabastecerse con su propia generación de energía eléctrica. Dato recogido en el Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid

Electricidad de los autogeneradores

Corresponde con los autoconsumos de las instalaciones generadoras de energía eléctrica del sector: incineración, aprovechamiento del biogás de vertedero y de biometanización, etc. Metodología de cálculo descrita previamente.

²⁶ Consumo eléctrico de trenes, cercanías y metro

3 BALANCE ENERGÉTICO DEL AÑO 2006

En este apartado se aplica la metodología del balance energético expuesta con anterioridad al año 2006, siguiendo la siguiente estructura:

Resultados generales

Se recogen, de forma agregada, los resultados de cada uno de los grandes bloques a estudio: fuentes energéticas externas (importaciones), fuentes energéticas propias/generación de energía y consumo de energía final. Se realiza una comparación con los datos generales del anterior balance del municipio de Madrid para el año 2003 y se confronta la situación del municipio con respecto al conjunto del país

Resultados desagregados

Se muestran de forma detallada para cada uno de los bloques. Adicionalmente, se realizan dos estudios comparativos:

- una comparación del consumo de energía final en el sector de transporte por carretera obtenido mediante la aplicación del software Copert4, frente al dato de distribución en las estaciones de servicio
- una comparación de las importaciones de combustible, destinadas a satisfacer la demanda de los aeropuertos del municipio, con el consumo de combustible realizado en los ciclos de aterrizaje y despegue de las aeronaves (los únicos consumos atribuibles al municipio).

3.1 RESULTADOS GENERALES

La Tabla 16 resume las importaciones de energía y la generación primaria²⁷ que se produjeron en el municipio de Madrid los años 2003 y 2006.

Tabla 16. Importaciones energéticas frente a fuentes energéticas propias, en el municipio de Madrid. Resultados agregados. Años 2003 y 2006

Energía	Año 2006		Año 2003	
	ktep	%	ktep	%
Importaciones ²⁸	5.759,11	97,44%	5.791,80	98,17%
Fuentes Primarias Propias	151,38	2,56%	108,10	1,83%
Suma	5.910,49	100,00%	5.899,90	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, Juntas de distrito del Ayuntamiento de Madrid, Unidad técnica de licencias de primera ocupación y funcionamiento del Ayuntamiento de Madrid, MITYC, CNE, Canal de Isabel II (CYII), AEVERSU, Inventario Nacional de Emisiones (MMA, 2007) y Las Lomas-TIRMADRID.

Las importaciones energéticas han disminuido en el período analizado, mientras que las fuentes primarias propias han aumentado. En este sentido es importante resaltar, la diferencia

²⁷ Este dato recoge, en unidades energéticas, la producción de RSU destinado a incinerar, la producción de biogás de vertedero, biometanización y EDAR, la producción solar fotovoltaica, la producción solar térmica, la producción de residuos aceites usados empleados en cogeneración y la producción geotérmica (si se presentasen en el año objeto de estudio)

²⁸ Incluye las importaciones de queroseno destinadas a los aeropuertos de Barajas y Cuatro Vientos

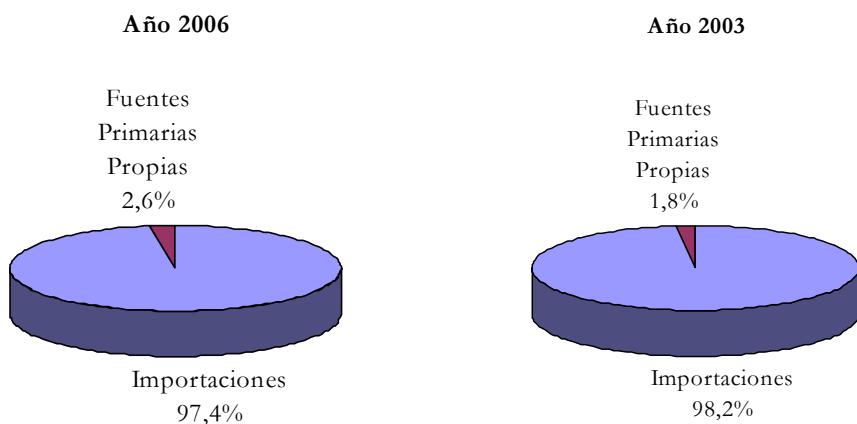
entre los valores de poderes caloríficos empleados para los RSU²⁹ en el balance actual (año 2006) y los utilizados para el balance del año 2003 (Tabla 17).

Tabla 17. Poderes caloríficos utilizados para la estimación de consumo de energía primaria. Años 2003 y 2006

Fuente Energética	Año 2006 tep/t	Año 2003 tep/t
RSU	0,349	0,233
Biogás ³⁰	0,506	0,506

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de AEVERSU, Las Lomas-TIRMADRID e Inventario Nacional de Emisiones (MMA, 2007).

La Figura 12 refleja un aumento porcentual en el consumo de fuentes primarias propias, frente a las importaciones, entre los balances de 2006 y 2003. No obstante, este dato debe analizarse teniendo en cuenta la diferencia en el valor de los poderes caloríficos considerados en ambos años, dado que, por ejemplo, las toneladas de RSU incineradas son menores en 2006 (284.335 t) que en 2003 (295.650 t), pero el poder calorífico empleado es mayor.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 16.

Figura 12. Consumo de energía en el municipio de Madrid. Fuentes propias e importaciones. Años 2003 y 2006³¹

3.1.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones

La Tabla 18 muestra el resumen de las importaciones energéticas en el municipio de Madrid en 2006 y su comparación con los valores de 2003, incluyendo el denominado “efecto Barajas”, es decir, considerando las importaciones de queroseno totales que se suministran a los aeropuertos.

Las importaciones totales han disminuido un 1% y su distribución por tipo de fuente sigue siendo similar a la del año 2003. Los productos petrolíferos siguen siendo mayoritarios,

²⁹ Los datos de poder calorífico del RSU a incinerar dependen de la composición del residuo. En el balance del año 2006 se ha tomado el valor recogido en la página Web de AEVERSU para la planta de Las Lomas-TIRMADRID, 3.500 Kcal/kg

³⁰ Los datos del poder calorífico del biogás dependen de su composición y por tanto de su origen. En el balance del año 2006 se ha tomado un valor de 21,17 GJ/t y una densidad de 1,2 kg/Nm³, datos procedentes del Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera 1990-2005 (MMA, 2007)

³¹ Datos no comparables directamente al haberse considerado metodologías distintas (distintos valores de poderes caloríficos para los RSU)

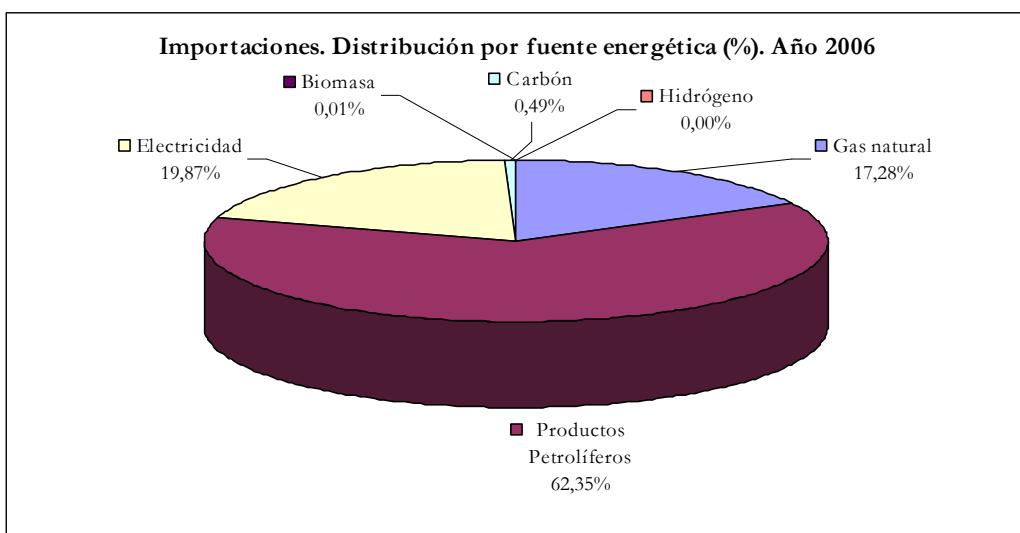
aunque se ha producido un ligero descenso de consumo (3%) y de contribución al total. En cambio, el consumo de electricidad ha aumentado un 9,9%, mientras que el de gas natural se ha mantenido prácticamente constante.

Tabla 18. Importaciones energéticas en el municipio de Madrid. Resultados agregados. Años 2003 y 2006

Fuente energética	Año 2006		Año 2003	
	ktep	%	ktep	%
Gas natural	995,45	17,28%	995,90	17,19%
Productos Petrolíferos³²	3.590,25	62,35%	3.702,00	63,92%
Electricidad	1.144,44	19,87%	1.041,50	17,98%
Carbón	28,44	0,49%	52,40	0,90%
Biomasa	0,30	0,01%	0,00	0,00%
Hidrógeno	0,00	0,00%	0,00	0,00%
TOTAL	5.759,11	100,00%	5.791,80	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, MITyC, AOGLP, CLH, APPA, CALORDOM, CNE, EMT, CORES y Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid.

La Figura 13 representa la distribución por tipo de fuente importada, en el año 2006, mientras que la Figura 14 representa la comparación entre el año 2003 y el 2006.

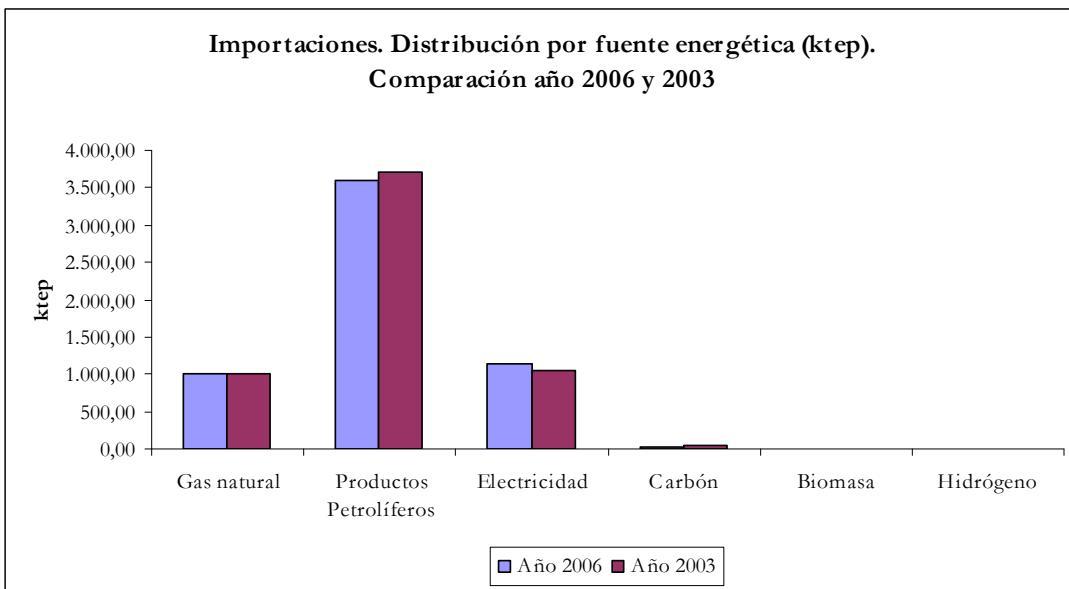


Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 18.

Figura 13. Importaciones en el municipio de Madrid. Distribución por fuente energética en 2006 (%)

En la Figura 15 se recoge la comparación, en valores absolutos, entre las cifras del año 2006 y del año 2003.

³² Se incluye el queróseno suministrado a los aeropuertos del municipio. Para el año 2006 se incluyen también el MTBE, el ETBE, y los biocarburantes que se mezclan con los productos petrolíferos, biodiésel y bioetanol



Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 18.

Figura 14. Importaciones energéticas en el municipio de Madrid. Años 2003 y 2006

3.1.2 Fuentes energéticas propias. Generación de energía

En lo que respecta a la generación de energía en el municipio, la cantidad total generada ha disminuido un 7,8% en 2006 respecto a 2003, debido al descenso sufrido por la cogeneración y a la desaparición del aprovechamiento energético de los aceites usados.

Tabla 19. Generación de Energía en el municipio de Madrid. Resultados agregados. Años 2003 y 2006

Fuente energética ³³	Año 2006		Año 2003	
	ktep	%	ktep	%
Residuos Industriales	0,00	0,00%	3,60	4,63%
RSU Incineración	18,57	25,90%	14,00	17,99%
Biogás ³⁴	14,26	19,89%	13,30	17,10%
Solar Fotovoltaica	0,12	0,17%	0,10	0,13%
Cogeneración ³⁵	36,53	50,95%	46,50	59,77%
Solar Térmica	2,22	3,10%	0,30	0,39%
TOTAL	71,70	100,00%	77,80	100,00%

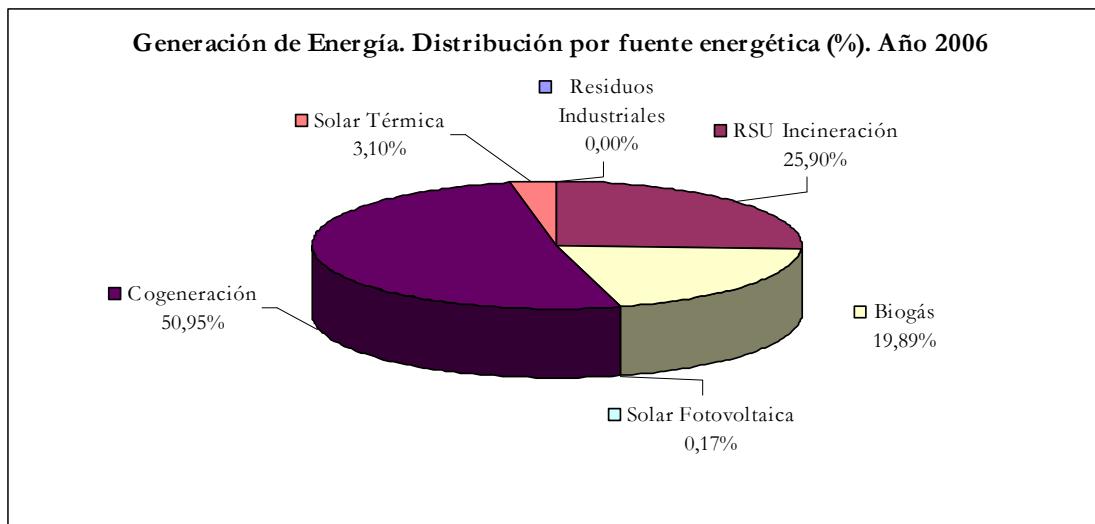
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, Juntas de distrito del Ayuntamiento de Madrid, Unidad técnica de licencias de primera ocupación y funcionamiento del Ayuntamiento de Madrid, MITYC, CNE, Canal de Isabel II (CYII), AEVERSU y Las Lomas-TIRMADRID.

³³ Hace referencia a la producción de energía eléctrica total, incluyendo los autoconsumos de las instalaciones generadoras. En el caso de la solar térmica, se incluye la producción de energía térmica

³⁴ El aprovechamiento del biogás incluye el procedente de vertedero, el biogás procedente de la biometanización de RSU (nulo en 2006) y el biogás procedente de la digestión de lodos de EDAR

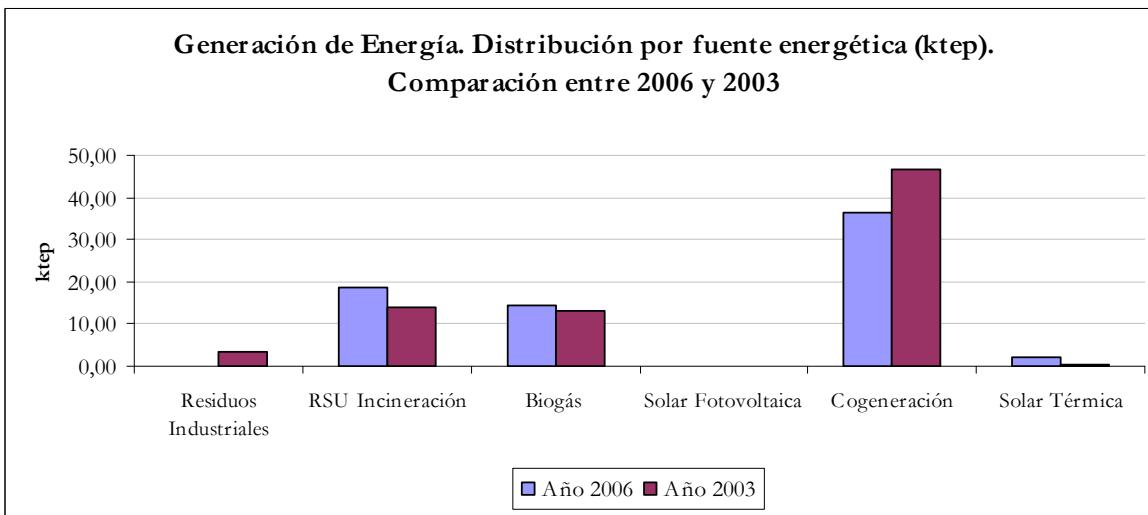
³⁵ Cogeneración en el sector R&C&I, en la industria y en el secado de lodos de EDAR

La Tabla 19 y la Figura 15 muestran la distribución de la generación por fuentes energéticas, revelando la importancia de la cogeneración, que supone un 51% del total de energía generada, aunque, como se ha comentado, su contribución al total ha descendido un 21,4% en el período 2003-2006. Sin embargo, la generación a partir de residuos (incineración y quema de biogás) ha aumentado un 20,3% suponiendo en 2006 un 45,8% del total de generación. La energía solar (térmica y fotovoltaica) sigue suponiendo un porcentaje pequeño (3,27%) aunque ha crecido un 485% en el período analizado.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 19.

Figura 15. Generación de energía en el municipio de Madrid. Distribución por fuentes energéticas en 2006 (%)



Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 19.

Figura 16. Generación de energía en el municipio de Madrid mediante fuentes energéticas propias. Años 2003 y 2006

3.1.3 Generación de energía eléctrica mediante fuentes propias frente a importaciones de electricidad

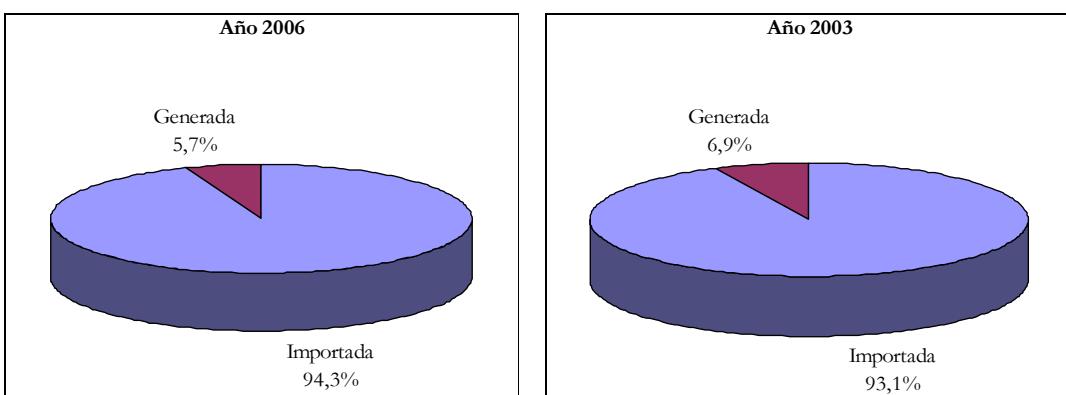
La electricidad consumida en el municipio de Madrid proviene, fundamentalmente, del exterior. La Tabla 20 y la Figura 17 muestran que el porcentaje de energía eléctrica generada en

el municipio ha disminuido del 6,9% en 2003 al 5,7% en 2006. Esto es debido a la disminución del 10,4% de la generación de electricidad en Madrid en términos absolutos, atribuible a la disminución de la generación mediante cogeneración, mientras que la cantidad total consumida ha aumentado un 8,5%.

Tabla 20. Distribución de la energía eléctrica consumida en el municipio de Madrid. Generación propia frente a Importación. Años 2003 y 2006

Electricidad	Año 2006		Año 2003	
	ktep	%	ktep	%
Importada	1.144,34	94,28%	1.041,50	93,07%
Generada	69,47	5,72%	77,50	6,93%
Consumo TOTAL	1.213,81	100,00%	1.119,00	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, Juntas de distrito del Ayuntamiento de Madrid, Unidad técnica de licencias de primera ocupación y funcionamiento del Ayuntamiento de Madrid, MITYC, CNE, Canal de Isabel II (CYII), AEVERSU y Las Lomas-TIRMADRID.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 20.

Figura 17. Consumo de energía eléctrica en el municipio de Madrid. Generación e importaciones. Años 2003 y 2006

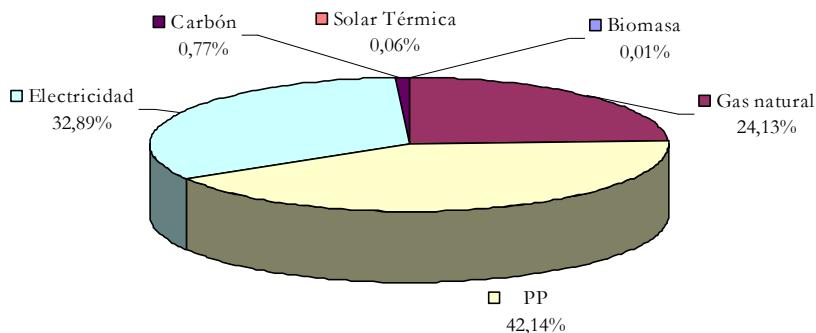
3.1.4 Consumo de energía final

En lo que se refiere al consumo de energía final, la Tabla 21 pone de manifiesto una disminución de un 8,3% en el período 2003-2006, debida a la reducción del consumo total de productos petrolíferos (21,7%). En cambio, el consumo final de electricidad y gas natural ha aumentado (un 8,5 y un 2,6%, respectivamente), pasando a tener una mayor participación en el “mix” de energía final consumida en el municipio.

Tabla 21. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por fuente energética. Años 2003 y 2006

Fuente energética	Año 2006		Año 2003	
	ktep	%	ktep	%
Biomasa	0,30	0,01%	0,00	0,00%
Gas natural	890,53	24,13%	867,80	21,55%
PP³⁶	1.555,27	42,14%	1.987,00	49,35%
Electricidad³⁷	1.213,81	32,89%	1.119,10	27,79%
Carbón	28,44	0,77%	52,40	1,30%
Solar Térmica	2,22	0,06%	0,30	0,01%
Geotérmica	0,00	0,00%	0,00	0,00%
Hidrógeno	0,00	0,00%	0,00	0,00%
TOTAL	3.690,56	100,00%	4.026,60	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, CLH, APPA, Registro de Productores en Régimen Especial del MITYC, CNE, CALORDOM, CORES y EMT.

Consumo de energía final. Distribución por fuente energética (%). Año 2006


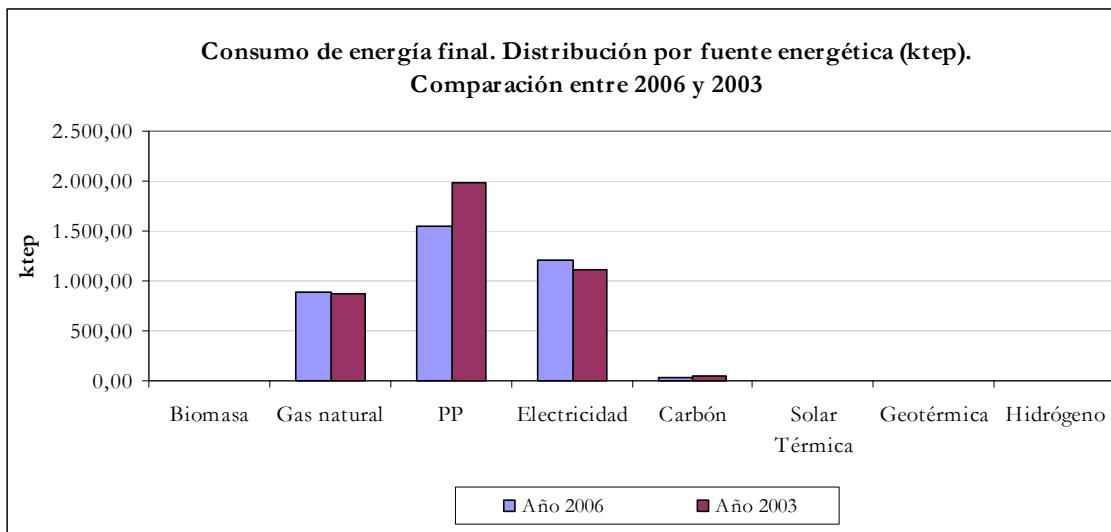
Fuente: Elaboración propia a partir de Tabla 21.

Figura 18. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por fuente energética en 2006 (%)³⁸

³⁶ En el año 2006 se incluyen dentro de los productos petrolíferos: MTBE, ETBE, biodiésel y bioetanol.

³⁷ Se incluyen los autoconsumos en las instalaciones generadoras de energía eléctrica dentro del municipio

³⁸ No se incluye en la gráfica la energía geotérmica y el hidrógeno, por presentar valores nulos en el año 2006



Fuente: Elaboración propia a partir de Tabla 21.

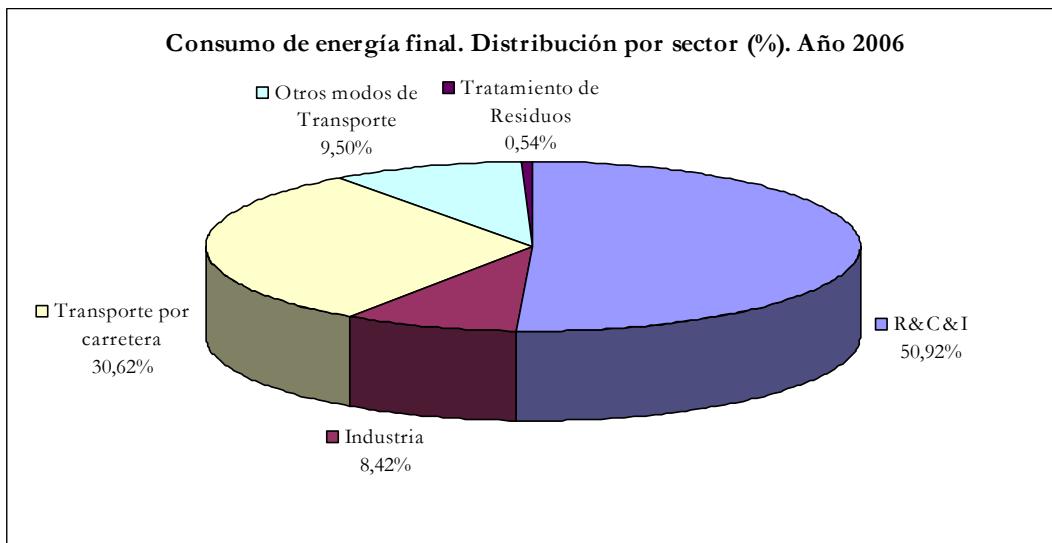
Figura 19. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por fuente energética (ktep). Años 2003 y 2006

En la Tabla 22 se recoge el desglose del consumo de energía final por sectores. Se aprecia una gran disminución del consumo en el sector del transporte por carretera (21%) conforme a datos estimados a partir del suministro de CLH, lo que explica el descenso de los productos petrolíferos en el consumo total. El sector “otros modos de transporte” sufre un aumento del consumo del 37,5% y pasa a copar un mayor porcentaje respecto al total de energía consumida. Este hecho se debe, en parte, a que en el balance del año 2006 se ha considerado el queróseno consumido en los ciclos de aterrizaje y despegue (CAD), tanto de las aeronaves que despegan de los aeropuertos de Barajas como de Cuatro Vientos, mientras que en el balance del 2003 estaba excluido el consumo de queróseno.

Tabla 22. Consumo de Energía Final en el municipio de Madrid. Distribución por sector. Años 2003 y 2006

Sector	Año 2006		Año 2003	
	ktep	%	ktep	%
R&C&I	1.879,08	50,92%	2.010,10	49,92%
Industria	310,69	8,42%	333,50	8,28%
Transporte por carretera	1.130,18	30,62%	1.428,00	35,46%
Otros modos de Transporte	350,58	9,50%	255,00	6,33%
Tratamiento de Residuos	20,02	0,54%	0,00	0,00%
TOTAL	3.690,56	100,00%	4.026,60	100,00%

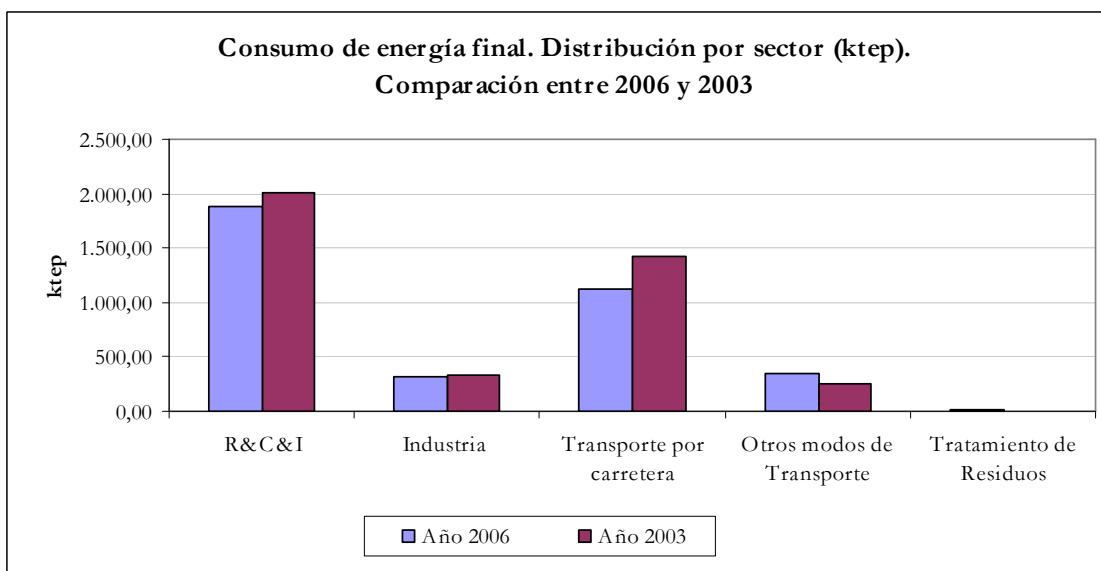
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, CLH, APPA, Registro de Productores en Régimen Especial del MITYC, CNE, CALORDOM, CORES y EMT.



Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 22.

Figura 20. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por sector en 2006 (%)

Los sectores R&C&I e industria han disminuido su consumo de energía final, pero mantienen su porcentaje aproximado de contribución al total del año 2003. El sector “tratamiento de residuos” incluye un consumo de energía final, concretamente de electricidad, al considerarse, en el balance del año 2006, la energía eléctrica que las EDAR toman de la red. También incluye los autoconsumos de las instalaciones de tratamiento de residuos que generan electricidad, tanto para autoconsumo exclusivamente (las EDAR que aprovechan su biogás), como para venta al Régimen Especial (incineración y aprovechamiento del biogás de vertedero).



Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 22.

Figura 21. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por sector (ktep). Años 2003 y 2006

3.1.5 Comparación con la situación a nivel nacional

La Tabla 23 y la Tabla 24 relacionan los consumos a nivel municipal con los del conjunto de España. Las principales conclusiones que se pueden extraer son:

- Hay diferencias significativas (Tabla 23) en la distribución del consumo de energía final por tipo de fuente. El porcentaje de consumo de productos petrolíferos es menor (42,2% frente a 60,0%), mientras que el consumo de gas natural y electricidad es superior (24,2% y 32,9% respectivamente frente a 16,6% y 21,1%)

Tabla 23. Consumo de energía final. Distribución por fuente de energía final. Comparación entre Madrid y España. Año 2006

Fuente de energía final ³⁹	Madrid (ktep)	Madrid (%)	España ⁴⁰ (ktep)	España (%)	% Madrid respecto a España
Carbón	28	0,77%	2.267	2,23%	0,00%
Productos petrolíferos ⁴¹	1.555	42,17%	60.973	60,01%	2,55%
Gas Natural	891	24,15%	16.888	16,62%	5,27%
Electricidad	1.214	32,91%	21.477	21,14%	5,65%
TOTAL	3.688	100,00%	101.605	100,00%	3,60%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recopilados para el municipio de Madrid y para los datos de España, MITyC, *La Energía en España 2006*.

Tabla 24. Consumo de Energía Final. Distribución por sector. Comparación entre Madrid y España. Año 2006

Sector consumidor de Energía Final ⁴²	Madrid (ktep)	Madrid (%)	España (ktep)	España (%)	% Madrid respecto a España
Usos Diversos ⁴³	1.877	50,88%	27.430	27,00%	6,75%
Transporte	1.481	40,15%	39.811	39,18%	3,72%
Industria ⁴⁴	331	8,97%	34.364	33,82%	0,96%
TOTAL	3.688	100,00%	101.605	100,00%	3,60%

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recopilados para el municipio de Madrid y para los datos de España, MITyC, *La Energía en España 2006*.

- El consumo de energía final por sectores también presenta diferencias (Tabla 24). Por ejemplo, el consumo del sector “usos diversos” es mayor en Madrid que en el conjunto de España (50,9% frente a 27,0%). En el caso de la industria, es mayor en España mientras que en el sector transporte, la distribución es muy similar.

Ambas diferencias, son inherentes a la propia idiosincrasia de la ciudad de Madrid, donde predomina el consumo de combustibles en el sector R&C&I (en el que se consume,

³⁹ Para poder realizar la comparación con España, se han excluido los datos de Biomasa y Solar Térmica

⁴⁰ Los datos de España excluyen energías renovables, consistente con la publicación *La Energía en España 2006*

⁴¹ Se incluyen dentro de productos petrolíferos tanto el MTBE, como el ETBE, el biodiésel y el bioetanol

⁴² Se excluyen los datos de biomasa y solar térmica para poder realizar la comparación con España

⁴³ Incluye a los sectores R&C&I y Agricultura

⁴⁴ Incluye los sectores de la industria y del tratamiento de residuos

principalmente, gas natural y electricidad) y en el sector transporte, sin apenas existir actividad industrial.

En la Tabla 25 se presenta la comparación entre Madrid y el conjunto de España, en lo referente a intensidad energética y consumo de energía final *per capita*. Adicionalmente, se recogen los datos de población, superficie y consumo de energía final. De los valores mostrados, pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- El municipio de Madrid supone el 0,12 % de la superficie nacional y por el contrario acoge el 6,93 % de la población
- El consumo *per capita* en el municipio es un 47,6% 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 11,87 %, mientras que la contribución al consumo total de energía final es del 3,63%. Por tanto, la intensidad energética es inferior a la del conjunto de España (31,7 frente a 103,6 en tep/M€).

Tabla 25. Consumo per cápita e Intensidad energética en términos de energía final. Comparación entre Madrid y España. Año 2006

	E final (ktep)	Población (hab)	Superficie (km ²)	PIB (M€ ctes. 2000)	Intensidad energética (tep E final/M€)	Consumo E final per cápita (tep/hab)
España	101.605	45.200.737	505.990	980.954 ⁴⁵	103,58	2,25
Municipio de Madrid	3.691	3.132.463	606	116.400	31,71	1,18
% de Madrid / España	3,63%	6,93%	0,12%	11,87%	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recopilados del Instituto de Estadística de la Comunidad de Madrid, Instituto Nacional de Estadística (INE) y de la publicación *Madrid Economía 2007*, del Ayuntamiento de Madrid.

⁴⁵ Según la publicación, *La Energía en España 2006*, del MITyC, el valor de PIB Nacional es de 767.400 millones de Euros y, por tanto, la intensidad energética es igual a 132,4 tep/millón de € y el consumo per cápita 2,27 tep/hab, valores que difieren de los aquí calculados empleando los datos facilitados por el Instituto Nacional de Estadística

3.2 RESULTADOS DESAGREGADOS

Una vez analizados los resultados globales del balance energético para el año 2006 y realizadas las pertinentes comparaciones con la situación nacional y con los datos del año 2003, este apartado desagrega la información por sectores y fuentes energéticas, para cada uno de los bloques definidos en la metodología del balance.

3.2.1 Fuentes energéticas externas. Importaciones

Entre las importaciones destaca la gran dependencia existente de combustibles fósiles, entre los que cabe mencionar los productos petrolíferos (62,3%). También es importante resaltar la alta participación de la energía eléctrica en las importaciones (19,9%).

Tabla 26. Importaciones energéticas en el municipio de Madrid. Año 2006

Fuente energética	ktep	%
Gas natural	995,45	17,28%
Productos Petrolíferos	3.589,18	62,32%
GLP	39,31	0,68%
Gasolinas	344,24	5,98%
Gasóleo A+B	824,05	14,31%
Gasóleo C	120,64	2,09%
Fuelóleo	1,07	0,02%
Queroseno	2.244,34	38,97%
ETBE	14,64	0,25%
MTBE	0,88	0,02%
Biodiésel	1,40	0,02%
Bioetanol	0,00 ⁴⁶	0,00%
Electricidad	1.144,54	19,87%
Carbón	28,44	0,49%
Biomasa	0,30	0,01%
Hidrógeno	0,00	0,00%
TOTAL	5.759,11	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, MITyC, AOGLP, CLH, APPA, CALORDOM, CNE, EMT, CORES y Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid.

En lo referente a la energía eléctrica importada, la Tabla 27 representa la matriz energética media en 2006 para la generación eléctrica, utilizada por las compañías suministradoras del municipio. Esta tabla ofrece información sobre las fuentes primarias de energía empleadas para generar la electricidad consumida en el municipio de Madrid como energía final. Se observa la alta participación del gas natural en ciclos combinados, que supone el 42,5% del total y la aportación nuclear en torno al 18 %. Como consecuencia de la gran aportación de los ciclos combinados, el porcentaje de generación en centrales térmicas convencionales de carbón, fuel,

⁴⁶ El consumo de bioetanol en 2006 fue de 2000 litros que equivale a 0,0011 ktep

fuel/gas y gasóleo es únicamente del 18%. La energía hidráulica supuso cerca del 15% de la generación total.

Tabla 27. Mix energético de las importaciones de energía eléctrica en el municipio de Madrid. Año 2006

Matriz de la generación de energía eléctrica	%
Hidráulica	14,75%
Nuclear	18,34%
Térmica Convencional	18,15%
Ciclos Combinados de gas natural	42,47%
Procedente del Régimen Especial	6,29%
TOTAL	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, IBERDROLA y UNIÓN FENOSA.

3.2.2 Producción primaria. Generación de energía

3.2.2.1 Fuentes energéticas propias. Producción primaria

En la Tabla 28 se recogen las distintas fuentes de energéticas primarias disponibles en el municipio de Madrid.

Tabla 28. Fuentes primarias propias aprovechables energéticamente en el municipio de Madrid. Año 2006

Producción primaria	2006		
	Valor	Unidad	Fuente primaria en ktep
Residuos Industriales	0	ktep	0,00
RSU			
INCINERACIÓN			
Toneladas de RSU a incinerar	284.335	t	99,36
VERTEDERO			
Toneladas RSU a Vertedero /BIOMASA	348.274	t	
Biogás recuperado de vertedero	44.877.114	Nm ³	27,23
BIOMETANIZACIÓN			
Toneladas de RSU biometanizado	0	t	-
Biogás procedente de biometanizado	0	Nm ³	0,00
Lodos de EDAR			
Toneladas de lodo de EDAR	382.159	t	-
Biogás procedente de EDAR	37.000.000	Nm ³	31,25
Solar Fotovoltaica	0,12	ktep	0,12
Solar Térmica	2,22	ktep	2,22
Geotérmica	0	ktep	0

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, Juntas de distrito del Ayuntamiento de Madrid, Unidad técnica de licencias de primera ocupación y funcionamiento del Ayuntamiento de Madrid, MITYC, CNE, Canal de Isabel II (CYII), AEVERSU y Las Lomas-TIRMADRID.

En términos de energía primaria, el aprovechamiento de RSU para su incineración supone la mayor contribución, seguido del aprovechamiento del biogás de vertedero y del procedente

de la digestión anaerobia de los lodos de EDAR. La aportación de la energía solar tanto térmica como fotovoltaica sigue siendo muy inferior a las del aprovechamiento de los distintos tipos de residuos.

3.2.2.2 Generación de energía eléctrica

En este apartado se recoge la generación de energía eléctrica a partir de las fuentes primarias del municipio (Tabla 29) y la producida por cogeneración (Tabla 30). La energía eléctrica vertida a la red corresponde a las ventas al Régimen Especial, que es igual a la diferencia entre la producción bruta de energía eléctrica y los autoconsumos de las propias instalaciones generadoras.

Tabla 29. Energía eléctrica producida a partir de fuentes propias en el municipio de Madrid. Año 2006

Fuentes energéticas propias	GWh			ktep		
	Bruta	Venta	Autoconsumo	Bruta	Venta	Autoconsumo
RESIDUOS INDUSTRIALES	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
RSU						
Incineración	215,98	155,73	60,26	18,57	13,39	5,18
Biogás de Vertedero	109,03	99,75	9,28	9,37	8,58	0,80
Biogás de Biometanización	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
LODOS DE EDAR						
Biogás de Metanización	56,80	0,00	56,80	4,88	0,00	4,88
SOLAR FOTOVOLTAICA	1,38	1,38	0,00	0,12	0,12	0,00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, MITYC, CNE, AEVERSU, CYII, Las LOMAS-TIRMADRID y URBASER.

Entre la generación de energía eléctrica a partir de fuentes propias destaca la producción de electricidad mediante la incineración de RSU en Las Lomas-Tirmadrid, que supone más del 50 %. A continuación, se encuentra la producción eléctrica por aprovechamiento de biogás de vertedero seguida por la de lodos de EDAR. La aportación de la energía solar fotovoltaica, no fue, en 2006, significativa. Es necesario resaltar la desaparición de la generación eléctrica por aprovechamiento de aceites usados (residuos industriales). También conviene destacar que la generación de energía eléctrica por aprovechamiento del biogás de EDAR se destina al propio autoconsumo de las plantas, siendo vendedoras al Régimen Especial, únicamente, la planta de incineración (*Las Lomas-Tirmadrid*) y la planta de aprovechamiento del biogás de vertedero (*La Galiana*).

En cuanto a los procesos de cogeneración (Tabla 30) en el municipio de Madrid cabe destacar los siguientes aspectos:

- La energía eléctrica producida por cogeneración es mayor que la producida por el aprovechamiento de fuentes propias
- La cogeneración en el secado de lodos es superior a la de los sectores industrial y R&C&I, suponiendo un 76 % del total de cogeneración
- Los autoconsumos en ambos casos se encuentran alrededor del 10 % de la producción bruta.

Tabla 30. Energía eléctrica producida a partir de procesos de cogeneración en el municipio de Madrid. Año 2006

Fuentes de generación eléctrica: cogeneración	GWh			ktep		
	Bruta	Venta	Autoconsumo	Bruta	Venta	Autoconsumo
Cogeneración industria + R&C&I	102,89	92,60	10,29	8,85	7,96	0,88
Cogeneración secado de lodos	321,91	289,48	32,43	27,68	24,89	2,79
TOTAL	424,80	382,08	42,72	36,53	32,85	3,67

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, Registro de Productores en Régimen Especial del MITYC, CNE y CYII.

En la Tabla 31 se recogen las ventas al Régimen Especial, es decir la energía eléctrica producida por las instalaciones generadoras de energía eléctrica del municipio de Madrid y que se vierte a la red de distribución.

Tabla 31. Energía eléctrica vendida al Régimen Especial en el municipio de Madrid. Año 2006

Fuentes energéticas	GWh	ktep	%	Autoconsumos, ktep
Residuos Industriales	0,00	0,00	0,00%	0,00
RSU	255,48	21,97	39,98%	6,36
INCINERACIÓN	155,73	13,39	24,37%	5,56
Biogás VERTEDERO	99,75	8,58	15,61%	0,80
Biogás de BIOMETANIZACIÓN	0,00	0,00	0,00%	0,00
Lodos de EDAR	0,00	0,00	0,00%	4,88
Biogás de Metanización	0,00	0,00	0,00%	4,88
Solar Fotovoltaica	1,38	0,12	0,22%	0,00
Cogeneración	382,08	32,85	59,80%	3,65
Cogeneración industria + R&C&I	92,60	7,96	14,49%	0,88
Cogeneración secado de lodos	289,48	24,89	45,31%	2,77
TOTAL	637,69	54,83	100,00%	14,89

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, Registro de Productores en Régimen Especial del MITYC, CNE y CYII.

La cogeneración supone el 59,8 % de las ventas de electricidad al Régimen Especial, mientras que el aprovechamiento energético de los residuos, el 40,0 %. Dentro de la cogeneración, es la producida en el secado de lodos, la que tiene una mayor presencia en las ventas, copando el 45,4 % del total de la energía vertida a la red por los productores del municipio.

3.2.2.3 Generación de energía térmica

En este apartado se recoge la generación de energía térmica en el municipio de Madrid, como la suma de energía solar y geotérmica. Estas fuentes no generan energía eléctrica, sino que la energía térmica generada es consumida directamente en los sectores finales de consumo.

Estos son los únicos consumos térmicos considerados en el balance, para poner de manifiesto la generación de energía mediante una fuente renovable propia, que podría sustituir a la generación de energía térmica mediante la combustión de fuentes fósiles en los sectores R&C&I e industrial, por ejemplo. Además, esta forma de producción de energía ha adquirido especial relevancia desde la aprobación del Código Técnico de la Edificación (CTE) y las Ordenanzas Municipales de Generación Solar.

En la Tabla 32 se puede apreciar la generación térmica por vía solar en 2006, 2,22 ktep, y la producción nula de la geotérmica.

Tabla 32. Energía térmica generada en el municipio de Madrid. Año 2006

Fuentes energéticas	ktep
Solar Térmica	2,22
Solar Geotérmica	0,00

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, Juntas de distrito del Ayuntamiento de Madrid y Unidad técnica de licencias de primera ocupación y funcionamiento del Ayuntamiento de Madrid.

3.2.3 Consumo de energía final

En las tablas 26 a 28 se recoge un desglose pormenorizado del consumo de energía final, tanto por sectores, como por fuente energética.

Tabla 33. Consumo de energía final (en ktep) en el municipio de Madrid. Año 2006

Fuentes energéticas (ktep)	R&C&I	Industria	Transporte	Transporte no de carretera	Tratamiento de Residuos	TOTAL
Biomasa	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30
Gas natural	725,79	158,69	6,05	0,00	0,00	890,53
PP	144,32	12,93	1.122,73	273,88	0,00	1.553,87
GLP	36,12	0,32	2,88	0,00	0,00	39,31
Gasolinas	0,00	0,00	344,24	0,00	0,00	344,24
Gasóleo A	0,00	0,00	760,10	0,00	0,00	760,10
Gasóleo B	0,00	0,00	0,00	63,95	0,00	63,95
Gasóleo C	108,20	12,45	0,00	0,00	0,00	120,64
Fuelóleo	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,17
Queroseno	0,00	0,00	0,00	209,93	0,00	209,93
ETBE	0,00	0,00	14,64	0,00	0,00	14,64
MTBE	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,88
Biodiésel	0,00	0,00	1,40	0,00	0,00	1,40
Bioetanol	0,00	0,00	0,00⁴⁷	0,00	0,00	0,00
Electricidad	978,01	139,07	0,00	76,70	20,02	1.213,81
Electricidad (red)	977,80	138,40	0,00	76,70	6,37	1.199,27
Electricidad (autoconsumos en generadores)	0,21	0,67	0,00	0,00	13,65	14,54
Carbón	28,44	0,00	0,00	0,00	0,00	28,44
Solar Térmica	2,22	0,00	0,00	0,00	0,00	2,22
Geotérmica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hidrógeno	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	1.879,08	310,69	1.130,18	350,58	20,02	3.690,56

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid, CLH, APPA, Registro de Productores en Régimen Especial del MITYC, CNE, CALORDOM, CORES y EMT.

⁴⁷ El consumo de bioetanol en 2006 fue de 2000 litros que equivale a 0,0011 ktep

Tabla 34. Consumo de energía final (en %) en el municipio de Madrid. Año 2006

Fuentes energéticas (%)	R&C&I	Industria	Transporte	Transporte no de carretera	Tratamiento de Residuos	TOTAL
Biomasa	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%
Gas natural	38,62%	51,08%	0,54%	0,00%	0,00%	24,13%
PP	7,68%	4,16%	99,34%	78,12%	0,00%	42,10%
GLP	1,92%	0,10%	0,25%	0,00%	0,00%	1,07%
Gasolinas	0,00%	0,00%	30,46%	0,00%	0,00%	9,33%
Gasóleo A	0,00%	0,00%	67,25%	0,00%	0,00%	20,60%
Gasóleo B	0,00%	0,00%	0,00%	18,24%	0,00%	1,73%
Gasóleo C	5,76%	4,01%	0,00%	0,00%	0,00%	3,27%
Fuelóleo	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Queroseno	0,00%	0,00%	0,00%	59,88%	0,00%	5,69%
ETBE	0,00%	0,00%	1,30%	0,00%	0,00%	0,40%
MTBE	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%	0,00%	0,02%
Biodiésel	0,00%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,04%
Bioetanol	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Electricidad	52,05%	44,76%	0,00%	21,88%	100,00%	32,89%
Electricidad (red)	52,04%	44,55%	0,00%	21,88%	31,82%	32,50%
Electricidad (autoconsumos en generadores)	0,01%	0,22%	0,00%	0,00%	68,18%	0,39%
Carbón	1,51%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,77%
Solar Térmica	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,06%
Geotérmica	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Hidrógeno	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%

Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 33.

Tabla 35. Consumo de energía final en el municipio de Madrid. Distribución por sector (%). Año 2006

%	R&C&I	Industria	Transporte	Transporte no de carretera	Tratamiento de Residuos	TOTAL
Biomasa	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Gas natural	81,50%	17,82%	0,68%	0,00%	0,00%	100,00%
PP	9,29%	0,83%	72,25%	17,63%	0,00%	100,00%
GLP	91,87%	0,81%	7,32%	0,00%	0,00%	100,00%
Gasolinas	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Gasóleo A	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Gasóleo B	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
Gasóleo C	89,68%	10,32%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Fuelóleo	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Queroseno	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	100,00%
ETBE	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
MTBE	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Biodiésel	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Bioetanol	0,00%	0,00%	100,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Electricidad	80,57%	11,46%	0,00%	6,32%	1,65%	100,00%
Electricidad (red)	81,53%	11,54%	0,00%	6,40%	0,53%	100,00%
Electricidad (autoconsumos en generadores)	1,45%	4,63%	0,00%	0,00%	93,91%	100,00%
Carbón	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Solar Térmica	100,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	100,00%
Geotérmica	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Hidrógeno	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL	50,92%	8,42%	30,62%	9,50%	0,54%	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de la Tabla 33.

3.2.4 Cálculo del consumo de energía final en el sector transporte por carretera

En este apartado se realiza una comparación entre los datos de consumo obtenidos a partir de los valores suministrados por los distintos distribuidores de combustibles en este sector (principalmente CLH) y los consumos estimados a través de Copert4.

Los resultados se muestran en la Tabla 36 y se puede concluir que si bien se obtienen valores similares de consumo total de productos petrolíferos en el sector del transporte por carretera, por ambos métodos, la distribución por combustible empleado es muy distinta. En el caso de la estimación realizada con Copert4, los consumos de gasóleo A son superiores, mientras que los de gasolina son muy inferiores. Estas diferencias se deben a las consideraciones asumidas a la hora de aplicar el software. Por falta de información, se ha tenido que emplear la distribución de vehículos por tipo de combustible, por cilindrada y por tecnología, del parque español en 2005.

Tabla 36. Consumo de energía final en el sector transporte en el municipio de Madrid. Comparación de resultados. Año 2006.

Consumo en ktep	Copert4	%	Datos de EE.SS. y distribuidores	%
GLPs	5,43	0,68%	2,88	0,26%
Gasolina	200,70	9,33%	359,76	32,04%
Gasóleo A	851,11	90,00%	760,10	67,70%
TOTAL	1.057,24	100,00%	1.122,73	100,00%

Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones propias con Copert4 empleando datos del Ayuntamiento de Madrid y datos de distribuidores y asociaciones de hidrocarburos, principalmente CLH y CORES.

En la Tabla 37 se desagrega el detalle de las estimaciones de consumo de combustible realizadas a través de Copert4, por tipo de vehículo y de acuerdo a la zonificación realizada por la Dirección General de Movilidad del Ayuntamiento de Madrid:

- Interior del primer cinturón (Int. 1)
- En el primer cinturón (1)
- Entre el primer y el segundo cinturón (1-2)
- Interior del segundo cinturón (2)
- Entre el segundo cinturón y M-30 (2-M30)
- En M-30 (M30)
- Entre M-30 y M-40 (M30-M40)
- En M-40 (M40)
- Exterior a la M-40 (Fuera M40)
- Suma del consumo por zonas (SUMA)

Tabla 37. Consumo de energía final en el sector transporte estimado con Copert4 y de acuerdo a la zonificación realizada en el municipio de Madrid. Año 2006.

Consumo combustible (ktep)		ZONAS									
Sector	Combustible	Int. 1	1	1-2	2	2-M30	M30	M30-M40	M40	Fuera M40	SUMA
Turismos (incl. taxis)	Gasolina	1,60	1,76	7,40	2,94	10,78	48,61	27,79	75,97	9,83	186,69
	Diesel	8,91	9,99	41,74	15,32	56,31	28,42	135,54	50,42	48,49	395,14
	GLP	0,20	0,21	0,88	0,23	0,86	0,24	1,39	0,91	0,51	5,43
	Total turismos	10,72	11,96	50,02	18,49	67,95	77,27	164,73	127,30	58,83	587,26
Turismos (no taxis)	Gasolina	1,60	1,76	7,40	2,94	10,78	48,61	27,79	75,97	9,83	186,69
	Diesel	6,00	7,40	30,71	12,62	46,15	25,80	119,51	40,75	42,76	331,71
	GLP	0,01	0,01	0,06	0,02	0,06	0,02	0,10	0,06	0,04	0,38
	Total turismos	7,62	9,17	38,17	15,58	57,00	74,43	147,40	116,79	52,63	518,78
Taxis	Diesel	2,91	2,59	11,03	2,70	10,15	2,61	16,04	9,66	5,73	63,42
	GLP	0,19	0,20	0,82	0,21	0,80	0,23	1,29	0,85	0,48	5,05
	Total taxis	3,10	2,78	11,85	2,91	10,95	2,84	17,33	10,51	6,20	68,48
Ligeros	Gasolina	0,09	0,13	0,52	0,22	0,80	1,84	2,08	2,69	0,74	9,09
	Diesel	3,01	4,08	16,73	7,06	25,75	6,39	66,96	10,16	23,85	163,98
	Total ligeros	3,10	4,20	17,25	7,28	26,55	8,23	69,03	12,84	24,59	173,07
Pesados	Gasolina	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,02	0,12	0,01	0,21
	Diesel	4,46	3,76	13,75	5,42	21,97	13,90	74,15	39,19	26,18	202,78
	Total pesados	4,46	3,76	13,75	5,42	21,97	13,95	74,17	39,32	26,19	202,99
Autobús	Diesel	2,90	1,78	7,79	2,51	10,81	3,24	31,55	17,76	10,87	89,20
Ciclomotor	Gasolina	0,02	0,03	0,12	0,06	0,20	0,00	0,54	0,00	0,21	1,17
Motos	Gasolina	0,06	0,07	0,30	0,13	0,46	0,32	1,20	0,57	0,43	3,55
TOTAL		21,26	21,80	89,23	33,88	127,94	103,01	341,22	197,79	121,11	1.057,24

Fuente: Elaboración propia a partir de estimaciones propias con Copert4 empleando datos del Ayuntamiento de Madrid.

3.2.5 Transporte aéreo: importaciones frente a consumo

Las importaciones y el consumo de productos petrolíferos a consumir en el transporte aéreo (queroseno) merecen un análisis detallado, para poner de manifiesto el llamado “efecto Barajas”⁴⁸. En la Tabla 38 se muestran los datos de importación de queroseno, suministrados por CLH a los aeropuertos de Barajas y Cuatro Vientos, y los datos de consumo estimados para los ciclos de aterrizaje y despegue (CAD), en esos mismos aeropuertos, en el año 2006.

El consumo de queroseno en CAD, y por tanto, el que se asume como realizado en los límites territoriales del municipio de Madrid, supone sólo el 9,35 % de las importaciones totales de queroseno. Esta diferencia justifica la discrepancia entre el total de fuentes energéticas

⁴⁸ Considerando los aeropuertos de Barajas y Cuatro Vientos

importadas (Tabla 18) y el consumo de energía final en el municipio (Tabla 21), lo que se conoce como “efecto Barajas”.

Tabla 38. Importaciones y consumo de queroseno. Año 2006.

Transporte aéreo	ktep
Importaciones de queroseno	2244,34
Consumo de queroseno en ciclos CAD	209,93
Consumo/Importación (%)	9,35%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de importación suministrados por CLH y de datos de consumo en CAD estimados.

4 CONCLUSIONES

La metodología se basa en un diagrama del flujo de la energía en Madrid. Este diagrama consta de cuatro bloques:

- A. Importaciones de energía. Incluye tanto las importaciones fuentes energéticas, que bien pueden ser consumidas directamente como energía final (electricidad y derivados del petróleo) o bien pueden consumirse en procesos de transformación y generación de energía eléctrica
- B. Producción Primaria. Engloba las fuentes primarias propias de energía de las que se dispone en el municipio de Madrid
- C. Generación propia de energía eléctrica. Recoge la generación de electricidad a partir de las fuentes propias de energía y la producción a través de procesos de cogeneración, que emplean fuentes energéticas importadas (básicamente gas natural)
- D. Consumo de energía final. Contiene los consumos de las distintas formas de energía en los sectores finales. Para el sector del transporte (por carretera y aéreo) se han calculado los consumos de combustibles en el interior del municipio en base a herramientas reconocidas internacionalmente y se han comparado con las ventas realizadas en las estaciones de servicio (CLH, 2008)

Se ha aplicado la metodología al año 2006 extrayéndose las siguientes conclusiones⁴⁹:

1. Las importaciones corresponden en un 62,4% a productos petrolíferos y en un 17,3% a gas natural siendo el resto, fundamentalmente, electricidad (19,9%). Por tanto, el uso de fuentes fósiles es superior al 80% (superior al 90% si se tiene en cuenta la matriz energética de los suministradores de electricidad del municipio)
2. Las fuentes energéticas propias suponen un porcentaje muy reducido del total del municipio (2,6%), aunque han experimentado un ligero crecimiento respecto a la situación del año 2003 (1,8%)⁵⁰. Esta situación pone de manifiesto la elevada dependencia energética exterior
3. En el período 2003-2006 se aprecia un incremento significativo de fuentes energéticas alternativas, entre las que destacan la solar térmica. Ésta, aún suponiendo únicamente un 0,06% del consumo total, ha registrado un incremento del 641%. La solar fotovoltaica ha crecido un 18,3% en el mencionado período
4. De entre las fuentes propias, destacan la generación de energía eléctrica a través de la incineración de RSU y a través del aprovechamiento del biogás procedente de vertedero. El biogás procedente de la digestión anaerobia de los lodos de EDAR, se emplea para generar energía eléctrica autoconsumida por las propias instalaciones

⁴⁹ Las metodologías para la realización de los balances energéticos de los años 2003 y 2006, son distintas, por lo que los resultados obtenidos no serían directamente comparables, al asumirse distintas hipótesis de partida y distintos criterios de estimación

⁵⁰ Existe una diferencia metodológica entre los balances del año 2006 y 2003 en la consideración del poder calorífico de los RSU

5. En términos de energía eléctrica, la producción en el municipio supone un 5,7% del consumo final de electricidad, lo que significa un descenso respecto a la situación en 2003, donde la generación propia ascendía al 6,9%
6. De la energía eléctrica vendida al Régimen Especial, el 59,8 % procede de las instalaciones de cogeneración (45,3 % cogeneraciones en secado de lodos y 14,5 % en cogeneraciones industriales y en el sector R&C&I), el 40 % procede del aprovechamiento energético de los RSU (24,4 % de la incineración y 15,6 % del aprovechamiento del biogás de vertedero) y el 0,2% restante de la energía solar fotovoltaica
7. El consumo de energía final ha disminuido en 2006 un 8,3% respecto al de 2003. El descenso se debe a la disminución del 21,7% en el consumo de productos petrolíferos, que contrarresta el aumento del consumo de electricidad del 8,5% y del gas natural del 2,6%
8. Sectorialmente, disminuye el consumo de energía final en todos los sectores a excepción del sector “otros modos de transporte” que crece un 37,5%, influenciado por el crecimiento de consumo del transporte aéreo⁵¹. Entre los sectores decrecientes destaca el transporte por carretera con una disminución del 20,9%
9. El municipio de Madrid supone el 0,12 % de la superficie nacional y por el contrario acoge el 6,93 % de la población, consumiendo el 3,63 % de la energía final
10. El municipio tiene un consumo *per capita* inferior al del resto de España, 1,18 frente a 2,25 tep/hab., respectivamente. Este descenso del 48 % respecto a la media nacional, se debe, fundamentalmente, a la ausencia de industria pesada, consumidora de grandes cantidades de energía. En España la industria supone el 34 % del consumo de energía final en 2006, mientras que en la ciudad de Madrid supone el 8,4 %
11. La ciudad de Madrid, pese a ocupar el 0,12 % de la superficie de España y acoger al 6,93 % de la población española, contribuye al PIB nacional en un 11,87 %, con lo que la intensidad energética es inferior a la del conjunto de España (103,58 tep/millón de € en España en 2006 frente a 31,71 tep/millón de €, en Madrid). Esta notable 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 energéticamente.

⁵¹ En la metodología desarrollada se considera el consumo de queroseno en los ciclos de aterrizaje y despegue, permitiendo diferenciar entre importaciones y consumo final. Por tanto, se elimina el denominado “efecto Barajas”

5 REFERENCIAS

Documentos

1. Agencia Internacional de la Energía, 2007. World Energy Outlook, 2007. China and India Insights
2. Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA). Memoria estadística: informe sobre las Actividades eléctrica 2006. Año 2007
3. Ayuntamiento de Madrid. Anuario Estadístico 2008. Año 2008
4. Ayuntamiento de Madrid. Estrategia Local de Calidad del Aire de la Ciudad de Madrid 2006-2010. Año 2006
5. Ayuntamiento de Madrid. Plan Energético del Ayuntamiento de Madrid 2005-2007. Año 2005
6. Ayuntamiento de Madrid. Proyecto de Plan de Uso Sostenible de la Energía y Prevención del Cambio Climático de la Ciudad de Madrid. Año 2008 (texto sometido a información pública)
7. Ayuntamiento de Madrid. Ordenanza sobre Captación de Energía Solar para Usos Térmicos. Ordenanza municipal 27-03-2003, BOCAM 09-05-2003, núm. 109, pág. 85-88
8. Ayuntamiento de Madrid. Área de Gobierno de Economía y Empleo, Observatorio Económico. Madrid Economía 2007, Año 2008
9. Banco de Datos de la Organización Internacional de Aviación Civil, 2006-2007
10. BP Statistical Review of World Energy. BP, Junio 2008
11. Comisión Nacional de la Energía. Información Básica de los Sectores de la Energía. Año 2007
12. Comunidad Autónoma de Madrid. Anuario Estadístico. Año 2008
13. Consorcio de Transporte de la Comunidad de Madrid. Encuesta Domiciliaria de Movilidad 2004 en la Comunidad de Madrid. Año 2005
14. Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos. Boletín Estadístico de Hidrocarburos. Año 2007
15. Empresa Municipal de Transportes de Madrid. Presentación “Biodiésel: Experiencia de Utilización en la EMT de Madrid”, Juan Ángel Terrón. Bilbao, Año 2006
16. Empresa Municipal de Transportes de Madrid. Presentación “Experiencia de EMT de Madrid en la Utilización de Autobuses con Pilas de Combustible”, Juan Ángel Terrón. Madrid, Año 2007
17. Empresa Municipal de Transportes. Memoria Anual 2006. Año 2007
18. Energías Renovables. Cuadernos de Energía, Biomasa. Año 2007
19. European Commission, Community Research. Hydrogen Energy and Fuel Cells, a vision of our future, 2003.

20. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). Manuales de Energías Renovables. 2- Energía de la Biomasa. Año 2007
21. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). Manuales de Energías Renovables. 4- Energía Solar Térmica. Año 2007
22. Ministerio de Economía. RD 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
23. Ministerio de Industria y Energía. RD 2366/1994, de 9 de diciembre, sobre la producción de energía eléctrica por instalaciones hidráulicas, de cogeneración y otras abastecidas por recursos o fuentes de energía renovables
24. Ministerio de Industria y Energía. RD 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre la producción de energía eléctrica por instalaciones abastecidas por recursos o fuentes de energías renovables, residuos y cogeneración
25. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. La Energía en España 2006. Año 2007
26. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. RD 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial
27. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. Registro de Productores en Régimen Especial. Año 2006 y 2008
28. Análisis del Ciclo de Vida de Combustibles alternativos para el Transporte. Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) y Ministerio de Medio Ambiente, 2005
29. Ministerio de Medio ambiente. Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 1990-2005. Año 2007
30. Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión 2008-2012, RD 1370/2006, de 24 de noviembre y modificado por RD 1030/2007, de 20 de julio
31. Red Eléctrica Española (REE). Sistema Eléctrico 2006. Año 2007

Otras fuentes de información y páginas Web

1. Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA), www.aena.es
2. Asociación de Gestores de Estaciones de Servicio
3. Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA), www.appa.es
4. Asociación Española de Empresas distribuidoras de GLP (AEGLP), www.aeglp.es
5. Asociación Española de la Industria Eléctrica (UNESA), www.unesa.es
6. Asociación Española de Operadores de Gases Licuados del Petróleo (AOGLP), www.aoglp.com
7. Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos (AOP), www.aop.es
8. Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM). www.avebiom.org

9. Asociación Española de Valorización Energética de Residuos Sólidos Urbanos (AEVERSU), www.aeversu.com
10. Asociación Española del Gas, SEDIGAS, www.sedigas.es
11. Asociación Española para la Difusión del Aprovechamiento de la Biomasa en España (ADABE), www.adabe.net
12. Asociación Gremial de Auto-Taxi de Madrid, www.gremial-taximadrid.com
13. Ayuntamiento de Madrid, www.munimadrid.es
14. BP España, www.bp.com
15. CALORDOM, www.calordom.com
16. CANAL DE ISABEL II, www.cyii.es
17. Centro Nacional de Energías Renovables (CENER), www.cener.com
18. Comisión Nacional de la Energía (CNE), www.cne.es
19. Compañía Española de Petróleo, S.A., CEPSA, www.cepsa.com
20. Compañía Logística de Hidrocarburos (CLH), www.clh.es
21. Comunidad Autónoma de Madrid, www.madrid.org
22. Confederación Española de Empresarios de Estaciones de Servicio (CEES), www.kees.es
23. Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos, www.core.es
24. Empresa Municipal de Transportes de Madrid (EMT), www.emtmadrid.es
25. ENDESA, www.endesa.es
26. ESERGUI, www.esergui.es
27. Federación Nacional de Empresarios de Minas de Carbón (CARBUNIÓN), www.carbunion.com
28. Federación Profesional del Taxi de Madrid, www.fptaximadrid.com
29. GALP, www.galpenergia.com
30. GAS NATURAL, www.gasnatural.com
31. IBERDROLA, www.iberdrola.es
32. Instituto Nacional de Estadística (INE), www.ine.es
33. Instituto Nacional del Carbón, www.incar.csic.es
34. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE), www.idae.es
35. Madrid movilidad, http://www.madridmovilidad.es/imd/planos_data.asp
36. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, www.mityc.es
37. Programa informático Copert4
38. Red Eléctrica Española (REE), www.ree.es
39. REPSOL-YPF, www.repsolypf.com

40. UNIÓN FENOSA, www.unionfenosa.es

41. URBASER, www.urbaser.com

42. www.bioetanolmadrid.es

ANEXO: CUADRO METODOLÓGICO